ГАЗЛАРНИ ҚАЙТА ИШЛАШ ТЕХНОЛОГИЯСИ, МАШИНА ВА ҚУРИЛМАЛАРИ

Олий ўқув юртлари учун

ГАЗЛАРНИ ҚАЙТА ИШЛАШ ЕХНОЛОГИЯСИ, ЖАРАЁН ВА ҚУРИЛМАЛАРИ

Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги томонидан олий ўқув юртлари учун дарслик сифатида тавсия этилган

ЎзР ФА академиги Н.Р.Юсупбеков таҳрири остида

10

ТОШКЕНТ – 2016

УЎК: 665.62 (075)
КБК 35.514
Г-14

Г-14 **НУРМУҲАМЕДОВ Ҳ.С., ТЕМИРОВ О.Ш., ТУРОБЖОНОВ С.М., ЮСУПБЕКОВ Н.Р., ЗОКИРОВ С.Ғ., ТАДЖИХОДЖАЕВ З.А. ҒАЗЛАРНИ ҚАЙТА ИШЛАШ ТЕХНОЛОГИЯСИ, ЖАРАЁН ВА ҚУРИЛМАЛАРИ.–Т:«FAN VA TEXNOLOGIYA», 2016, 856 бет.**

ISBN 978–9943–998–81–0

Дарсликда кимёвий технологиянинг асосий жараёнлари, назарияси, типик қурилмалар конструкциялари ва ишлаш принциплари, ҳамда уларни ҳисоблаш услублари баён этилган.

Ушбу дарслик 5310100 - «Энергетика»; 5310900 - «Метрология, стандартлаштириш ва маҳсулот сифати менежменти»; 5311000 - «Технологик жараён ва ишлаб чиқаришни автоматлаштириш ва бошқариш»; 5320300 - «Технологик машина ва жиҳозлар»; 5320400 - «Кимёвий технология»; 5321300 - «Нефть ва нефть-газни қайта ишлаш технологияси»; 5630100 - «Экология ва атроф-муҳит муҳофазаси»; 5111000 - «Касб таълими», кимё ва нефть-газ кимёси йўналишлари ва мутахассисликларида таълим олувчи бакалавр ва магистрантларга дарслик сифатида тавсия этилади. Бундан ташқари, нефть ва газни қайта ишлаш, кимё ва бошқа саноатнинг кимёгари, технолог ва инженер-техник ходимлари, докторантлари қўлланма сифатида фойдаланишлари мумкин.

УЎК: 665.62 (075)
КБК 35.514

Тақризчилар:

- Абу Райҳон Беруний номидаги Тошкент давлат техника университети, техника фанлари доктори, профессор **Ш.М. ҒУЛОМОВ;**

- ЎзЛИТИнефтегаз, техника фанлари доктори, профессор **Р.Ч. ЛИ**.

ISBN 978–9943–998–81–0

© «Fan va texnologiya» нашриёти, 2016.

y/1217

МУНДАРИЖА

Кириш 12

1 қисм.

ЮҚОРИ МОЛЕКУЛАЛИ БИРИКМАЛАР НАЗАРИЙ АСОСЛАРИ

1 - боб. ТАБИИЙ ГАЗНИ ТОЗАЛАШ

1.1 Табиий газнинг физик-кимёвий хоссалари 20
1.2 Табиий газни тозалаш 22
1.2.1 Газларни тозалаш учун эритувчилар 23
1.3 Газларни адсорбцион тозалашнинг назарий асослари 24
1.3.1 Адсорбция жараёнининг статикаси ва динамикаси 24
1.3.2 Газларни тозалаш учун адсорбентлар 26
1.4 Табиий газни юкори углеводородлардан уюрмавий трубада тозалаш 31
1.4.1 Табиий газни юкори углеводородлардан каталитик деструктив гидрирлаш усулида тозалаш 36
1.5 Газларни углерод диоксиди ва олтингугурт бирикмаларидан абсорбцион усулда тозалаш 38
1.5.1 Углерод диоксидини сув билан ювиб тозалаш усули ва қурилмалари 38
1.5.2 Газларни этаноламинларнинг сувли эритмалари билан тозалаш 40
1.5.3 Углерод диоксидини этаноламинларнинг сувли эритмалари билан ютилиш жараёнининг физик модели 43
1.5.4 Моноэтаноламин ёрдамида тозалашнинг технологик схемалари.... 44
1.6 Органик эритувчилар билан физик абсорбциялаш 47
1.6.1 Атроф-муҳит температурасида газларни тозалаш. 48
1.6.2 Совук метанол ёрдамида тозалаш 48
1.7 Сульфинол жараёни 50
1.8 Углерод диоксидидан тозалашнинг комбинациялашган схемалари 52
1.9 Газларни H_2S дан тозалаш 53
1.9.1 Газларни H_2S дан тозалашнинг қуруқ усуллари..... 53
1.9.2 Газларни H_2S дан тозалашнинг абсорбцион усуллари 58
1.10 Газларни ацетилендан тозалашнинг абсорбцион усуллари 62
1.10.1 Пирогазни коракуядан тозалаш технологияси 63
1.10.2 Ацетиленни ажратиб олувчи селектив эритувчилар 64
1.10.3 Ацетиленни ажратиб олиш технологияси 67
1.10.4 Паст температурада ацетиленни метанол билан абсорбциялаб ажратиш 70
1.10.5 Паст температурада ацетиленни суюк аммиак билан абсорбциялаб ажратиш 74

2 - боб. ПОЛИМЕРЛАР КИМЁСИ ВА ФИЗИК-КИМЁСИ

2.1 Полимерлар. Умумий тушунчалар 79
2.1.1 Полимерлар ишлаб чиқариш учун хомашё 79
2.2 Полимерлар классификацияси 82
2.3 Карбозанжирли полимерлар молекулали занжирининг тузилиши .. 84
2.4 Синтетик полимерлар олиш усуллари 85
2.4.1 Полимерлаш ва поликонденсатлаш..... 86
2.4.2 Полимер занжирларидаги реакциялар 86
2.4.3 Полимерга ўхшаш айланишлар 87

2.4.4 Полимерлар деструкция реакциялари 87
2.5 Полимерлар характеристикалари ва уларни аниқлаш усуллари 87
2.6 Полимерлар физик таркиби 90
2.6.1 Полимер занжирларининг эгилувчанлиги 90
2.6.2 Макромолекулалар эгилувчанлигининг асослари 90
2.6.3 Макромолекулалар эгилувчанлигини белгиловчи омиллар. 92
2.7 Полимерлар агрегат ва фазавий ҳолатлари 93
2.7.1 Полимерларнинг физик ҳолати 93
2.7.2 Полимерларнинг аморф ҳолати 93
2.7.3 Полимерларда релаксация ҳодисаси 95
2.7.4 Полимерларнинг кристаллик ҳолати 96
2.7.5 Полимерларнинг молекула уст тузилиши 100
2.8 Полимерлар реологияси асослари 102
2.9 Полимерлар пластификацияси 105
2.10 Қуйи молекулали бирикмалардан полимерлар олиш. 106
2.10.1 Занжирли полимерлаш 106
2.10.2 Радикалли полимерлаш 107
2.10.3 Ионли полимерлаш 108
2.10.4 Сополимерлаш 111
2.10.5 Боскичма-боскич полимерлаш 113
2.10.6 Полимерлашнинг техник усуллари 114
2.11 Поликонденсатлаш 116
2.11.1 Полимер молекуляр массаси ва поликонденсатлаш тезлигига турли омилларнинг таъсири 118
2.11.2 Поликонденсатлашнинг техник усуллари 119
2.11.3 Кўп компонентли поликонденсатлаш 120
2.12 Полимерлар эскириши ва мўътадиллаш 120
2.12.1 Полимерларда эскириш жараёнлари 120
2.12.2 Полимерларни ташқи таъсирлардан ҳимоялаш 123

3 - боб. ТЎЙИНМАГАН АЛИФАТИК УГЛЕВОДОРОДЛАР ПОЛИМЕРЛАРИ ВА УЛАРНИНГ ҲОСИЛАЛАРИ

3.1 Полиэтилен 126
3.1.1 Полиэтилен ишлаб чиқариш учун хом-ашё 127
3.2 Юқори босимда полиэтилен олиш механизми 131
3.2.1 Юқори босимли полиэтиленни трубали реакторда ишлаб чиқариш. 133
3.2.2 Юқори босимли полиэтиленни аралаштиргичли автоклавда ишлаб чиқариш 136
3.3 Паст босимда полиэтилен механизми 137
3.4 Ўртача босимда полиэтилен олиш механизми. 140
3.4.1 Полиэтилентерефталат 142
3.5 Полиэтилен хоссалари 143
3.6 Полипропилен 146
3.6.1 Полипропилен ишлаб чиқариш учун хом-ашё 147
3.6.2 Полипропиленни полимерлаш 147
3.6.3 Полипропиленни ишлаб чиқариш 149
3.6.4 Полипропилен хоссалари ва уни қўллаш соҳалари 153
3.7 Этиленнинг бошқа мономерлар билан сополимерлари 155
3.8 Полиизобутилен 155
3.8.1 Полиизобутиленнинг хоссалари ва уни қўллаш соҳалари 157

ТЎЙИНМАГАН АРОМАТИК УГЛЕВОДОРОДЛАР ПОЛИМЕРЛАРИ
3.9 Полистирол ... 157
3.9.1 Полистирол ишлаб чиқариш учун хом-ашё ... 157
3.9.2 Полистирол ишлаб чиқариш усуллари ... 158
3.9.3 Полистирол хоссалари ва уни қўллаш соҳалари ... 162
3.10 Поливинилхлорид ... 164
3.10.1 Поливинилхлорид ишлаб чиқариш усуллари ... 165
3.10.2 Поливинилхлорид хоссалари ... 168
3.11 Полимерларнинг турли хоссалари ... 169

2 қисм.
ГАЗЛАРНИ ҚАЙТА ИШЛАШ ЖАРАЁН ВА ҚУРИЛМАЛАРИ

4 - боб. СУЮҚЛИКЛАР ҲАРАКАТИ, УЛАРНИ УЗАТИШ ВА СИҚИШ
4.1 Суюклик ҳаракатининг асосий характеристикалари ... 175
4.2 Оқимнинг узлуксизлик тенгламаси ... 177
4.3 Суюклик ҳаракатининг Эйлер дифференциал тенгламаси ... 178
4.4 Ҳақиқий суюклик оқими учун Бернулли тенгламаси ... 180
4.5 Суюклик ҳаракатининг Навье-Стокс дифференциал тенгламаси ... 182
4.6 Бернулли тенгламасининг амалий қўлланилиши ... 184
4.7 Суюклик ҳаракати режимлари ... 185
4.8 Ламинар ҳаракат қонунлари ... 187
4.9 Турбулент ҳаракат режими ... 189
4.10 Қовушқоқ суюклик ҳаракатининг критериал тенгламалари ... 190
4.11 Труба қувурларидаги гидравлик қаршилик ... 192
4.11.1 Ноньютон суюкликлар ҳаракати ... 196
4.12 Труба қувурлари диаметрини ҳисоблаш ... 201
4.13 Насадка ва тешиклар орқали суюклик оқиб чиқиши ... 202
4.14 Қаттиқ жисмларнинг суюкликда ҳаракати ... 206

НАСОСЛАР ... 209
4.15 Умумий тушунчалар ... 209
4.16 Насослар классификацияси ... 209
4.17 Насосларнинг асосий параметрлари ... 209
4.18 Марказдан қочма насослар ... 212
4.19 Поршенли насослар ... 218
4.19.1 Поршенли насос унумдорлигини ростлаш ... 223
4.20 Насосларнинг махсус турлари ... 223
4.21 Насослар ҳаракатланувчи қисм ва зичлагичларининг турлари ... 228
4.21.1 Насослар эксплуатациясида юзага келадиган носозликлар ... 234
4.21.2 Насосларни қўллаш соҳалари, афзаллик ва камчиликлари ... 238

КОМПРЕССОРЛАР ... 241
4.22 Асосий тушунчалар ... 241
4.23 Газларни сиқиш жараёнининг термодинамик асослари ... 241
4.24 Поршенли компрессорлар ... 245
4.25 Роторли компрессорлар ... 249
4.26 Марказдан қочма типдаги компрессорлар ... 250
4.27 Ўқли ва винтли компрессорлар ... 252
4.28 Вакуум-насослар ... 253

5.31 Аралаштиргичларни ҳисоблаш 341

ТЕСКАРИ ОСМОС ВА УЛЬТРАФИЛЬТРЛАШ 349
5.32 Умумий тушунчалар 349
5.33 Тескари осмос ва ультрафильтрлаш жараёнларнинг Физик-кимёвий асослари 350
5.34 Диффузион-мембранали жараёнлар 353
5.35 Мембраналарни тозалаш усуллари 354
5.36 Мембранали қурилмалар тузилиши ва ишлаш принципи 355
5.36.1 Минералсизлаштирилган ва дистилланган сув олиш 359
5.37. Мембранали жараён ва қурилмаларни ҳисоблаш 370

6-боб. ИССИҚЛИК АЛМАШИНИШ ЖАРАЁНЛАРИ
ИССИҚЛИК ЎТКАЗИШ 373
6.1 Умумий тушунчалар 373
6.1.1 Иссиқлик баланси 374
6.1.2 Температура майдони ва градиенти 375
6.2 Иссиқлик ўтказувчанлик 376
6.2.1 Иссиқлик ўтказувчанликнинг дифференциал тенгламаси 377
6.2.2 Текис деворнинг иссиқлик ўтказувчанлиги 379
6.2.3 Цилиндрик деворнинг иссиқлик ўтказувчанлиги 380
6.2.4 Шарсимон деворнинг иссиқлик ўтказувчанлиги 381
6.2.5 Мураккаб шаклли жисмлар иссиқлик ўтказувчанлиги 382
6.3 Иссиқлик нурланиши 383
6.4 Конвектив иссиқлик алмашиниш 386
6.4.1 Ньютон конуни 387
6.4.2 Конвектив иссиқлик алмашинишнинг дифференциал тенгламаси (Фурье-Кирхгоф тенгламаси). 388
6.4.3 Конвектив иссиқлик алмашинишнинг ўхшашлик критерий ва тенгламалари. 389
6.5 Эркин конвекция даврида иссиқлик бериш 391
6.6 Мажбурий конвекция даврида иссиқлик бериш 391
6.7 Иссиқлик элткичнинг агрегат ҳолати ўзгаришида иссиқлик бериш 392
6.8 Иссиқлик бериш коэффициентларининг сон кийматлари 395
6.9 Иссиқлик ўтказиш 396
6.10 Иссиқлик алмашиниш жараёнларини ҳаракатга келтирувчи куч. ... 398

ИССИҚЛИК АЛМАШИНИШ ҚУРИЛМАЛАРИ 403
6.11 Қурилмалар классификацияси 403
6.11.1 Сиртий иссиқлик алмашиниш қурилмалари 403
6.11.2 Регенератив иссиқлик алмашиниш курилмалари 417
6.11.3 Аралаштирувчи иссиқлик алмашиниш қурилмалари 417
6.11.4 Термосифон ва иссиқлик трубалари 420
6.12 Иссиқлик алмашиниш қурилмаларини танлаш 421
6.13 Иссиқлик алмашиниш жараёнларини интенсивлаш 423

БУҒЛАТИШ 431
6.14 Умумий тушунчалар 431
6.15 Буғлатишнинг назарий асослари 432
6.16 Буғлатиш усуллари 433
6.16.1 Оддий буғлатишнинг моддий баланси 435
6.16.2 Оддий буғлатишнинг иссиқлик баланси 435

4.28.1 Газ ва буғ турбиналари 254
4.28.2 Турбиналарнинг асосий қисм ва деталлари 258
4.29 Компрессорларни таккослаш ва танлаш 261

5 - боб. ГИДРОМЕХАНИК ЖАРАЁНЛАР

5.1 Турли жинсли системалар классификацияси 263
5.2 Ажратиш усуллари 264
5.3 Ажратиш жараёнининг моддий баланси 264

ТИНДИРИШ ВА ЧЎКТИРИШ 265
5.4 Оғирлик кучи таъсирида чўктириш 265
5.5 Сиқиқ чўкиш тезлиги 267
5.6 Суспензия концентрацияси ва заррачалар шаклининг чўкиш тезлигига таъсири 268
5.7 Марказдан кочма куч таъсирида чўктириш 269
5.8 Тиндириш ва чўктириш курилмалари 270
5.8.1 Чўктириш курилмасини ҳисоблаш 275

ФИЛЬТРЛАШ 279
5.9 Умумий тушунчалар 279
5.10 Фильтрлаш турлари 279
5.11 Фильтрлаш жараёнининг назарий асослари 280
5.12 Фильтрлар 282
5.13 Фильтрлаш жараёнини интенсивлаш 288
5.14 Фильтрларни ҳисоблаш 289
5.14.1 Енгли фильтрни ҳисоблаш 290

ГАЗЛАРНИ ТОЗАЛАШ 294
5.15 Умумий тушунчалар 294
5.16 Оғирлик кучи таъсирида газларни тозалаш 295
5.17. Инерцион ва марказдан қочма кучлар таъсирида газларни тозалаш 296
5.17.1 Газ сепараторлари 298
5.18. Газларни ғовакли тўсиқларда тозалаш 300
5.19. Газларни суюқлик билан ювиб тозалаш 302
5.20. Электр майдон таъсирида газларни тозалаш 305
5.21. Газларни тозалаш жараёнини интенсивлаш 309
5.21.1 Скрубберларни ҳисоблаш 311

ҚЎЗҒАЛМАС ВА МАВҲУМ ҚАЙНАШ ҚАТЛАМЛАРИ ГИДРОДИНАМИКАСИ 315
5.22 Умумий тушунчалар 315
5.23 Қўзғалмас донадор ва ғовак катламлар орқали суюқлик ҳаракати 315
5.24 Мавҳум кайнаш жараёни асослари ва гидродинамикаси 318
5.25 Мавҳум қайнаш катламли курилмалар 323
5.26 Уч фазали мавҳум кайнаш 325

АРАЛАШТИРИШ 334
5.27 Умумий тушунчалар 334
5.28 Суюқликни аралаштириш усуллари 334
5.29 Пластмассаларни аралаштириш 338
5.30 Сочилувчан материалларни аралаштириш 339

5.31 Аралаштиргичларни ҳисоблаш 341

ТЕСКАРИ ОСМОС ВА УЛЬТРАФИЛЬТРЛАШ 349
5.32 Умумий тушунчалар 349
5.33 Тескари осмос ва ультрафильтрлаш жараёнларнинг Физик-кимёвий асослари 350
5.34 Диффузион-мембранали жараёнлар. 353
5.35 Мембраналарни тозалаш усуллари 354
5.36 Мембранали қурилмалар тузилиши ва ишлаш принципи 355
5.36.1 Минералсизлаштирилган ва дистилланган сув олиш 359
5.37. Мембранали жараён ва қурилмаларни ҳисоблаш 370

6-боб. ИССИҚЛИК АЛМАШИНИШ ЖАРАЁНЛАРИ
ИССИҚЛИК ЎТКАЗИШ 373
6.1 Умумий тушунчалар 373
6.1.1 Иссиқлик баланси 374
6.1.2 Температура майдони ва градиенти 375
6.2 Иссиқлик ўтказувчанлик 376
6.2.1 Иссиқлик ўтказувчанликнинг дифференциал тенгламаси 377
6.2.2 Текис деворнинг иссиқлик ўтказувчанлиги 379
6.2.3 Цилиндрик деворнинг иссиқлик ўтказувчанлиги 380
6.2.4 Шарсимон деворнинг иссиқлик ўтказувчанлиги 381
6.2.5 Мураккаб шаклли жисмлар иссиқлик ўтказувчанлиги 382
6.3 Иссиқлик нурланиши 383
6.4 Конвектив иссиқлик алмашиниш 386
6.4.1 Ньютон конуни 387
6.4.2 Конвектив иссиқлик алмашинишнинг дифференциал тенгламаси (Фурье-Кирхгоф тенгламаси). 388
6.4.3 Конвектив иссиқлик алмашинишнинг ўхшашлик критерий ва тенгламалари. 389
6.5 Эркин конвекция даврида иссиқлик бериш 391
6.6 Мажбурий конвекция даврида иссиқлик бериш 391
6.7 Иссиқлик элткичнинг агрегат ҳолати ўзгаришида иссиқлик бериш 392
6.8 Иссиқлик бериш коэффициентларининг сон қийматлари 395
6.9 Иссиқлик ўтказиш 396
6.10 Иссиқлик алмашиниш жараёнларини ҳаракатга келтирувчи куч. ... 398

ИССИҚЛИК АЛМАШИНИШ ҚУРИЛМАЛАРИ 403
6.11 Қурилмалар классификацияси 403
6.11.1 Сиртий иссиқлик алмашиниш қурилмалари 403
6.11.2 Регенератив иссиқлик алмашиниш қурилмалари 417
6.11.3 Аралаштирувчи иссиқлик алмашиниш қурилмалари 417
6.11.4 Термосифон ва иссиқлик трубалари 420
6.12 Иссиқлик алмашиниш қурилмаларини танлаш 421
6.13 Иссиқлик алмашиниш жараёнларини интенсивлаш 423

БУҒЛАТИШ 431
6.14 Умумий тушунчалар 431
6.15 Буғлатишнинг назарий асослари 432
6.16 Буғлатиш усуллари 433
6.16.1 Оддий буғлатишнинг моддий баланси 435
6.16.2 Оддий буғлатишнинг иссиқлик баланси 435

6.16.3 Иситиш юзаси. 436
6.17 Буғлаткичлар тузилиши ва ишлаш принциплари 440
6.18 Иситувчи буғни тежаш усуллари. 446
6.19 Перспектив иссиқлик алмашиниш қурилмалари 447
6.20 Пластинали иссиқлик алмашиниш қурилмасини ҳисоблаш 452

7-боб. МАССА АЛМАШИНИШ ЖАРАЁНЛАРИ 460
МАССА АЛМАШИНИШ АСОСЛАРИ 460
7.1 Умумий тушунчалар 460
7.2 Масса ўтказиш кинетикаси 461
7.3 Масса алмашиниш жараёнининг моддий баланси 462
7.4 Масса ўтказишнинг асосий конунлари 463
7.5 Қаттиқ жисм иштирокида масса алмашиниш 466
7.6 Конвектив диффузиянинг дифференциал тенгламаси 469
7.6.1 Масса алмашиниш жараёни механизми 472
7.6.2 Масса ўтказиш ва узатиш коэффициентлари ўртасидаги боғлиқлик 473
7.6.3 Масса алмашиниш жараёнларининг моделлари 474
7.6.4 Масса алмашиниш жараёнларини ҳаракатга келтирувчи куч 476
7.7 Масса алмашиниш қурилмаларининг асосий ўлчамларини ҳисоблаш 479

АБСОРБЦИЯ 483
7.8. Умумий тушунчалар 483
7.9. Абсорбция жараёнининг физик асослари 483
7.10. Абсорбциянинг моддий баланси ва кинетик конуниятлари 484
7.11. Абсорбция жараёнини олиб бориш усуллари. 487
7.12. Абсорберлар конструкциялари 488
7.12.1 Абсорбцион қурилмалар гидравлик каршилиги 510
7.13. Абсорберларни ҳисоблаш 514
7.13.1 Насадкали абсорбер ҳисоби 518

ҲАЙДАШ ВА РЕКТИФИКАЦИЯ 529
7.14 Умумий тушунчалар 529
7.15 Ҳайдаш ва ректификация жараёнларининг назарий асослари 529
7.16 Оддий ҳайдаш 532
7.17 Ректификация 535
7.17.1 Ректификация жараёнининг моддий ва иссиқлик баланслари 536
7.17.2 Узлуксиз ишлайдиган ректификацион колоннанинг иссиқлик баланси 537
7.17.3 Ҳақиқий флегма сони 538
7.17.4 Ректификацион колонна ишчи баландлиги ва тарелкалар сонини ҳисоблаш 539
7.18 Ректификация жараёнини ташкил этиш усуллари 540
7.18.1 Газ аралашмаларини ректификациялаш 541
7.19 Ректификацион колонналарни ҳисоблаш 543

АДСОРБЦИЯ 553
7.20 Умумий тушунчалар 553
7.21 Адсорбентлар турлари ва характеристикалари 553
7.22 Адсорбция жараёни мувозанати 555

7.23 Адсорбция статикаси ва кинетикаси 556
7.24 Адсорбция жараёнини ташкил этиш усуллари 557
7.25 Десорбция 558
7.26 Адсорберлар конструкциялари 559
7.27 Адсорберларни ҳисоблаш 564
7.27.1 Ҳаракатчан адсорбент катламли адсорберни ҳисоблаш 565

ҚУРИТИШ 572
7.29 Умумий тушунчалар 572
7.30 Рамзиннинг нам ҳаво I-х диаграммаси. 572
7.31 Қуритиш жараёни статикаси 576
7.32 Материал билан намликнинг богланиш усуллари 577
7.33 Қуритиш жараёни кинетикаси 578
7.34 Қуриткичнинг моддий ва иссиклик баланслари 584
7.35 Қуритиш жараёнини ташкил этиш усуллари 588
7.36 Қуриткичлар конструкциялари 589
7.37 Қуриткичларни ҳисоблаш 599
7.37.1 Пневматик труба-қуриткич ҳисоби 599

8-боб. МЕХАНИК ЖАРАЁНЛАР
ГРАНУЛЛАШ ВА ПРЕССЛАШ 609
8.1 Умумий тушунчалар 609
8.2 Сувсизлантириш ва брикетлаш 609
8.3 Шакллантириш 610
8.4 Маҳсулотларии пресслаш ускуналари 611
8.5 Экструзия 612
8.6 Грануллаш усуллари ва гранулятор конструкциялари 612
8.7 Сочилувчан материални грануллашга мойиллигиии баҳолаш 620
8.8 Грануляторларни ҳисоблаш 621

9-боб. КИМЁВИЙ ЖАРАЁНЛАР
9.1 Умумий тушунчалар 625
9.2 Кимёвий айланишлар давридаги мувозанат 625
9.3 Кимёвий жараёнлар кинетикаси 628
9.4 Кимёвий жараёнлар моддий ва иссиклик баланслари 633
9.5 Кимёвий жараёнлар принципиал схемалари. 634
9.6 Реакторлар конструкциялари 635
9.7 Барботажли реакторлар. 636
9.8 Пиролиз ва крекинг ўтхоналари. 641
9.9 Ўтхона кисмлари ва деталлари. 645
9.10 Резервуар ва газголдерлар 651
9.11 Реакторларни ҳисоблаш 658
9.12 Сиғимли реактор-козонларни ҳисоблаш 660
9.12.1 Даврий сиғимли реактор-козонларни ҳисоблаш формулалари 661
9.13 Узлуксиз ишлайдиган реактор-қозонларни ҳисоблаш 665
9.14 Суюклик муҳитларида реакция ўтказиш учун
трубали реакторларни ҳисоблаш 670
9.15 Пиролиз жараёнининг трубали ўтхоналарини ҳисоблаш 673

10-боб. СОВИТИШ ЖАРАЁНЛАРИ 688
10.1 Умумий тушунчалар 688
10.2 Совуклик олишнинг термодинамик асослари. 688

10.3 Сунъий совитиш усуллари 690
10.4 Паст температура олиш усуллари 693
10.5 Компрессор буғ совитиш машиналари 694
10.6 Икки ва уч боскичли совитиш машиналари 696
10.7 Совуклик элткичлар 697
10.8 Каскадли цикл 698
10.9 Компрессор қурилмаларининг жиҳозлари 699
10.10 Абсорбцион совитиш машиналари 699
10.11 Сув-буғ инжектор совитиш машиналари 701
10.12 Ўта паст температурали совуклик олиш 701
10.13 Газни дросселлаш цикллари 702
10.14 Бир карра дросселланишли ва аммиакли совитиш цикли 703
10.15 Икки карра дросселланишли ва газнинг босим остидаги айланишли цикли 704
10.16 Дросселланиш ва газни детандерда кенгайишига асосланган цикллар 705
10.16.1 Детандер ва турбодетандерлар 706
10.17 Паст босим цикли (Капица цикли) 715
10.18 Чуқур совитиш циклларини солиштириш 716
10.19 Совитиш жараёни ва машиналарини ҳисоблаш 717

3 қисм.
ТЕХНОЛОГИК ТРУБА, МОНТАЖ ИШЛАРИ ВА ЭКОЛОГИЯ

11-боб. ТЕХНОЛОГИК ТРУБА ВА ҚУВУРЛАР

11.1 Технологик трубалар ва уларнинг категорияси 725
11.2 Трубалар, бирлаштириш деталлари, компенсатор ва таянчлар..... 727
11.3 Труба қувурлари арматураси ва уни танлаш..... 732
11.4 Арматураларни танлаш 736
11.5 Труба қувурларини монтаж қилиш 738
11.6 Труба қувурларини синаш..... 739
11.7 Труба қувурларини эксплуатация қилиш 740
11.8 Труба қувурларини ҳисоблаш 740
11.9 Босими 10 МПа гача бўлган технологик пўлат труба қувурларнинг мустаҳкамлик ҳисоби..... 743
11.10 Труба қувурлар компенсаторларини ҳисоблаш учун асосий формулалар..... 746
11.11 Юкори босимли технологик пўлат труба қувурларнинг мустаҳкамлик ҳисоби 749

12-боб. МОНТАЖ ИШЛАРИНИНГ ТЕХНОЛОГИК ЖИХОЗ ВА МОСЛАМАЛАРИ 752

12.1. Қурилмани вертикал мачталарда кутариш мосламаларини ҳисоблаш..... 752
12.2. Қурилмани мачтада шарнир атрофида айлантириш усулида кутариш учун такелаж мосламаларини ҳисоблаш 754
12.3 Курилмани порталда (лангарсиз усулда) кўтариш учун такелаж мосламаларини ҳисоблаш 756
12.4 Қурилмани тортиб кўтариш усули учун такелаж мосламаларини ҳисоблаш 758
12.5 Такелаж мосламаларини танлаш..... 759

13-боб. ГАЗЛАРНИ ҚАЙТА ИШЛАШ ТЕХНОЛОГИЯСИДА ТЕХНИКА ХАВФСИЗЛИГИ ВА АТРОФ-МУҲИТНИ ҲИМОЯЛАШ 766

13.1 Газни қайта ишлашда техника ҳавфсизлиги. 766
13.2 Иккиламчи энергетик ресурслар 769
13.3 Совуқлик олиш учун паст температурали иссиқлик энергия ресурсларидан фойдаланиш 772
13.4 Қаттиқ чиқиндиларни қайта ишлаш 773

14-боб. ТАБИИЙ ГАЗНИ ҚАЙТА ИШЛАШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИНГ ПЕРСПЕКТИВ ЙЎНАЛИШЛАРИ

14.1 «Газни суюқликка» технологияси 776
14.2 Синтез-газ олиш 778
14.3 Фишер-Тропш синтези 779
14.4 «Газни суюқликка» технологияси маҳсулотлари 781

ИЛОВАЛАР 785
Шартли белгилар 786
Баъзи полимерларнинг асосий эритувчилари 787
Айрим газларнинг физик ва иссиқлик хоссалари 788
Физик катталиклар ўлчов бирликлари. 792
Асосий конструкцион материаллар ва уларни танлаш 795
Глоссарий А дан Я гача 804
Техник атамалар ва иборалар 830
Адабиётлар 849

КИРИШ

Ўзбекистон мустақил миллий демократик давлат сифатида ривожланиш йўлида муҳим қадамларидан бири **«Таълим тўғрисида»** ги Қонун ҳамда **«Кадрлар тайёрлаш Миллий дастури»** нинг қабул қилиниши катта аҳамиятга эга.

Ватанимиз иқтисодиёти учун малакали мутахассислар тайёрлашда «Газларни қайта ишлаш технологияси, жараён ва қурилмалари» фанининг ўрни алоҳида.

Бу фан талабаларга ихтисослик фани бўлиб, газларни қайта ишлашни чуқур ўзлаштиришга, полимер материалларни олиш йўллари билан бирга ишлаб чиқариш самарадорлигини ошириш ва технологик қурилмалардан унумли фойдаланиш мумкинлигини ўргатади.

Дарсликда келтирилган технологиялар назарий асослари, уларнинг кечиш механизмлари, жараён ва машиналарни ҳисоблаш услублари ва самарадор қурилмалар билан жиҳозлаш принциплари, курилмаларни ўзаро боғловчи труба қувурлари ва уларнинг арматураси, жиҳоз ва ускуналарни монтаж қилиш, ушбу фан асосини ташкил этади.

Охирги ўн йил ичида кимё, нефть ва газни қайта ишлаш ҳамда бошқа саноатларда туб ўзгаришлар рўй бериб, янги технологиялар амалда қўлланиб, жадал суръатлар билан ривожланмоқда. Бундай ўзгаришлар газларни қайта ишлаш технологияси, жараён ва қурилмалар аҳамиятини юкори даражага кўтарилишига сабабчи бўлди.

Иқтисодиётнинг муҳим бўлган: автомобилсозлик, авиация, асбобсозлик, машинасозлик, электроника, қурилиш, замонавий хўжалик анжомлари ва бошқа соҳаларидаги техник юксалишнинг асоси – синтетик полимер материаллардир. Улар орасида биринчи ўринда пластмассалар туради. Маълумки, пластмассалар термопластик полимер-полиолефинлардан олинади.

Полиолефинлар – бу юқори молекулали бирикма бўлиб, тўйинмаган углеводородлар, яъни олефинларни полимерлаш ёки сополимерлаш йўли билан олинади. Термопласт полимерларнинг энг кенг тарқалган синфи – бу полиолефинлардир.

Ушбу синф полимерларининг энг муҳим намоёндалари – полиэтилен ва полипропиленлардир. Улар билан бирга полибутен, полиизобутилен, поли-4-метилпентен, ҳамда этиленнинг винилацетат, этиленпропиленли эластомерлари ёки этиленпропиленли каучук, бутил каучук билан сополимерларини саноат миқёсида ишлаб чиқариш катта аҳамиятга эга.

Полиолефинлар бир қатор афзалликларга эга: кристаллик даражаси жуда юқорилиги катта механик мустаҳкамликни таъминлайди; диэлектрик ва физик-механик хоссалари юқори; заҳарлимас; сув ва фаол моддалар таъсирига чидамли (кучли оксидловчилардан ташқари, масалан, HNO_3). Ундан ташқари, уларни қайта ишлашнинг ҳамма усуллари, яъни механикдан тортиб экструзиягача пуфлаб ва пресс-колипларга қуйиш усуллари ёрдамида мураккаб шаклли буюмлар тайёрлаш мумкин. Полиолефинлардан ясалган буюмлар енгил, биокоррозия ва эскиришга бардошли.

Тавсия этилаётган дарслик фаннинг тасдикланган дастурига биноан тузилган бўлиб, талабаларнинг физика, кимё, математика, термодинамика, чизма геометрия, материаллар каршилиги, механизм ва машиналар назарияси, техник чизмачилик, иссиклик ва совитиш техникаси, кимёвий технология жараён ва қурилмалари ва бошка фанлардан олган билимларини ҳисобга олган.

Охирги ўн беш йил ичида Ватанимизда бир неча йирик корхоналар: Шўртан газ-кимё мажмуаси, Қўнғирот сода заводи, Деҳконобод калийли ўғитлар заводлари ишга туширилди ва узлуксиз равишда маҳсулот чикариб келмоқда. Ундан ташқари, мамлакатимизнинг Қорақалпоғистон ҳудудида дунёдаги энг йирик лойиҳалардан бири

амалга оширилмокда, яъни «Устюрт газ-кимё мажмуаси» курилмокда ва илк бор махсулот 2015 йилда ишлаб чикарилди.

Ўзбекистонда нефть ва газ саноатларнинг ривожланиши шубхасиз уларни тўлик кайта ишлашга асосланган. Маълумки, органик синтез учун газлар асосий хом-ашёдир хамда иссиклик ва энергия манбаидир. Хозирги кунда полимерлар, пластмассалар, синтетик каучуклар, спиртлар, мотор ёкилгиларнинг айрим компонентлари. эритувчи, синтетик тола, турли смолалар ва бошка моддалар газлардан, углеводородлардан олинмокда.

Нефть-газни ва кимё саноатида туб ўзгаришлар рўй бериб, янги технологиялар амалда кўлланиб, ривожланиш жадал суръатларда бормокда ва мамлакатимиз иктисодиётининг ўсиш кўрсаткичларини юкори бўлишини таъминламокда.

Хар бир жараённи ўрганишда унинг механизмига алохида эътибор бериш лозим.

Тавсия этилаётган дарслик фаннинг тасдикланган дастурига биноан тузилган бўлиб, талабаларнинг физика, кимё, математика, термодинамика, иссиклик ва совитиш техникаси, кимёвий технология жараён ва курилмалари хамда бошка фанлардан олган билимларини хисобга олган.

Ушбу дарслик замонавий техника ва унинг ривожланиш истикболларини инобатга олган холда малакали мутахассисларни сифатли тайёрлашда узлуксиз мукаммаллаштиришга хизмат килади.

Дарсликнинг кириш кисмида фаннинг мазмуни, келиб чикиши ва жараёнлар классификациялари берилган.

1-бобда полимерлар кимёси ва физик-кимёси баён этилган. Ушбу бобда полимерлар ишлаб чикариш учун хомашё, уларни олиш усуллари, характеристикалари, холатлари ва полимерлаш усуллари келтирилган.

2-бобда табиий газларнинг физик-кимёвий хоссалари, уларни тозалашнинг назарий асослари ва турли аралашмалардан тозалашнинг усуллари батафсил келтирилган.

3-бобда полиэтилен олишнинг юкори, ўрта ва паст босимларда олиш технологиялари, жараёнлар механизмлари ва махсулотнинг хоссалари баён этилган. Ундан ташкари, полипропилен, этиленнинг турли сополимерлари, полистирол, поливинилхлорид, полиизобутилен ишлаб чикариш усуллари ва уларнинг хоссалари келтирилган.

4-бобда суюкликлар гидродинамикаси, улар харакатининг асосий характеристикалари, труба кувурларидаги гидравлик каршилик, уларнинг оптимал диаметрини аниклаш, каттик жисмларнинг суюкликдаги харакати, насос ва компрессор машиналарининг тузилиши, ишлаш принципи ва уларни танлашга багишланган.

5-бобда гидромеханик жараёнлар, яъни турли жинсли газсимон ва суюклик аралашмаларини ажратишга багишланган. Бунда тиндириш ва чўктириш, фильтрлаш, газларни тозалаш, мавхум кайнаш катлами гидродинамикаси, аралаштириш, тескари осмос ва ультрафильтрлаш каби жараёнлар ўрганилади. Хар бир бўлим охирида, ушбу жараённи интенсивлаш ёки курилмани хисоблаш услуби келтирилган.

6-боб иссиклик алмашиниш жараёнлар назарияси, уни ташкил этиш усуллари ва курилмаларига багишланган. Ундан ташкари, ушбу бобда иситиш, совитиш, буглатиш ва конденсациялаш жараёнлари, иссиклик элткичлар турлари ва ушбу жараёнларнинг асосий теорема ва конуниятлари хамда эритмаларни буглатиш усуллари ва курилмалари кўриб чикилган. Шу билан бирга, бу бобда иссиклик алмашиниш жараёнларини интенсивлаш усуллари, мосламалари ва перспектив иссиклик алмашиниш курилмалари келтирилган. Ушбу бобнинг якунида турли иссиклик алмашиниш курилмаларини хисоблаш кетма-кетлиги берилган.

7-бобда масса алмашиниш жараён ва курилмалари баён этилган. Унда жараённинг назарий асослари билан бирга, абсорбция, хайдаш ва ректификация, адсорбция, куритиш, кристалланиш каби жараёнлар ва уларни курилмалар билан жихозлаш тизимлари кўрсатилган.

8-боблар механик жараёнларга бағишланган. Уларда қаттиқ жисмларни майдалаш усуллари, жараёнларнинг назарий асослари, классификациялаш, грануллаш ва пресслаш ҳамда бу жараёнларга тегишли курилмалар конструкциялари ва уларни ҳисоблаш услублари берилган.

9-бобда кимёвий жараёнлар баён этилган бўлиб, унда жараён мувозанати, кинетикаси, ташкил этиш усуллари ва реакторлар, пиролиз ва крекинг ўтхоналари, сиғимли идишларнинг конструкциялари ҳамда реакторларнинг аралаштириш, иссиклик алмашиниш мосламалари ва бу турдаги қурилмаларнинг ҳисоблаш кетма-кетликлари келтирилган.

10-бобда сунъий совуклик олиш, яъни ўрта ва ўта паст температуралар олиш усуллари ва қурилмалари баён этилган.

11-бобда технологик труба ва уларни бирлаштирувчи деталлар, арматуралар ва уларни монтаж ва эксплуатация қилиш ҳамда юқори босимли труба қувурларини мустаҳкамлик ҳисоблари келтирилган.

12-бобда кимё, нефть ва газни кайта ишлаш саноат корхоналарида монтаж қилиш, жараённи амалга оширувчи мослама ва жиҳозлар конструкциялари ҳамда уларни ҳисоблаш усуллари баён этилган.

13-бобда газларни кайта ишлаш технологиясида жараёнларни оптимал ташкил этиш, техника хавфсизлиги ва атроф-муҳитни ҳимоялаш каби мавзулар ёритилган.

14-бобда "газни суюкликка" кайта ишлаш технологиясининг босқичлари баён этилган.

Шуни алоҳида таъкидлаш лозимки, ҳар бобнинг охирида ундаги мавзуга тегишли қурилмаларни ҳисоблаш билан якунланади.

Китобнинг ҳажми чегараланганлиги ва фақат ўкув дастури тўлиқ ёритилиши лозим бўлганлиги сабабли дарсликда минимал миқдорда эмпирик формулалар ва ёрдамчи маълумотлар келтирилган. Кимёвий технология асосий жараён ва қурилмалар назарияси, ҳисоблаш эмпирик тенгламалари, қурилмалар конструкциялари ва деталлари тўғрисидаги тўлиқ маълумотлар қуйидаги дарсликлар ва ўкув қўлланмаларда батафсил келтирилган:

1. Юсупбеков Н.Р., Нурмуҳамедов Ҳ.С. ва бошқалар. Кимё ва озик-овкат саноатларнинг жараёнлари ва қурилмалари фанидан ҳисоблар ва мисоллар. – Т.: Nisim, 1999. –351 б;

2. Юсупбеков Н.Р., Нурмуҳамедов Ҳ.С., Зокиров С.Ғ. ва бошқалар. Кимё ва озиковкат саноатларининг асосий жараён ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Жаҳон, 2000. – 266 б.

3. Юсупбеков Н.Р., Нурмуҳамедов Ҳ.С., Зокиров С.Ғ. Кимёвий технология асосий жараён ва қурилмалар. – Т.: Фан ва технологиялар, 2003.-644 б.

4. Нурмуҳамедов Ҳ.С., Абдуллаев А.Ш., Ниғмаджонов С.К. ва бошқалар. Нефть ва кимё саноати машина ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Фан ва технологиялар, 2008. – 351 б.

5. Нурмуҳамедов Ҳ.С., Зокиров С.Ғ., Бабаев З.К. ва бошқалар. Гидравлика, гидромашина ва гидроюритмалар.–Т.: Фан ва технологиялар, 2012.–302 б.

6. Нурмуҳамедов Ҳ.С., Зокиров С.Ғ., Абдуллаев А.Ш., Ниғмаджонов С.К. ва бошқалар. Нефть ва кимё машинасозлиги технологияси. – Т.: Фан ва технологиялар, 2013. –218 б.

7. Нурмуҳамедов Ҳ.С., Бабаев З.К., Матчонов Ш.К., Каримов К.Ф., Абдуллаева С.Ш. ва бошқалар. Нефть-газ ва кимё саноати қурилмаларини таъмирлаш ва монтаж. – Т.: Фан ва технологиялар, 2014. –236 б.

8. Yusupbekov N.R., Nurmuhamedov H.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. – T.: Fan va texnologiyalar, 2015.–848 b.

Ушбу дарслик ТошДТУ, ТошКТИ профессор-ўкитувчиларининг ҳамда Шўртан газ-кимё мажмуасининг кўп йиллик самарали ишлаш тажрибасига таяниб ёзилган. Китобнинг 3,9,14-боблари ва глоссарий Темиров О.Ш., кириш, 4,5-боблари акад. Юсупбеков Н.Р.,

7,10-боблари проф. Зокиров С.Ғ., 1,13 проф.Туробжонов С.М., 6,8,11-боблари ва дарсликнинг якунидаги таянч сўз ва иборалар проф. Нурмуҳамедов Ҳ.С. ва 2,12-боблари эса проф. Таджиходжаев З.А. лар томонидан ёзилган.

Дарсликнинг сифатини яхшилаш учун каратилган таклиф ва танқидий фикр-мулоҳазалар ташаккурлик билан қабул қилинади.

Қўлёзманинг такризчилари: ТошДТУ профессори, т.ф.д.Ш.М.Ғуломов ва ЎзЛИТИнефтегаз бўлим бошлиғи т.ф.д. Р.Ч. Ли ларга катта миннатдорчилик билдирамиз.

Ниятимизни рўёбга чиқишига Ватанимизнинг олимлари, илмий ходимлари ва талабалари бевосита ёки билвосита ёрдам беришган. Чунончи:

– қўлёзманинг турли қисм ва бобларини танқидий таҳлили ва фойдали маслаҳатлари учун проф.Қ.А.Ахмеровга;

– ўз саволлари, мулоҳазалари ва муаммоларни ечишга интилишлари билан ўзлари билмаган ҳолда китобнинг ёзишга ТХТИ, ТДТУ, УрДУ ва ФарПИ ларнинг доцентлари А.Ш.Абдуллаев, Абдуллаева В.Т., Зокирова Н.С., Қ.Ф.Каримов, С.К.Нигмаджонов, Сагитов А.М., Усмонов Б.С., З.К.Бабаев, Ш.К.Матчонов ва катта илмий ходим-изланувчилар А.У.Бекбаева, С.Ш.Абдуллаева, Э.Т.Мавлоновларга;

– қўлёзмани териш ва ундаги расмларни чизиш, ҳамда китобни бир неча маротаба кайтадан компьютерда чиқарган иқтидорли бакалавр А.Ш.Хаджибоевга ўз миннатдорчилигимизни билдирамиз.

Бизнинг манзилимиз: 100011, Тошкент, Навоий кўчаси, 32 уй. ТошКТИ, НМТФ, «Кимёвий технология жараён ва қурилмалари» кафедраси

1. Фаннинг мазмуни ва моҳияти

Олефинли мономерлардан синтез қилиб олинадиган полиолефинлар, яъни полимерлар, саноат миқёсида ишлаб чиқариладиган асосий термопластлардир. Иккита термопласт –полиэтилен ва полипропилен-ишлаб чиқариш ҳажми бўйича дунёда биринчи ўринда туради.

«Газларни кайта ишлаш технологияси, жараён ва қурилмалари» фани бакалаврларни тайёрлашда махсус фан бўлиб, «Кимёвий технология», «Технологик машина ва жиҳозлар» ва бошка кўпгина таълим йўналишларидаги махсус фанларни ўзлаштиришда муҳим вазифани бажарувчи фандир.

Ҳозирги кун фанининг аниқловчи ва тавсифловчи белгиларидан бири бу саноат ва техниканинг фан билан узвий боғлиқлигининг чукурлашиши ва кенгайишидир. Дунёнинг кўпчилик таниқли олимлари фан ва унинг амалиётда қўлланиши бир бутун ва узвий боғлиқ эканлигини таъкидлашган.

«Жараёнлар ва қурилмалар» фани ҳакидаги замонавий таълим кимё, физика, математика, механика, иссиқлик ва совуқлик техникаси, электротехника, кимёвий кибернетика, материалшунослик, саноат иқтисодиёти ва бошка соҳалар фундаментал фанларининг асосий қонунларига таянади. Лекин жараёнлар ва қурилмалар тўғрисидаги таълим фан сифатида аниқ, алоҳида курс бўлиб, ўзининг тажриба, ҳисоблаш услублари ҳамда назарий қонуниятлари билан ажралиб туради.

Исталган кимёвий технологик жараён, унинг турли услубларда ўтказилишидан қатъи назар, ўзаро бир-бирига боғлик типик технологик боскичлар мажмуасидан иборат.

«Ғазларни қайта ишлаш технологияси, жараён ва қурилмалари» курсида газларни тозалаш, полимерлар олиш технологияси, асосий жараёнларнинг назариясн, ушбу жараёнларни амалга оширадиган машина ва қурилмаларнинг тузилиш принциплари ва уларни ҳисоблаш услублари ўргаиилади.

Маълумки, кимё, нефть-газларни ва бошқа саноат технологиялари мураккаб ва кўпинча бир неча жараёнлардан ташкил топган бўлади.

Ушбу дарсликда асосий жараёнлар асослари келтирилган бўлиб, уларни ўрганиш учун бир хил кинетик конуниятлар қўлланилган.

Замонавий саноат ишлаб чиқариш техиологияларини ўрганишда «Жараён ва қурилмалар» фанининг аҳамияти катта. Бу фан асосида турли хил жараёнларнинг ҳисоблаш ва таҳлил қилиш, уларнинг оптимал параметрларини аниқлаш, зарур қурилмаларни ҳисоблаш ва лойиҳалаш мумкин. Ундан ташқари, ушбу курсда лаборатория шароитидаги илмий изланиш ва тажрибалар қилинган жараён ва қурилмалардан саноат жараён ва қурилмаларига ўтиш конуниятлари ҳам ўрганилади. Бу конуниятларни билиш, кўп тонналик саноат технологиялари, жараён ва қурилмаларини лойиҳалашга ёрдам беради.

«Газларни қайта ишлаш технологияси, машина ва қурилмалари» дарслиги қуйида кайд этилган: 5310100- «Энергетика»; 5310900- «Метрология, стандартлаштириш ва маҳсулот сифати менежменти»; 5311000- «Технологик жараён ва ишлаб чикаришни автоматлаштириш ва бошқариш»; 5320300- «Технологик машина ва жиҳозлар»; 5320400- «Кимёвий технология»; 5321300 - «Нефть ва нефть-газни қайта ишлаш технологияси»; 5630100- «Экология ва атроф-муҳит муҳофазаси»; 5111000- «Касб таълими» таълим йўналишларидаги бакалаврлар саноат корхоналарининг самарадорлигини ошириш учун илмий тадкикот усулларини мукаммал билишлари ва кенг камровли муҳандислик дунёкарашга эга мутахассис бўлишларига салмокли ҳисса қўшади.

Фаннинг келиб чикиши ва ривожланиши

Полиэтилен энг оддий карбозанжирли полимер бўлиб, алифатик тўйинмаган углеводороднинг олефин қаторидаги этиленнинг мономери. Полиэтилен – бу термопластик синтетик қутбсиз полимердир. У кенг кўламда ишлатиладиган конструкцион материал бўлиб, хоссалари ва қўллаш соҳалари синтез шароитлари билан белгиланади. Полиэтилен энг арзон ва кенг таркалган полимерлардан бири бўлиб, унинг тарихи А.М.Бутлеровнинг 1873 йилдаги этиленни полимерлаш изланишларидан бошланади. 1884 йили рус кимёгари Г.Г.Густавсон лаборатория шароитида 100°С температурада бромли алюминий полимерлаш катализатори иштирокида полиэтиленни синтез қилди. Олинган этилен полимери қуйи молекулали суюк агрегат ҳолатидаги маҳсулот эди.

Ўтган асрнинг бошида босим 50 МПа ва температура 180°С да Англия ва Россия лабораторияларида илк бор каттик юкори молекулали полиэтилен олинди.

Саноат миқёсида полиэтилен ишлаб чикариш технологияси Англиянинг йирик кимёвий компанияси *Imperial Chemical Industries* томонидан 1920-30 йилларда Виннингтонда яратилган. Ушбу даврда проф.Михельснинг изланишлари асосида юкори босимли кимё шаклланиб бошланган. Е.В.Фосетт ва Р.О.Гибсонлар тажрибаларида этилен 100...200 МПа босим остида киздирилган ва парафинсимон модда олишга эришилган. 1935 йилда проф.Михельс раҳбарлигида М.В.Перрин ва Дж.Г.Патонлар юкори молекуляр массали полиэтилен олишга эришишди. Юқорирок молекуляр массали полимерии ишлаб чикаришга жуда катта босимлар (300 МПа) лар талаб этилди.

Иккинчи жаҳон уруши даврида Германиянинг *I.G.Farbenindustrie* ва АҚШнинг *Inion Carbide* компаниялари эркин радикалли полиэтилен ишлаб чикара бошлашди.

Марбург университетининг проф.Карл фон Ауверс ва унинг шогирди Карл Циглер органометалли полимерлашнинг асосчиларидир. 1927 йили Циглер ва Бар ишкорий металл алкиллари ёрдамида бутадиен ва стиролнинг олигомер ва полимерларини олиш мумкинлигини кўрсатишди. Сўнг, органолитий, -натрий, -калийли инициаторлар иштирокида турли углеводородларни полимерлашди. 1943 йилда Циглер ва Геллер $LiAlH_4$ инициатори ёрдамида юкори молекуляр массали полимер олишга эришишди.

Циглер полимерининг зичлиги *ICI* компанияси полимеридан юкори зичлиги ва эриш температураси, чўзилишдаги юкори каттиклик модули ва узилишга чидамлилиги билан фаркланади. Бу полимер – чизикли полимер эди.

1940 йили *Phillips Petroleum* этиленни синтез килиб суюк полимер, сўнг эса хром оксид (кремний оксид, алюминий оксид) катализаторлари ёрдамида каттик полимерлар олишди. Бу полимер – зичлиги юкори бўлган чизикли полимер эканлиги аникланди.

Илк бор кристалланувчи полипропилен Италия олими проф.Натта ва *Montecatini* компанияси томонидан 1954 йили синтез килинди. Катализатор сифатида триалкилалюминий-титан тетрахлориди (титан тетрабромиди, ванадий тетрахлориди, цирконий тетрахлориди, хром ацетилацетонати) кўлланилди ва янги полимер «изотактик» полипропилен деб номланди. Полипропилен чикишини ошириш учун Циглер-Натта катализаторларининг бир нечта авлоди кўлланилди ва ижобий натижалар олинди. Этилен ва пропиленни Циглер-Натта катализаторлари иштирокида полимерлаш юкори босим ва температура талаб килмайдиган «юмшок» технологик шароитларда кечади. Ушбу шароитларда олинган полимерлар мустаҳкамлиги ва механик хоссалари жуда юкори чикди. 1963 йили К.Циглер ва Д.Натта биргаликда «кимё ва юкори молекулали полимерлар технологияси соҳасидаги кашфиёт учун» кимё соҳасидаги Нобель мукофоти билан тақдирланишди.

1998 йили «Ўзбекнефтегаз» МХК ва «АББ Луммус Глобал» (АҚШ), «АББ Соими» (Италия), «Нишо Иваи», «Мицуи», «Тойо инжиниринг» (Япония) компанияларидан таркиб топган Консорциумлар Шўртан газ-кимё мажмуасини лойиҳалаш, қурилмаларни ясаш, қурилиш, ишга тушириш-созлаш ва технологик тизимни эксплуатацияга тушириш бўйича контрактга имзо чекишди. 2001 йилнинг охирида газ-кимё мажмуаси эксплуатацияга тушди ва 2002 йилнинг августида биринчи ўзбек полиэтилени ишлаб чикарилган.

Шўртан газ-кимё мажмуаси куйидаги асосий бўлимлардан иборат: табиий газни кайта ишлаб этилен олиш (лицензиар ABB Lummus, АҚШ), сомономер ишлаб чикариш (Axens лицензия бўйича) ва Sclairtech полиэтилен олиш технологияси (лицензиар Nova Chemicals, Canada).

Шўртан ГКМ ишлаб чикариш кувватлари 4,0 млрд. $м^3$ табиий газни кайта ишлаб ва йилига: 125 минг тонна полиэтилен гранулалари; 100 минг тонна суюлтирилган газ; 100 минг тонна газ конденсати; 4 минг тонна олтингугурт гранулалари; 3,5 млрд. $м^3$ товар газни ишлаб чикармокда.

Шуни алоҳида таъкидлаш лозимки, ушбу замонавий технология асосида паст зичликка эга чизикли полиэтилен (LLDPE); ўртача зичликли полиэтилен (MDPE); юкори зичликка эга полиэтилен (HDPE).

Шўртан ГКМ полиэтилени асосида ички бозор учун хилма-хил спектрдаги полиэтилен маҳсулотлари ишлаб чикарилмокда ҳамда экспорт учун самарали ва истикболли потенциал яратилган.

Бугунги кунда Шўртан газ-кимё мажмуаси «Ўзбекнефтегаз» МХК энг муваффакиятли лойиҳаларидан бири бўлиб, ишлаб чикараётган маҳсулотининг 60% дан ортиғини дунёнинг турли мамлакатлари: Польша, Венгрия, Литва, Латвия, Туркия, Эрон, Покистон, Хитой, Украина, Россия, Озарбайжон, Қозоғистонларга экспорт қилмокда.

Сурғил газ кони 2006 йил май ойида топилган ва ҳозирги кунда «Ўзбекнефтегаз» МХК ва ўзбек-корея кўшма корхонаси билан фойдаланишга тушириш устида ҳамкорлик килишмокда. Коннинг захираси тахминан 120 млрд. кубометрни ташкил этади. Сургил газ кони табиий газининг таркиби жуда кўп кимматли компонентлари мавжуд, чунончи, этаннинг микдори 4,8%. Таркибида этан кўп бўлган газдан кимматли маҳсулотлар ажратиб олинади ҳамда тозаланган газ транспорт магистрал системасига ҳайдалади ва экспорт килинади.

2008 йил февраль ойида «Ўзбекнефтегаз» миллий холдинг компания ва Кореянинг Kor-UzGas Chemical Investment консорциуми ҳамкорликда Сургил газ кони асосида Устюрт ГКМ ни куриш учун «Uz-KorGas Chemical» ҚК тузишди.

Ўзбекистон Республикаси президенти Ислом Абдуганиевич Каримов ва Жанубий Кореянинг президенти Ли Мен Бак 2012 йил 24 августда ўтказилган кўшма брифингда

RESTR № 9/1217

Сургил газ кони атрофида «Устюрт газ-кимё мажмуаси» қурилишининг бошланишини тантанали эълон қилдилар.

«Устюрт газ-кимё мажмуаси» йилига 4,5 млрд. кубометр табиий газни қайта ишлайди ва 4 млрд. кубометр товар газини, 383 минг тонна турли зичликли полиэтилен, 87 минг тонна полипропилен ва ~100 минг тонна пиролиз бензинини ишлаб чиқаради. Мажмуа технологияси юқори, ўрта ва қуйи босимли 150 хил полиэтилен ишлаб чикаришга мўлжалланган.

Мамлакатимизда қурилган «Устюрт газ-кимё мажмуаси» Ўзбекистон ва Жанубий Корея мамлакатлари орасидаги самарали ҳамкорликнинг ёркин мисолидир.

Асосий технологик жараёнлар классификацияси

Жараён ва қурилмалар фанининг ривожланиши технологик жараёнларнинг илмий асосланган классификацияси ва тушунчалар системасини яратиш имконини берди. Шунинг учун саноат технологияси, жараёнлари, технологик қурилма ва машина каби асосий тушунчаларни кўриб чиқамиз.

Саноат жараёни* – маълум натижага эришиш учун амалга ошириладиган кетма-кет ҳаракатларнинг мажмуаси ва йиғиндиси.

Технология – бу хомашёдан аввалдан белгиланган хоссаларга эга маҳсулот олиш мақсадида ўтказиладиган бир қатор усуллардир. Технологиянинг фан сифатидаги мақсади энг самарадор ва тежамкор технологик жараёнларни аниклаш ва амалиётда қўллаш учун физик, кимёвий, механик ва бошқа конуниятларини ўрганишдир.

Технологик қурилма – технологик жараёнларни ўтказиш учун мўлжалланган **қурилма****, **ускуна** ёки **мослама** *ёки* жиҳоз.

Машина – энергия ёки материални ўзгартириш учун механик ҳаракат киладиган **ускуна ёки мослама.**

Газларни қайта ишлаш технологияларининг турли хилдаги асосий жараёнларнинг кечиш конуниятларига қараб асосан 6 гуруҳга ажратса бўлади: 1) ***гидромеханик*** жараёнлар; 2) ***иссиқлик алмашиниш*** жараёнлар; 3) ***масса алмашиниш*** жараёнлар; 4) ***механик*** жараёнлар; 5) ***кимёвий*** жараёнлар; 6) ***совитиш*** жараёнлар.

Гидромеханик жараёнлар – бу шундай жараёнларки, уларнинг тезлиги механика ва гидродинамика конунлари билан белгиланади.

Уларга труба ва қурилмаларда газ ва суюкликларни узатиш, суюкликларни аралаштириш, эмульсия ва суспензияларни чўктириш, фильтрлаш, центрифугалаш каби усулларида ажратиш, тескари осмос ва ультра-фильтрлаш, донадор, сочилувчан материалларни мавҳум қайнаши каби жараёнлар киради.

Ҳар бир саноатда қайси жараён бўлишидан қатъи назар, унинг тезлигини оширишга ҳаракат қилинади, чунки жараён тезлигини кўпайиши қурилманинг иш унумдорлигини ўсишига олиб келади. Гидромеханик, иссиклик ва масса алмашиш ҳамда кимёвий жараёнларнинг кинетик конуниятлари қуйидаги умумий қонун кўринишида ифодаланиши мумкин: **жараённинг тезлиги харакатлантирувчи кучга тўғри ва каршиликка тескари пропорционал.**

Агар каршиликка тескари катталикни тезлик коэффициенти деб белгиласак, гидромеханик жараёнлар учун кинетик тенглама ушбу кўринишга эга бўлади:

$$\frac{dV}{Fd\tau} = \frac{\Delta P}{R_1} = K_1 \cdot \Delta P$$

бу ерда, V – оқиб ўтадиган суюклик миқдори, F – кўндаланг кесим юзаси, τ – вакт, K_1 – жараён тезлик коэффициенти, ΔP – жараённи ҳаракатга келтирувчи куч (босимлар фарки), R_1 – гидравлик каршилик.

---

* processus (лот.) – ҳаракат

** apparatus (лот.) – қурилма

Иссиқлик алмашиниш жараёнлари – бу шундай жараёнларки, уларда, температураси юкори жисм (ёки муҳит) дан температураси паст жисмга (ёки муҳитга) иссиқлик ўтади. Уларга иситиш, пастеризация, стерилизация, совитиш, буғлатиш, конденсациялаш ва бошқалар киради. Иссиқлик алмашиниш жараёнларининг тезлиги иссиқлик ўтказиш конунлари билан аникланади ва қуйидаги кинетик тенглама оркали ифодаланади:

$$\frac{dQ}{Fd\tau} = \frac{\Delta t}{R_2} = K_2 \cdot \Delta t$$

бу ерда, Q – ўтказилган иссиқлик миқдори; F – иссиқлик алмашиниш юзаси; K_2 – иссиқлик ўтказиш коэффициенти; R_2 – термик каршилик; Δt – ўртача температуралар фарки.

Масса алмашиниш ёки диффузион жараёнлар – бу шундай жараёнларки, бунда концентрацияси юкори фазадан концентрацияси паст фазага турли агрегат ҳолатларда масса ўтади. Бу жараёнларга абсорбция ва десорбция, ҳайдаш ва ректификация, адсорбция, экстракциялаш, эриш, кристалланиш, намлаш, қуритиш, ион алмашиниш ва бошқалар киради.

Масса алмашиниш жараёнларнинг тезлиги масса ўтказиш қонунлари билан аникланади ва қуйидаги кинетик тенглама оркали топилади:

$$\frac{dM}{F \cdot d\tau} = \frac{\Delta C}{R_3} = K_3 \cdot \Delta C$$

бу ерда, M – ўтказилган масса миқдори; ΔC – жараённи харакатга келтирувчи куч, ўртача концентрациялар фарки; K_3 – масса ўтказиш коэффициенти; R_3 – диффузион каршилик.

Механик жараёнлар – бу шундай жараёнларки, уларда қаттиқ жисмларнинг фақат механик ўзаро таъсирида ўтади. Уларга каттиқ, сочилувчан материалларни майдалаш, классификациялаш (синфлаш), пресслаш, грануллаш ва бошқалар киради.

Кимёвий жараёнлар – бу шундай жараёнларки, уларда моддаларнинг кимёвий таркиби ва хоссалари ўзгариши билан характерланади. Ушбу жараёнларнинг тезлиги кимёвий кинетика қонунлари билан аникланади ва қуйидаги тенглама ёрдамида ифодаланади:

$$\frac{dM}{Vd\tau} = K_4 \cdot f(c)$$

бу ерда, M – кимёвий жараён пайтида ўтган масса миқдори; V – реактор (қурилма) ҳажми; K_4 – кимёвий жараён тезлиги коэффициенти; $f(c)$ – жараённи харакатга келтирувчи куч бўлиб, реакцияда иштирок этувчи моддалар концентрацияларининг функциясидир.

Шундай килиб, юкорида кўриб чикилган ҳамма кинетик тенгламалар қуйидаги умумий кўринишга келтирилиши мумкин:

$$I = l \cdot x$$

бу ерда, I – жараённи ўтиш тезлиги; x – жараённи харакатга келтирувчи куч, турли катталиклар фарки (босим, температура, концентрация); l – ўтказувчанлик коэффициенти, бирор жараён учун скаляр катталик бўлиб, каршиликка тескари катталик.

Турли жараёнларнинг тезлик коэффициентлари асосан материал окимларининг ҳаракат тезлигига боғлик. Шунинг учун, ҳамма кинетик қонуниятлар материал оқимларининг ҳаракат қонунларига асосланади.

Кинетик тенгламалар таҳлили жараённи интенсивлашнинг умумий принципларини аниклаш имконини беради.

Жараён тезлигини ошириш учун ҳаракатга келтирувчи кучни ошириш ва қаршиликни камайтириш керак.

Исталган жараён таҳлил қилинганда «ҳаракатга келтирувчи куч» асосий омилдир.

Жараёнларнинг кинетик қонуниятларини билиш ва тўғри аниклаш турли хилдаги қурилмаларнинг асосий ўлчамларини ҳисоблашда асос бўлади, ҳамда уларни самарали ва бенуксон эксплуатация қилиш имконини беради.

1 қисм. ЮҚОРИ МОЛЕКУЛАЛИ БИРИКМАЛАР НАЗАРИЙ АСОСЛАРИ

1-боб. ТАБИИЙ ГАЗНИ ТОЗАЛАШ

1.1. Табиий газнинг физик-кимёвий хоссалари

Табиий газ – бу углеводород газларининг табиий аралашмаси бўлиб, 80…97% га метандан иборатдир. Табиий газ ер остида органик моддаларнинг аста-секин анаэроб (ҳаво иштирокисиз) парчаланиши туфайли ҳосил бўлган бир неча газларнинг аралашмасидир.

Табиий газ фойдали қазилмалар каторига киради. Кўпинча, нефть қазиб олинганда у билан бирга йўловчи газлар ҳам чиқади. Ер ости пластларида табиий газнинг агрегат ҳолати – газсимон, яъни алоҳида ҳажмда йиғилган ёки нефть-газ конининг газсимон қалпоғи кўринишида ёки нефть ёки сувда эриган ҳолатларда мужассамланган бўлади. Ундан ташқари, табиий газ гидрат кўринишида океан ва материкнинг абадий музлик зоналарида ҳам мавжуддир.

Кўп асрлар давомида молекуляр оғирлиги 60 дан ортик углеводородлар ер остида суюқ, нисбатан енгиллари эса – газсимон агрегат ҳолатида бўлади деб ҳисобланган. Лекин бир гуруҳ рус олимлари А.А.Трофимук, Н.В.Черский, Ф.А.Требин, Ю.Ф.Макогон, В.Г.Васильевлар газнинг янги хоссаси аниқлашди, яъни маълум бир термодинамик шароитларда ер остидаги газ каттик агрегат ҳолатига ўтиши ва газ гидрат қатламларини ҳосил қилиши мумкин.

Ер остида паст температура (295К гача) ва юкори гидростатик босим (25 МПа гача) да ер ости қатламининг сувлари билан бирлашиб қаттик агрегат ҳолатига ўтади. Оддий газ конларига караганда газ гидрат конларидаги газ концентрацияси жуда юкори концентрацияга эга. Бунга сабаб, бир ҳажм сув гидрат ҳолатига ўтганда 220 ҳажмгача газни бириктиради ва боғлай олади. Газ гидрат конлари асосан кўп йиллик музлаган жинслар таркалган ҳудудларда ҳамда дунё океанлари тубининг остида мужассамланган.

Нормал шароитда табиий газ фақат газсимон ҳолатда бўлади. Зичлиги ρ=0,68…0,85 кг/м³ (газсимон). Суюлтирилган газнинг зичлиги эса – ρ=400 кг/м³. Ўз-ўзидан ёниш температураси $t_{ў.ё.}$=650°С. Ҳаво билан портловчи аралашма ҳосил қилиш концентрациялари c=5…15% (ҳажмий). Солиштирма ёниш иссиқлиги χ=28...46 МЖ/м³. Ички ёниш двигателларида ишлатилганда октан сони 120…130. Табиий газ асосан метан (~ 95%) дан, лекин унинг таркибига этан, пропан, бутан, азот, гелий, водород сульфид, углерод диоксиди, сув буғлари ва бошқа газлар киради.

Табиий газ рангсиз ва ҳидсиз (агар таркибида водород сульфид бўлмаса), ёнувчан ва портлаш хавфи бор газ.

Температура 600°С бўлганда табиий газ ўз-ўзидан ёниб кетади. Унинг зичлиги ҳавоникига караганда 2 баробар кам, шунинг учун ёпик жойларда йиғилганда тепага кўтарилади.

Табиий газ юкори самарали энергия ва кимёвий хом-ашёдир.

Бошқа ёқилғи ва хомашёларга караганда бир катор афзалликларга эга:

– табиий газни бошқа ёқилғиларни қазиб олишга қараганда анча арзон;

– нефть ва кўмирга караганда, газни қазиб олишда иш унумдорлиги юкорирок;

– табиий газни ёкиш жараёнида минимал миқдордаги ҳавонинг ортикчалиги талаб этилади;

– табиий газ таркибида углерод оксидининг йўқлиги инсон заҳарланмаслигининг гаровидир;

– шаҳар ва кишлокларни газ ёрдамида иситиш атроф-муҳитни камрок ифлослантиради;

– газ таркибида энг кам зарарли механик ва кимёвий аралашмалар бўлгани учун, ёниш жараёнининг турғунлигини таъминлаш осон;

– табиий газни ёкиш жараёнида температурани юкори аниқликда ростлаш, автоматлаштириш ва катта ф.и.к. эришиш мумкин;

– табиий газ ёниш жараёнида юкори температура (>2000°С) ва солиштирма иссиқлик бергани учун уни энергетик ва технологик ёқилғи сифатида қўллаш мумкин.

– табиий газ ёқилганда тўлик ёниши туфайли йўкотилишлар бўлмайди.

Юкорида кайд этилган афзалликлар билан бирга табиий газга, айрим салбий хоссалар ҳам тааллукли:

– ҳаво билан маълум миқдордаги аралашмаси ёнғин ва портлаш хавфи мавжуд, яъни бу аралашмаларга учқун ёки иссиқ жисм киритилса, ёниши ёки портлаши мумкин;

– газсимон ёқилгининг ёниши учун албатта таркибида кислород бор ҳаво бўлиши керак;

– ёниш реакциясининг иссиклиги бир зумда ажрайди, ёниш маҳсулотлари қизийди ва ҳажми кенгаяди, босими хонада, ёниш камераси ёки труба қувурида ортади ва портлаш хавфини белгилайди.

Катта диаметрли ва узун труба қувурларида газ-ҳаво аралашмасининг портлаш даврида аланганинг таркалиш тезлиги товуш таркалиш тезлигидан ортиб кетиш ҳолатлари ҳам бўлиши мумкин. Бу даврда босим тахминан 8 МПа гача кўтарилади. Бундай портлаб ёниш **детонация** деб номланади. Детонациянинг моҳияти ёнувчи муҳитда зарбали тўлқинларнинг ҳосил бўлиши ва ҳаракати билан белгиланади.

Табиий газлар заҳарлимас, лекин метаннинг ҳаво билан концентрацияси 10 ва ундан ортиқ фоиз бўлганда кислород миқдори камайганлиги туфайли бўғилиш содир бўлиши мумкин.

Табиий газ таркибий қисмлари, яъни газларнинг хоссалари:

Метан (CH_4) – ҳаводан енгил, рангсиз ва ҳидсиз газ. Ёнувчан, лекин уни сақлаш мураккаб эмас ва кийинчиликлар туғдирмайди. Газ плиталарида ёқилғи сифатида ишлатилади. Метан ёнганда ҳаво рангли аланга ҳосил қилади.

Этан (C_2H_6) – ҳаводан озгина оғиррок, рангсиз ва ҳидсиз ғаз. Ёнувчан, лекин ёқилғи сифатида ишлатилмайди. Ёқилғи сифатида камдан-кам ҳолларда, асосан этилен олишда ишлатилади. Этан ёнганда спиртга ўхшаб рангсиз аланга ҳосил қилади.

Пропан (C_3H_8) – рангсиз ва ҳидсиз газ, лекин заҳарли. Афзаллиги шундаки, нисбатан паст босимда суюк агрегат ҳолатига келади, бундай ҳолат уни транспортировка килишни ва аралашмалардан ажратиш жараёнини осонлаштиради. Айрим автомобилларда ёқилғи сифатида ишлатилади. Пропан ва бутан ёнганда сариқ аланга ҳосил бўлади.

Пентан (C_5H_{12}) – огир газ. Ёкилги гази асосан техник бутан ва пропан аралашмаси бўлиб, пентан оз миқдорда суюк фаза ҳолатида учраши мумкин. Пентаннинг конденсацияланиш температураси тахминан 3°С атрофида. Шу сабабли пентан ҳаракатланадиган трубалар конденсат йиғгич билан жиҳозланиши керак.

Бутан (C_4H_{10}) – хоссалари бўйича пропанга ўхшаш, лекин зичлиги нисбатан юкори ва иккита изомери мавжуд бўлган газ. Бутан ва унинг изомерлари (кимёвий формуласи, молекуляр оғирлиги бир хил, аммо молекулада атомларни жойлашиши билан фарқланувчи) юкори температурада кайнайдиган суюкликлардир. Техник бутан буғлари 0,5°С да конденсацияланади.

Углерод диоксиди (CO_2) – рангсиз ва ҳидсиз, лекин нордон мазаси бор газ. Табиий газнинг бошқа компонентлари (гелийдан ташқари)га караганда, CO_2 ёнмайди. Углерод диоксиди заҳарлилиги энг кам газ. Бу газ ёнганда оч ҳаво рангли аланга ҳосил қилади.

Водород сульфид (H_2S) – рангсиз, ўткир палағда тухум ҳидли газ. Жуда заҳарли, ҳаттоки жуда кичик концентрацияда ҳам ҳид билиш асабини фалаш килади. Водород сульфиднинг заҳарлаш концентрацияси 0,2…0,3 мг/м^3 бўлса, фожиали концентрацияси - 1 мг/м^3. Водород сульфид заҳарли бўлишига қарамасдан, кичик концентрацияли эритмалари

водород сульфидли ванналар қилиб инсонни даволашда ишлатилади, чунки унинг айрим антисептик хоссалари шифобахшдир.

Этилен **(C_2H_4)** – дунёда энг кўп ишлаб чиқариладиган органик моддадир. У полиэтилен ишлаб чиқаришда хом-ашёдир. Этилен рангсиз, ёкимли ҳидли газ. Хоссалари бўйича этанга якин, лекин зичлиги ва ёнувчанлиги билан ундан фаркланади.

Ацетилен **(C_2H_2)** – ўта ёнувчан ва портловчан, рангсиз газ. Агар юкори босимгача сикилса, портлаши мумкин. Бу газ асосан металларни пайвандлаш ишларида қўлланилади.

Портлаш ва ёниш хавфи катта бўлгани учун автомобилларда ёкилғи сифатида ишлатилмайди ва сақлаш даврида эҳтиёткорлик юкори даражада бўлиши талаб этилади. Ацетилен ёнганда сарғишроқ аланга ҳосил бўлиб ёнади ва жуда кўп тутайди.

Гелий **(He)** – ҳаводан зичлиги 7 маротаба кам, инерт газдир. Шу сабабли, учувчан дирижабл ва аэростатлар асосан гелий гази билан тўлдирилади. Юкори босимларда наркознинг бошлангич боскичи ҳосил бўлади, яъни «хушчақчақ қилувчи» («хушчақчақ» газ – бу азот оксиди NO газининг ўзгача номи) газга ўхшаш таъсир кўрсатади. Бошка газлардан ўларок, гелий ҳеч качон каттик агрегат ҳолатида бўлмайди.

Водород **(H)** – гелийга караганда енгил газ, лекин ўта ёнувчан.

Ёниш жараёни. Ҳамма углеводородлар тўлик оксидланишида углерод диоксиди ва сув ҳосил килади. Масалан:

$$CH_4 + 3O_2 = CO_2 + 2H_2O \qquad (1.1)$$

Чала оксидланишида эса (кислород етишмайди) – ис гази ва сув ҳосил бўлади:

$$2CH_4 + 6O_2 = CO + 4H_2O \qquad (1.2)$$

Агар кислород миқдори ундан ҳам кам бўлса, майда дисперс углерод (коракуя) ажралиб чикади:

$$CH_4 + O_2 = C + 2H_2O \qquad (1.3)$$

Ёниш жараёнида ҳаво ранг аланга ўрнига сарик аланга ёнса, демак, аралашма таркибида метандан ташқари пропан борлигидан далолат беради.

1.2. Табиий газни тозалаш

Қайта ишлашга узатиладиган табиий газ таркибида метандан ташкари кўп миқдорда юкори углеводородлар бор. Турли газ конларидаги табиий газларнинг концентрацияси ҳар хил бўлади.

Оғир углеводородлар кимё ва бошка саноат соҳалари учун муҳим ва асосий хом-ашёдир. Шунинг учун, газ қувурлари оркали истеъмолчига узатишдан аввал уни тозалаш максадга мувофикдир. Лекин кўпчилик ҳолларда табиий газни узок масофага узатиш етарли даражада фақат дастлабки тозалашдан ўтказилади. Қуйидаги 1.1-жадвалда табиий газнинг таркиби келтирилган.

1.1-жадва

№	Компонентлар	Таркибнинг тебраниш оралиги, %
1.	Метан	87,9...97,2
2.	Углерод диоксиди	0,1...1.0
3.	Азот	1.5...3,0
4.	Этан	0,7...4,7
5.	Пропан	0,33...2,3
6.	Изобутан	0,17...0,46
7.	*н*-бутан	0,16...0,41
8.	Изопентан	0,03...0,18
9.	*н*-пентан	0,02...0,11

10.	2,3-диметилбутан	0,007...0,8
11.	3-метилпентан	1,5...3,0
12.	Гексан	0,012...0,022
13.	Циклопентан	0,001...0,01
14.	2,4-диметилпентан	0,001...0,04
15.	Метилциклопентан	0,01...0,04
16.	3-метилгектан	0,002...0,08
17.	Гептан	0,013...0,06
18.	Бензол	0,011...0,065
19.	Октан	0,003...0,063

Табиий газ таркибининг ўзгарувчанлигига ундаги конденсат миқдори катта таъсир килади. Одатда, конденсатда асосан углеводород C_6 ва ундан юкори углеводородлар (30 г/м^3 гача) бўлади.

Айрим ҳолларда кайта ишланадиган табиий газ таркибига жуда юкори талаблар қўйилади. Бундай кайта ишлаш жараёнларига юкори температурали конверсия, ацетилен олиш учун термооксидловчи пиролиз ва газ синтезлари киради. Термооксидловчи пиролиз қурилмаларининг кўп йиллик ишлаш тажрибаси шуни кўрсатдики, табиий газдаги юкори углеводородлар концентрацияси ортиши билан иситкичларда коракуя ўтириб колиши ва реакторлар нотурғун ишлаши кескин кўпаяди. Ундан ташкари, конверсия газида коракуя ва юкори ацетиленлар миқдори ошиб кетади. Реакторлар турғун ишлашига C_6 ва ундан юкори углеводородлар энг катта таъсир килиши аникланди.

Дастлабки тозалашда энг тоза газ олиш учун табиий ва йўловчи газларни чукур совитиш усулида фракцияларга ажратиш керак. C_4 ва ундан юкори углеводородларни ажратиб олиш учун юкори температурада кайновчи углеводородлар абсорбцияси ёки фаолланган кўмир билан адсорбциялаш усулларини қўллаш мумкин. Лекин абсорбция жараёнида газ абсорбент буғлари билан аралашиб ифлосланади. Адсорбцион усул ёрдамида газларни жуда юкори даражада тозалаш курилмалари қўпол ва мураккаб.

1.2.1. Газларни тозалаш учун эритувчилар

Эрптувчининг абсорбцион снғими. Эритувчининг муҳим хоссаларидан бири, унда ажратиб олинаётган компонентнинг эрувчанлиги, унинг температура ва босимга боғликлигидир. Компонент эрувчанлигига абсорбентни циркуляция килиши учун сарфланадиган электр энергия миқдори, газнинг десорбцияси учун иссиклик сарфлари тўгридан-тўгри пропорционалдир.

Эритувчининг селектнвлиги бир-бирига жуда якин иккита ажратилаётган газлар эрувчанликлари орасидаги нисбат билан характерланади. Ушбу кўрсаткич қуйидаги формула оркали ҳисобланади:

$$C = \frac{K_{Г1}}{K_{Г2}} \qquad (1.4)$$

бу ерда, $K_{Г1}$ – камрок эрувчан компонент I нинг эрувчанлик коэффициенти.

Абсорбцияга узатилаётган эритувчи миқдори ушбу формуладан аникланади:

$$G_{1р} = x_1 L = \frac{G \cdot K_{Г2} \cdot p_1}{P \cdot \eta_{аа} \cdot K_{Г1}} = \frac{G \cdot y_1 \cdot K_{Г2}}{\eta_{аа} \cdot K_{Г2}} \qquad (1.5)$$

бу ерда, y_1 – камрок эрувчан компонентнинг газдаги максимал концентрацияси.

Эриш окибатида абсорбент билан чикиб кетаётган камрок эрувчан компонентнинг улуши δ ушбу формуладан топилади:

$$\delta = \frac{G_{1р}}{Gy_{1н}} = \frac{K_{г2} \cdot y_1}{K_{г1} \cdot y_{1н}} \cdot \frac{1}{\eta_{ад}} = \frac{1}{C} \cdot \frac{1}{\eta_{ад}} \cdot \frac{y_1}{y_{1н}} \qquad (1.6)$$

бу ерда, $y_{1н}$ – камрок эрувчан компонентнинг абсорбер пастки кисмидаги концентрацияси

Шундай килиб, агар $y_1 \approx y_{1н}$ ва $\eta \to 1$ бўлса, унда

$$\delta = \frac{1}{C} \qquad (1.7)$$

1/С катталиги яхши эрувчан компонент билан камрок эрувчан компонентнинг йўкотилиши мумкин бўлган миқдорини ифодалайди. Ундан ташкари, ушбу катталик ажратиб олинаётган газнинг ифлосланиш даражасини ҳисоблаш ҳамда камрок эрувчан компонентнинг йўкотилишини камайтириш учун технологик схемани мураккаблаштириш кераклиги ва максадга мувофиклигини баҳолаш имконини беради.

Агар абсорбция жараёнига мувозанат кийматидан ортик эритувчи узатилаётган бўлса, камрок эрувчан газ йўкотилиши кўпаяди. Ундан ташкари, газларни ажратиш селектив самарадорлигига газлар абсорбция тезликларининг ҳар хиллиги салмокли таъсир этади.

1.3. Газларни адсорбцион тозалашнинг назарий асослари

1.3.1. Адсорбция жараёнининг статикаси ва динамикаси

Абсорбция статикаси. Адсорбция жараёни бошка каттик фазали системаларда масса алмашиниш жараёни (механизми) дан фарк килмайди.

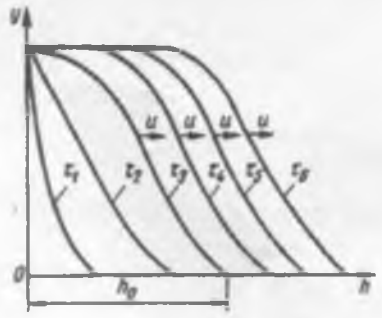
Умумий ҳолатда адсорбентда ютилаётган модданинг диффузия жараёни (1.8) критериал тенгламаси ёрдамида ифодаланади:

$$\frac{x - x_н}{x_в - x_н} = f\left(Bi_д, Fo_д, \frac{z}{\delta}\right) \qquad (1.8)$$

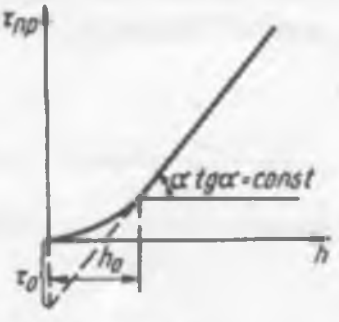
Кўзғалмас адсорбент катламига ютилаётган модданинг бошлангич концентрацияси y бўлган оким узлуксиз равишда узатилиш ҳолатини кўриб чикамиз.

Адсорбент катлами оркали оким аралашмасдан, идеал сикиб чикариш режимида ҳаракатланмокда деб фараз киламиз.

Маълум вакт ўтгандан сўнг, адсорбент катламининг бошланғич кисми тезда туйинади ва адсорбтивни адсорбция килиши тўхтайди.



1.1-расм. Адсорбция кўламининг ўзгариш схемаси.



1.2-расм. Ҳимояловчи таъсир давомийлигининг адсорбент катлами баландлигига боғликлиги.

Натижада, ютилаётган модда концентрацияси ўзгармас катламнинг бошланғич

кисмидан ўтиб кетади ва адсорбция зонаси юқорига караб кўтарилиб боради. Адсорбент катлами баландлиги бўйича адсорбтивнинг таркалиши равон ва адсорбция кўлами ҳосил бўлади (1.1-расм).

Ушбу расмда τ_1, τ_2, τ_3...τ_n вактларда адсорбент катлами баландлиги h бўйича адсорбтив нисбий концентрациясининг таксимланиш эгри чизиклари келтирилган. Шуни таъкидлаш керакки, $\tau_1<\tau_2<\tau_3<...<\tau_n$ (бу ерда, τ_n – жараён бошланишидан ўтган вакт).

Жараён давомида бирор вакт ўтиши билан адсорбция кўлами ўзгармайди. Адсорбция жараёнида адсорбтив катламининг тўйиниш пайтигача ишлаш вакти, адсорбция кўламининг ташкил этиш даври деб номланади. Адсорбентнинг бутун катлами бўйича адсорбция зонаси вакт ўтиши билан катламда адсорбтив концентрацияси равон ўзгаради. Натижада, адсорбция кўлами кандайдир ўзгармас тезлик билан силжийди. Адсорбтивниг «ўтиб кетишига» тўғри келадиган вактдан бошлаб адсорбент катламининг адсорбцион ёки ҳимояловчи таъсири тамом бўлади.

Адсорбент катламидан адсорбтивниг «ўтиб кетиш» вактига мос келадиган ўртача концентрацияси катламнинг динамик фаоллиги деб аталади.

Адсорбция жараёни бошланишидан мувозанат ҳолатигача адсорбент массаси бирлигида ютилган модда миқдори адсорбентнинг статик фаоллиги дейилади. Маълумки, динамик фаоллик ҳар доим статик фаолликдан кичик бўлади. Демак, адсорбентнинг сарфи унинг динамик фаоллигига караб танланади. Адсорбент катлами ишлатилишининг фронтал (катламли) модели проф. И.А.Шилов томонидан яратилган.

Ютилаётган модда концентрацияси бошланғичдан «ўтиб кетиш» концентрациясигача ўзгараётган адсорбент катламининг h_0 кисми ***ишчи катлам*** дейилади. Ушбу жараёнга тўғри келадиган вакт – ***ҳимоя қилиш вақти*** дейилади.

Абсорбция динамикаси. Қўзғалмас грануллланган адсорбент катлами оркали газни ҳайдаб уларни тозалаш ва ажратишнинг адсорбцион усули жуда кенг таркалган. Бунда, тозалаш ёки ажратиш жараёнлари маълум бир конуниятларга бўйсунади. Адсорбция жараёни динамикасини ифодалаш учун изотерма ботик, чизикли ёки бўртиклигини билиш муҳимдир.

Сорбент катлами оркали газ узатилганда газ ва каттик фазаларда ютилаётган модда концентрация майдони ҳосил бўлади. Ушбу майдон нукталарининг ҳаракати қуйидаги тенглама ёрдамида топилади:

$$u=\frac{w}{1+f'(c)} \qquad (1.9)$$

бу ерда, u – сорбент катлами бўйлаб аник бир концентрацион нуктанинг ҳаракат тезлиги, м/с; w – катламдаги газнинг тезлиги, м/с; $f(c)=da/dc$, бунда $a=f(c)$ – изотерма тенгламаси; c – газ фазадаги адсорбат концентрацияси

Ордината ўкига нисбатан бўртик изотермалар учун $c_2>c_1$ да функция ушбу кўринишга эга $f(c_1)>f(c_2)$. Викке тенгламаси (1.9) га биноан, сорбент катлами бўйлаб паст концентрацияга оид нукталар ҳаракати юкори концентрацияли нукталарга караганда сустрок. Юкори концентрацияли нукталар паст концентрациялиларга етиб, маълум вакт ўтиши билан концентрация майдонида бошланғичга сон жиҳатдан тенг ютаётган модданинг яккаю-агона концентрация киймати ўрнатилади. Натижада сорбцион кўлам ҳосил бўлиб, катламда у ўзига параллел равишда ҳаракат килади ва сорбент катламларини бирин-кетин ювиб ўтади. Умуман олганда, турли омил (масалан, қурилма кўндаланг кесими бўйича тезликнинг ҳар хиллик) лар таъсирида сорбцион кўлам катламнинг кайсидир бир участкасида диффузион ювилиб бузилади. Бунда, газ фазадаги адсорбат концентрацияси c_0 дан c_1 гача таксимланади. Бу ерда c_1 сакраб ўтиш концентрацияси ва у ютилаётган модданинг энг кичик концентрациясидир. Ушбу кўрсаткич сорбент катламининг қурилмадан чикишида аналитик усулда ҳисобланади.

Сорбцион фронтнинг диффузион ювилиб бузилиши окибатида адсорбентда жараён тўлик кечмайди. Ушбу ҳолат динамик фаолликни ифодалайди ва у сон жиҳатдан

адсорбент қатламидан ўтганда сакраб ўтиш концентрацияси c_1 етгунга қадар ютилган модда миқдорига тенг. Сорбентнинг динамик фаоллиги ҳар доим мувозанат фаоллигидан кичик бўлади. Сон жиҳатдан ушбу динамик фаоллик сорбент қатламидан ўтганда адсорбат бошланғич концентрацияси c_0 дан кейин ютилган модда миқдорига тенгдир.

Ҳосил бўлган сорбцион кўламнинг ҳаракат тезлиги қуйидаги баланс тенгламаси ёрдамида ифодаланади:

$$u = \frac{w \cdot c_0}{a_0 + c_0} \qquad (1.10)$$

бу ерда, a_0 – сорбентнинг мувозанат фаоллиги, моль/см^3

Қатламнинг ҳимоя қилиш вакти τ ва унинг баландлиги h орасидаги боғлиқлик (1.2-расм) ушбу тенглама оркали аникланади:

$$\tau = kh - \tau_0 \qquad (1.11)$$

бу ерда, τ – сорбент қатламининг ҳимоя қилиш вакти, $k=1/u$ – ҳимоя қилиш вакти, τ_0 – ҳимоя қилиш вактининг йўқотилиши.

Изотермалар чизиқли ва ботиқ шаклли бўлганда турғун адсорбцион фронт ҳосил бўлмагани учун (1.11) формулани қўллаш мумкин эмас. Агар изотерма ботиқ бўлса, адсорбция жараёни динамикасини (1.9) формулада ҳисоблаш мумкин.

1.3.2. Газларни тозалаш учун адсорбентлар

Мамлакатимиз иқтисодиётининг турли соҳаларида қўлланиладиган адсорбентлар ғоваксимон ва иложи борича катта солиштирма юзага эга бўлиши керак. Кимё, нефть-газ ва бошка саноатларда фаолланган кўмир, силикагел, алюмогел, цеолит, целлюлоза, ионитлар, минерал тупрок (бентонит, диатомит, каолин)лар ва бошка материаллар адсорбент сифатида ишлатилади. Албатта, адсорбентлар маҳсулот билан бевосита таъсирда бўлгани учун зарарсиз, мустаҳкам, заҳарлимас ва маҳсулотни ифлос килмаслиги керак.

Адсорбентлар модданинг масса бирлигига нисбатан жуда катта солиштирма юзали бўлади. Унинг капилляр каналлари ўлчамига караб 3 гуруҳга бўлинади, яъни макроковакли (>$2\cdot10^{-4}$ мм), оралик ковакли ($6\cdot10^{-6}$...$2\cdot10^{-4}$ мм) ва микроковакли ($2\cdot10^{-6}$...$6\cdot10^{-6}$ мм) бўлади. Шуни таъкидлаш керакки, адсорбция жараёнининг характери кўп жиҳатдан ковакларнинг ўлчамига боғлик.

Адсорбент юзасида ютилаётган компонент молекулаларининг миқдорига караб бир молекулали (мономолекулали адсорбция) ва кўп молекулали катлам (полимолекулали адсорбция) ҳосил килиш мумкин.

Адсорбентларнинг яна бир муҳим характеристикаси шундаки, бу унинг ютиш кобилияти ёки фаоллигидир. Адсорбент фаоллиги унинг бирлик массаси ёки ҳажмида компонент ютиш миқдори билан белгиланади. Ютиш кобилияти 2 хил, яъни статик ва динамик бўлади. Адсорбентнинг статик ютиш кобилияти масса ёки ҳажм бирлигида максимал миқдорда модда ютиши билан белгиланади.

Динамик ютиш кобилияти эса, адсорбент оркали адсорбтив ўтказиш йўли билан аникланади.

Адсорбентларнинг компонент ютиш кобилияти температура, босим ва ютилаётган модда концентрациясига боғлик. Ушбу шароитларда адсорбентнинг максимал ютиш кобилияти ***мувозанат фаоллиги*** деб номланади.

Адсорбентлар зичлиги, эквивалент диаметри, мустаҳкамлиги, гранулометрик таркиби, солиштирма юза каби хоссалари билан характерланади. Саноатда кўпинча гранула (2...7 мм)

кўринишидаги ёки ўлчамлари 50...200 мкм бўлган кукунсимон адсорбентлардан фойдаланилади.

Фаолланган кўмирлар одатда таркибида углерод бор ёғоч, торф, ҳайвонлар суяги, тошкўмир каби маҳсулотларни қурук ҳайдаш йўли билан олинади. Кўмир фаоллигини ошириш учун унга 900°С дан ортик температурада ҳавосиз термик ишлов берилади. Бунда, материал ковакларидаги катронлар экстрагент ёрдамида экстракция килиб олинади.

Фаолланган кўмирларнинг солиштирма юзаси – 600...1750 $м^2/г$, тўкма зичлиги – 250...450 $кг/м^3$, микроковаклар ҳажми – 0,23...0,7 $см^3/г$. Ундан ташкари, улар таркибида жуда кам миқдорда (<8%) кул бўлади. Яна шуни таъкидлаш керакки, ҳавода 300°С температурада фаолланган кўмир ёнади.

Фаолланган кўмирнинг майда кукунлари 200°С га якин температурада ёнади ва концентрацияси 17...24 $г/см^3$ бўлганда ҳаво таркибидаги кислород билан портловчи бирикма ҳосил килади. Адсорбция жараёнида тозалашнинг самарадорлиги адсорбентнинг ғоваксимон тузилишига боғлик бўлиб, бунда микроковак асосий роль ўйнайди. Фаолланган кўмирлар адсорбцион бўшлиғининг чегаравий ҳажми 0,3 $см^3/г$ лиги тозалаш жараёнида қўллаш тавсия этилади. Маълумки, микроковаклар ўлчами каталитик реакциялар тезлигини белгилайди. Микроковак ўлчами 0,8...1,0 мкм бўлган фаолланган кўмирлар оптимал деб ҳисобланади. Турли саноатда ок кайин БАУ, бук каби ёғочлардан олинган фаолланган кўмир, спирт-ректификатларни альдегид, кетон, мураккаб эфир, карбон кислоталар ва юкори молекулали бирикмалардан тозалашда ишлатилади. Айрим ҳолларда, фаолланган кўмирлар тозалаш билан бирга ҳид, ёкимсиз таъм, коллоид ва бошка кўшимча аралашмаларни ҳам йўкотади.

Фаолланган кўмир хоссалари. Фаолланган кўмир жуда юкори ғоваклиликка эга каттик жисм бўлиб, турли табиий органик углерод таркибли материаллардан, яъни хока (ёғоч) кўмир, тошкўмир кокси, нефть кокси, кокос қобиғи, ёнғок кобиғи, данак ҳамда уруғлар кобиклари ва бошкалар.

Фаолланган кўмир 87...97% (масс.) га углероддан таркиб топган, аммо унинг таркибида водород, кислород, азот, олтингугурт ва бошка моддалар ҳам бўлиши мумкин.

Тузилиши бўйича фаолланган кўмирлар углероднинг микрокристаллик турлари гуруҳига тааллукли, яъни бу турда графитли кристаллитлар бўлиб, гексагонал ҳалкалардан ташкил топган 2...3 нм узунликдаги текисликлардан иборат. Лекин фаолланган кўмирларда графитлар учун хос бўлган айрим текисликларнинг бир-бирига нисбатан жойлашиши бузулган, яъни катламлар сурилиб колган ва текисликлари перпендикуляр йўналишда устма-уст тушмайди. Ундан ташкари, фаолланган кўмирлар таркибида графитли кристаллитлардан ташкари 0,33 дан 0,66 гача аморф углерод ҳамда гетероатомлар бор. Графит кристаллитлари ва аморф углеродлардан таркиб топган турли жинсли масса фаолланган кўмирнинг ўзига хос ғоваксимон тузилишини ҳамда адсорбцион ва физик-механик хоссаларини белгилайди.

Фаолланган кўмир жуда кўп сонли ғоваклардан иборат бўлиб, юзаси катта жисмдир. Масалан, тайёрланиш усулига караб, фаолланган кўмирнинг 1 г юзаси 500...1500 $м^2$. Алоҳида таъкидлаш лозимки, шундай катта юза фаолланган кўмирни «фаолланган» деб аташга сабабчидир.

Фаолланган кўмирларда ўлчамига караб макро-, мезо- ва микроговакли бўлади (1.2а-расм). Ғоваклар чизикли ўлчами – L бўйича классификацияланади. Агар ғоваклар тиркишсимон бўлса, унинг ярим эни, цилиндрик ёки сферик бўлса, радиуси бўйича белгиланади, яъни:

– $L < 0,6...0,7$ нм – микроғоваклар;

– $0,6...0,7 < L < 1,5...1,6$ нм – супер-микроғоваклар;

– $1,5...1,6 < L < 100...200$ нм – мезоғоваклар;



1.2а-расм.

– $L > 100...200$ нм – макроғоваклар.

Микроғоваклар (солиштирма ҳажм 0,2-0,6 $см^3/г$ дан 800-1000 $м^2/г$ гача) да адсорбциялаш ҳажмий тўлдириш механизми бўйича кечади, чунки ғоваклар ва заррачалар ўлчамлари тахминан бир хил.

Супер-микроғовакли (солиштирма ҳажм 0,15-0,2 $см^3/г$) фаолланган кўмирларда ҳам худди шундай механизм бўйича кечади. Бу оралиқ ўлчамли фаолланган кўмирларда микроғоваклар таъсири камайиб, йўкка айланади ва мезоғовакларнинг хоссалари тўлик намоён бўлиб бошлайди.

Мезоғовакларда адсорбцияланиш механизми кетма-кет адсорбцион катламлар (полимолекуляр адсорбция) ҳосил бўлиши, охирида эса – капилляр конденсация механизми бўйича ғовакларнинг тўлиши билан якунланади.

Оддий кўмирларнинг солиштирма ҳажми 0,02-0,10 $см^3/г$, солиштирма юзаси 20-70 $м^2/г$; аммо айрим фаолланган кўмирларда ушбу кўрсаткичлар 0,7 $см^3/г$ ва 200-450 $м^2/г$ бўлади.

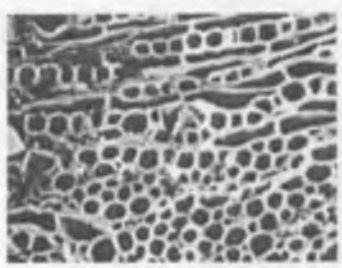
Макроғоваклар (солиштирма ҳажм ва юза тегишли равишда 0,2-0,8 $см^3/г$ и 0,5-2,0 $м^2/г$) транспорт ва узатувчи канал вазифасини бажаради. Микро- ва мезоғоваклар фаолланган кўмирнинг асосий кисмини ташкил этади ва унинг адсорбцион хоссаларига энг катта ҳисса кўшадилар. Микроғоваклар кичик ўлчамли, мезоғоваклар эса йирик органик молекулаларни адсорбциялаш учун юкори самара беради.



1.2б-расм.

Фаолланган кўмир ғовакларида молекулалараро тортишиш кучи мавжуд бўлгани учун адсорбцион (Вандер-Ваалс) кучлари ҳосил килади (1.2б, 1.2в-расм). Бу кучлар суюк ёки газсимон турли жинсли системалардан моддаларни чўкиш жараёнига ўхшаш реакцияни келтириб чикаради. Ажратиб олинаётган заррачалар фаолланган кўмир юзасида молекулалараро Ван-дер-Ваалс кучлари ёрдамида ушлаб колинади. Фаолланган кокос ва тошкўмирларнинг ғоваклари 1.2г ва 1.2д-расмларда тасвирланган.

Айрим моддалар фаолланган кўмир юзасида ёмон адсорбцияланади. Бундай моддалар каторига: аммиак, олтингугурт диоксиди, симоб буғлари, водород сульфид, формалдегид, хлор, цианли водородлар киради. Бу турдаги моддаларни самарали адсорбциялаш учун фаолланган кўмирлар махсус кимёвий моддалар билан шимдирилади. Бу турдаги адсорбентлар ҳаво ва сувни тозалаш, ҳарбий ва атом саноатларида кенг кўламда кўлланилади.



1.2в-расм.



1.2г-расм.



1.2д-расм.

Турли алюмогелларнинг кўрсаткичлари 1.2-жадвалда келтирилган. Фаолланган алюминий оксидининг самарадорлигини белгиловчи асосий кўрсаткич – бу унинг адсорбцион сиғимидир. Адсорбцион сиғим адсорбент юзасидаги марказларнинг реакцион кобилиятига боғлик ва юзадаги бирлик майдонда адсорбцияланган намлик ҳажми билан белгиланади.

Нисбий намлик 10 ва 60% даги статик адсорбцион ҳажмни ифодалаш учун $E_{0,1}$ ва $E_{0,6}$ каби белгилардан фойдаланилади.

1.2-жадвал

№	Кўрсаткич	Алутак					
		A	A	D	D	A	D
		Шарлар диаметри, мм					
		1.5...3	2...5	2...5	2,5...5	4...8	4...8
1.	Солиштирма юза, $м^2/г$	320	325	335	335	320	330
2.	Ғоваклар ҳажмининг йигиндиси, $см^3/100$ г	44	44	44	44	44	44
3.	Тўкма зичлик, $кг/м^3$	800	830	830	780	770	770
4.	Гранула эзилишидаги мустаҳкамлиги, Н	120	190	190	210	430	440
5.	AlF буйича едирилишга бардошлиги, %	99,3	98,7	99,5	99,3	98,0	99,2
6.	Na_2O нинг массавий улуши, %	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
7.	$E_{0,6}$ нисбий намликдаги статик адсорбция, %	21,0	21,0	21,5	21,5	20.5	20,8

Силикагеллар – бу кремний кислота гелининг сувсизлантирилган маҳсулотидир. Ушбу адсорбентлар натрий силикат эритмаларига кислота ёки туз эритмаларининг таъсири натижасида олинади. Ушбу сорбент жуда ривожланган ғовакли тузилишли бўлиб, унинг скелети SiO_2 нинг майда шарсимон заррачаларидан таркиб топган. Силикагел ташки юзаси гидрооксил гуруҳлари билан қопланган ва унинг адсорбцион хоссаларига катта таъсир кўрсатади. Силикагелларнинг солиштирма юзаси 400...780 $м^2/г$, тўкма зичлиги эса 100...800 $кг/м^3$. Силикагел гранулалари 7 мм гача бўлиши мумкин. Бу адсорбент бошка адсорбентларга караганда ёнмайди, механик жиҳатдан мустаҳкам бўлади.

Силикагел қутбланган моддаларни ҳамда гидроксил ионлар билан водородли боғ ҳосил киладиган бирикмаларни осон адсорбциялайди. Қутбланмаган моддалар асосан майда ғовакли силикагелларда дисперсион ўзаро таъсир окибатида тозалайди. Бунда, силикагел юзасининг кимёвий ҳолати жараёнга сезиларли таъсир этмайди.

Амалий жиҳатдан силикагелларни регенерация килиш температурасининг таъсири катта аҳамиятга эга, чунки силикагел юзасининг кимёвий ҳолати ўз фаоллигини нисбатан паст (200°С дан) температураларда десорбция килингандагина саклаб колади. Десорбция кўпинча курук газ билан амалга оширилади.

Юкори температураларда регенерация килиш ғоваксимон тузилишни ва сорбент юзасини қайтмас равишда ўзгартириб юборади. Капилляр ғовакли сорбентлар, макроғоваклиларга караганда температура таъсирига анча сезгир. Узок муддат давомида юкори температурали сув буги ёки иссиқ ҳаво билан регенерация килиш сорбент фаоллигини кескин равишда пасайтиради. Шу сабабли, регенерация жараёни нисбатан паст ва юмшок температураларда ўтказилади.

Цеолитлар – табиий ва сунъий минерал ҳолатида бўлиб, кристаллик ҳолатдаги алюмосиликатнинг сувли бирикмаси. Цеолит панжарасида бир кисм Si^{4+} ионлар Al^{3+} ионларига алмашган бўлгани учун панжара турли катионлар билан компенсация килинадиган ортикча манфий зарядга эга. Сорбентнинг бундай ўзига хос тузилиши цеолитнинг хилма-хил шаклларини синтез килиш имконини беради. Натижада, катион заряди ва микдорининг, кремний ва алюминий ионлари нисбатларининг турлилиги билан характерланувчи ҳамда кристаллик панжара турлари билан ажралиб турувчи сорбентлар яратиш мумкин.

Ушбу адсорбент сувда ва органик эритмаларда эримайди. Сунъий цеолит ғоваклари ўлчами сорбцияланаётган молекула ўлчамига якин бўлгани учун, ғовакларга кириётган молекулаларни адсорбция кила олади. Бу турдаги цеолитлар ***молекуляр элаклар*** деб номланади. Цеолитларнинг айрим турлари эритма, суспензия ва шарбатларни концентрлаш учун ишлатилади.

Цеолитлар юкори ютиш кобилиятига эга бўлгани учун, газларни ва суюкликларни кисман куритиш ёки сувсизлантириш учун ҳам қўлланилади. Цеолитлар, кўпинча 2...5 мм диаметрли гранула кўринишида ишлаб чикарилади.

Саноатда *A* ва *X* типидаги цеолитлар кенг кўламда қўлланилади. Ушбу цеолит

кристаллик панжара ҳосил қилувчи элементлари орасида катта бўшлиқлар бўлади. Элементларининг ўзи эса кичик ўлчамли бўшлиқлардан иборат. *B* ва *X* типидаги цеолитлар катта ғовакларининг диаметри 11,4 ва 11,6 $\mathring{A}$. Улар орасидаги фарк катта говакка олиб борувчи тешик ўлчами билан белгиланади. *A* типидаги цеолитларнинг катта ғоваклар диаметри 4,2 $\mathring{A}$ ли саккизга ажралган кислородли тешик билан, катта ва кичик ғоваклар эса диаметри ~2,5 $\mathring{A}$ ли олтига ажралган кислородли тешик билан бирлашади. *X* типидаги цеолитлар катта ғоваклари диаметри ~9 $\mathring{A}$ ли тешиклар билан бирлашади. Бирлаштирувчи тешик ўлчамига катионлар заряди ва радиуси таъсир қилади. Цеолитларнинг молекуляр-элаксимон принципда ишлаши молекулалар ва тешиклар ўлчамларига боғлик. Агар молекулалар ўлчами тешиклар диаметридан кичик бўлса, заррачалар кристаллик тузилиш ичига киради ва цеолит билан адсорбцияланади.

Термик ишлов цеолитлар хоссаларига турлича таъсир этади ва унинг таркибига боғлик. Масалан, кальций асосли цеолитлар 800°С да, натрийли 700°С да, литийли 640°С дан ортик температурада кайта тикланса, адсорбцион хоссаларини йўқотади.

Термик турғунлиги бўйича цеолитлар қуйидаги каторни ҳосил килади:

$$CaA \succ KA \succ NaA \succ LiA \succ NH_4A$$

Цеолитлар термик мўътадиллиги сув буғи билан ишлов берилгандан кейин пасаяди. Масалан, *NaA* цеолити 800°С да парчаланади ва турғунлиги 200°С температурагача сакланиб колади.

Тупроклар ва табиий тупроксимон адсорбентлар каторига бентонит, диатомит гумбрин, каолин, асканит, мураккаб кимёвий таркибли юкори дисперс системалар SiO_2, Al_2O_3, CaO, Fe_2O_3, MgO ва бошка металл оксидлари киради. Табиий тупроклар фаоллигини ошириш учун улар сульфат ва хлорид кислоталар билан кайта ишланади. Натижада кальций, магний, темир, алюминий ва бошка металл оксидлари чикариб юборилиши туфайли кўшимча ғоваклар ҳосил бўлади.

Бу тупроклар солиштирма юзаси 20...100 м^2/г, ғоваклар ўртача радиуси 3...10 м бўлади.

Катион алмашиниш сиғими ортиши билан тупрокларнинг тозалаш кобилияти кўпаяди. Одатда, тупроклар суюклик мухитларни тозалаш учун ишлатилади, масалан, ранг моддаларни кайта ишлаш натижасида махсулот окаради. Шунинг учун, айрим ҳолларда тупрокли адсорбентлар *оқартирувчи тупроқ* деб ҳам аталади.

Катализатор ичида кимёвий айланиш ва ўзаро таъсир этаётган модда диффузиялар тезликлари таккослаш катализаторнинг оптимал ғоваксимон таркиби кан бўлиши тўғрисида хулоса килиш имконини берди. Диффузион таркалиш тезлиги кимё айланишлар тезлигидан анча катта ва кичик тезликда борадиган реакциялар у ғоваклари ингичка таркибли катализатор қўллаш максадга мувофик. Катта тезли кечадиган реакциялар учун катализатор ичида ташки юзасига караганда кимё айланишлар тезлиги кичик бўлса, катализатор ғовакларининг ўлчами ўзаро таъсир модда молекулаларининг эркин босган масофасининг ўртача узунлиги (атмосф босимида 10^{-5} см, 30 МПа босимда ~ 10^{-5} см) га якин килиб олиш керак.

Турли жинсли таркибдаги катализатор ковакларининг ўлчами м молекулаларининг эркин босган масофасининг ўртача узунлигидан катта бў катализаторлар энг самаралидир, чунки ғовак деворлари юзаси катта ингичка, к капиллярлар билан тармокланган. Бундай шароит ва катализаторларда бир жи каталазиторларга караганда реакциялар тезлиги 10...100 маротабага ортади. Ю босимларда йирик ўлчамли ғовакларнинг борлиги ижобий самара бермайди, шу саб бир жинсли, ингичка ғовакли таркибдаги катализаторлар энг оптимал деб ҳисобланад

Оптимал ғовакли таркибни яратиш жуда мураккаб масала, лекин катали тайёрлашнинг бошланғич боскичида бу муаммони ҳал килиш мумкин.

Реакция вактида ички диффузион пасайиш ҳодисаси туфайли катализаторнинг бутун ҳажми жараёнда иштирок этмайди. Кинетик ва диффузион солиштирма каталитик фаоллигини солиштириш йўли билан ишчи қатлам қалинлиги аниқланиши мумкин. Саноат технологик қурилмаларида катализатор қатлами ҳажмининг 20...40% гина фойдали ишда қатнашади. Бундан хулоса килганда, жараёнга ички диффузион пасайиш таъсирини камайтириш максадида катализаторнинг геометрик юзасини ошириш керак. Бунинг энг осон ва қулай йўли, катализатор тайёрланадиган заррачалар ўлчамини кичиклаштириш даркор. Лекин бу йўналиш афзаллиги билан бирга бир қатор камчиликлари ҳам бор, яъни катализатор қатламининг гидравлик қаршилиги ортиб кетади, чунки унинг миқдори учинчи даражадаги бўш ҳажм улушига тескари пропорционалдир. Шунинг учун, кенг кўламда ички бўш цилиндр, турли шаклли бўлакчалар, уяли плиталар ва ҳоказоларнинг қўлланиши ўсиб бормокда.

Саноат миқёсида ишлатиладиган катализаторлар говакли таркиб ва фаолликдан ташқари қуйидаги хоссаларга эга бўлиши муҳим аҳамиятга эга:, селективлик, мўътадиллик, мустаҳкамлик ва тўкма зичлик. Катализатор мўътадиллиги узок муддат давомида газ аралашмасининг температураси таъсирида турғун ишлаши билан белгиланади. Катализатор мустаҳкамлиги – бу катализатор заррачаларининг едирилиш даражаси. Ушбу иккита кўрсаткич катализатор ишлаш муддатига таъсир килади. Катализатор селективлиги – асосий ва иккиламчи маҳсулотлар миқдорлари нисбати билан ифодаланади.

Газларни тозалашда иккиламчи реакциялар кечиши максадга мувофик эмас, чунки бунда жараёнларнинг технологик схемалари мураккаблашиб кетади. Тўкма зичлик – катализаторнинг кимёвий таркиби ва шаклланиш шароитларига боғлик. Ушбу катталик тегишли қурилмаларни ҳисоблашда инобатга олинади. Кўпчилик катализаторлар кайта тикланади ва яна узоқ муддат давомида ишлатилиши мумкин.

Катализаторларни танлаш кўпгина омилларга боғлик бўлиб, катализатор ва у билан ўзаро таъсирда бўладиган моддаларнинг контакти тўғрисида тажриба маълумотларига таянган эмпирик ва ярим эмпирик усулларга асосланган.

Каталитик тозалаш усулларининг энг асосий афзаллиги – бу газларни юкори даражада тозалашга эришиш мумкин. Каталитик тозалаш усулида газларни юкори даражада тозалаш чегараси маълум босим ва температурада кечаётган реакциянинг кимёвий мувозанат шароитлари билан белгиланади. .

Газларни каталитик усулларда тозалашнинг камчиликлари:

– каталитик реакция натижасида янги моддалар ҳосил бўлиши ва газ таркибидан уларни кимёвий боғлаш, абсорбция ёки адсорбция усулларида ажратиб олиш мумкин. Натижада, реакциянинг қўшимча маҳсулотларини ажратиш зарурати туғилади ва бу ҳол газ тозалаш жараёни самарадорлигини пасайтиради. Шунинг учун, каталитик усулларни лойиҳалаш даврида реакция натижасида ҳосил бўлаётган қўшимча маҳсулотларни системадан осон ажратиш масаласини ҳал этиш керак.

1.4. Табиий газни юкори углеводородлардан уюрмавий трубада тозалаш

Уюрмавий самара (эффект) ёки Ранк самараси Ранк исмли олим томонидан ихтиро килинган.

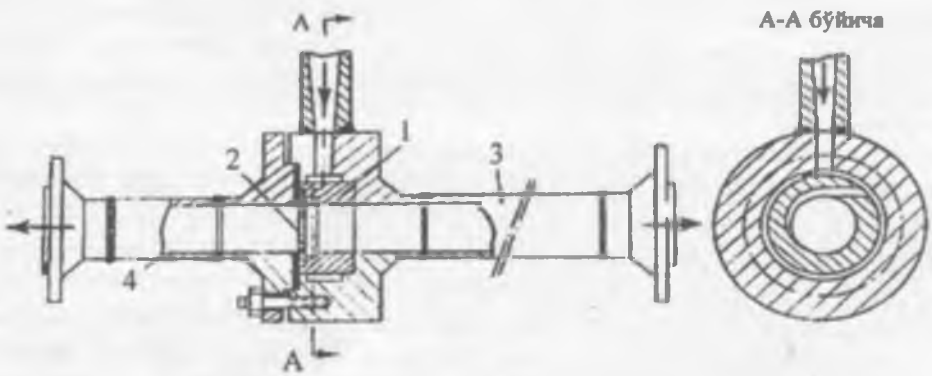
Газ аралашмасини уюрмавий трубада кенгайиши даврида совук ва иссик окимларга ажратиш жараёнига *уюрмавий самара* деб номланади. Уюрмавий труба конструкцияси 1.3-расмда тасвирланган.

Газ окими трубага тангенциал жойлаштирилган сопло орқали товуш тезлигида узатилади. Труба ичида газнинг айланиши туфайли окимнинг бир кисми диафрагма томон йўналишини ўзгартиради. Бунда ўк атрофидаги газлар совийди, унинг ташқарисидаги катлам кизийди. Окимни совитиш самарадорлиги оддий дроселлаб олинадиган Жоул-Томсон самарадорлигидан анча ошиб кетиши мумкин. Масалан, газни 0,3...0,6 дан 1 МПа

гача кенгайиши окибатида 20...80% газнинг температураси бошланғич температурага нисбатан 20...70°С пасаяди, газнинг қолган қисми эса қизийди.

Ранк самараси газнинг трубага киришдан аввалги босими P_1 нинг ундан чиқишдаги босими P_2 ларнинг нисбатига тахминан тўғри пропорционалдир, агарда $(P_1/P_2) \leq 4...5$. Агар босимлар нисбати кўрсаткичини янада ошириб борсак, ажратиш самараси пропорционал равишда эмас, балки камрок кўпаяди ва ниҳоят $(P_1/P_2) > 11...13$, ўсиш умуман тўхтайди. Уюрмавий самара абсолют температура камайишига тўғри пропорционалдир. Уюрмавий трубада газ кенгайиши давридаги умумий совитиш самараси Жоул-Томсон ва Ранк самараларининг йиғиндисига тенг.

Совук оким улуши χ=0,2…0,3 бўлганда максимал совитиш самарасига, χ=0,5…0,6 бўлганда эса максимал совуклик ишлаб чикаришга эришиш мумкин. Окимлар нисбатини ростлаш учун трубанинг иссик учида вентил ўрнатилган. Газ босими 0,6 дан 0,1 МПа гача кенгайтирилганда дросселлашганга караганда уюрмавий труба совитиш ф.и.к. 14 баробар кўп, детандердагига нисбатан 3,2 маротаба кам.



1.3-расм. Уюрмавий труба:
1-бир соплоли диффузор, 2-диафрагма, 3-иссик оким трубаси, 4-совук оким трубаси.

Уюрмавий самара ҳаво, метан, водород, аргон, гелий, аммиак, углерод диоксиди, сув буғи ва бошқа газ ҳамда буғлар учун батафсил ўрганиб чиқилган. Изланишлар натижаси шуни кўрсатдики, уюрмавий трубада газни совитиш унинг таркиби жуда оз миқдорда боғлик. Турли газлар учун иссиклик бериш коэффициенти α ни қайта ҳисоблаш коэффициентлари 1.3-жадвалда келтирилган

1.3-жадвал

№	Газ	c_p/c_v	α ни қайта ҳисоблаш коэффициенти
1	Гелий	1,67	1,47
2	Водород	1,41	1,20
3	Ҳаво, азот	1,40	1,18
4	Метан	1,31	1,00

Метан учун совитиш самараси 1,0 тенг деб олинган.

Турли газларни совитиш ва иситиш самараларининг тажриба маълумотлари 1.4-жадвалда келтирилган.

1.4-жадвал

χ, кг/кг	Ҳаво		CH_4		CO_2		NH_3	
	$\Delta t_{совув}$	$\Delta t_{иссик}$	$\Delta t_{совув}$	$\Delta t_{иссик}$	$\Delta t_{совув}$	$\Delta t_{иссик}$	$\Delta t_{совув}$	$\Delta t_{иссик}$
P_1=3 атм	t_1=20°С		t_1=21°С		t_1=1,5°С		t_1=17°С	
0,2	29,5	7,5	22,0	5,4	18,0	4,4	20,0	5,0
0,3	29,5	12,4	25,0	10,7	22,5	9,5	21,0	9,0
0,4	29,5	19,5	25,0	16,7	22,5	15,0	18,5	12,5

0,5	27,0	27,0	22,0	22,0	20,0	20,0	15,5	15,5
0,6	22,0	33,0	18,7	28,0	17,0	25,4	12,5	19,0
0,7	18,0	42,0	14,0	32,0	13,0	30,0	9,3	22,0
0,8	12,0	48,0	-	-	9,0	36,0	7,0	27,3
P_1=5 атм	t_1=20°C		t_1=22°C		t_1=0,5°C		t_1=16°C	
0,2	37,0	9,0	38,0	9,5	36,0	9,0	32,0	8,0
0,3	38,0	16,3	40,0	17,0	34,6	14,8	30,0	13,0
0,4	35,5	23,5	36,0	24,0	29,0	19,3	27,0	18,0
0,5	27,5	27,5	28,0	28,0	24,5	24,5	23,5	23,5
0,6	22,0	33,0	22,0	33,0	20,0	29,5	20,0	29,5
0,7	18,0	42,0	17,0	40,0	15,0	34,4	15,0	34,5
0,8	12,0	44,0	-	-	-	-	-	-

Соддалашган ҳолда уюрмавий самаранинг моҳияти қуйидагича: соплодан газнинг адиабатик окиб чиқиши натижасида газнинг термодинамик температураси T ушбу қийматга пасаяди:

$$T = T_0 - \frac{u^2}{2g \cdot c_p \cdot A} \qquad (1.12)$$

бу ерда, T_0 – секинлашиш температураси, К, u – газ тезлиги, м/с, g – эркин тушиш тезланиши, м/с^2; c_p–газ иссиқлик сиғими, ккал/кг°С, A=427 кгм/ккал

Секинлашиш температураси T_0 ўзгармас бўлиб қолади. Уни пасайтириш учун газ оқимининг кинетик энергиясининг бир қисмини қайсидир усулда олиш керак. Ушбу жараённи детандерда самарали ўтказиш мумкин, механик иш бажарилади. Уюрмавий трубада газ оқимининг кинетик энергияси бошқа оқимга узатилади, натижада биринчи оқим совийди, иккинчиси эса исийди.

Ички ишқаланиш кучлари ҳисобига бир йўналишда айланаётган икки оқимнинг иссиқлик ва кинетик энергиялар билан алмашиниши қарама-қарши ҳаракатланаётган оқимлар турбулент режимида содир бўлади. Бундай ҳолларда диафрагма олдида тахминан бир хил термодинамик температура ва ўзгармас бурчак тезлигининг айланиши ўрнатилади. Агар ички оқимнинг тезлиги нолга тенг бўлганда, совитиш самараси максимал қийматни олган бўлар эди. Лекин ушбу тезлик нолга тенг бўлмайди ва амалиётда у жуда катта бўлади. Уюрмавий трубада совитиш самарасининг тахминий қиймати ушбу формула оркали топилади:

$$\Delta t_{сов} = \frac{u_c^2 - u_r^2 - u_a^2}{2g \cdot c_p \cdot 427} + \Delta T_{дрос} \qquad (1.13)$$

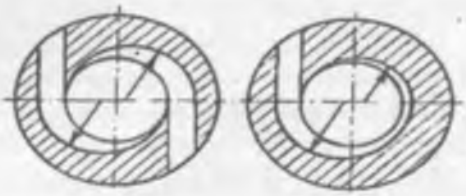
бу ерда, u_c – соплодан газ окиб чиқишининг ўртача тезлиги, м/с; u_r – совуқ оқимнинг ўртача тангенциал тезлиги, м/с, u_a – совуқ оқимининг ўртача аксиал тезлиги, м/с; $\Delta T_{дрос}$ – дросселлаш ҳисобига температуранинг пасайиши, °С.

(1.13) тенглама совитиш самарасининг газлар хоссалари (босим, температура, совуқ оқим улуши) ва диафрагма ва сопло ўлчамларининг нисбатига боғлиқлигини ифодалайди.

Уюрмавий трубани ҳисоблаш учун сопло кўндаланг кесим юзаси f_c газнинг берилган сарфи ва босими учун аниқланади. Лекин шуни назарда тутиш керакки, соплонинг критик кесимида газнинг тезлиги товуш тезлигига тенг бўлиши шарт. Бу йўсинда тўғри бурчакли ва сопло баландлигининг энига нисбати 0,5:1 тенг икки соплоли кириш энг самаралидир (1.4-расм).

Газнинг тезлиги 30...40 м/с дан ошмайди деб ҳисоблаб, труба диаметри ушбу формуладан топилади:

$$d = 4{,}36\sqrt{f_c} \qquad (1.14)$$



а *б*

1.4-расм. Уюрмавий труба диффузори.
а-икки соплоли, б-бир соплоли

ёки (сопло думалок бўлса)

$$d = (4...4,5) \cdot d_c \tag{1.15}$$

Труба диаметри маълум бўлса, эмпирик нисбатдан диафрагма диаметрини аниқлаш мумкин:

$$d_д = (0,5...0,58) \cdot d \tag{1.16}$$

(1.13) формулани дифференциялаб, берилган $P_{кр}$, P_2 ва χ кийматларда $\Delta t_{сов}$ нинг максимал кийматига мос келадиган диафрагманинг оптимал кийматини ҳисоблаш учун ифодани оламиз:

$$d_д = 1,46\sqrt{\chi \cdot C \cdot d \cdot f_c} \tag{1.17}$$

(1.17) даги C параметр қуйидагига тенг:

$$C = \frac{P_{кр}}{P_2} \cdot \frac{T_1}{T_{сов}^0} \tag{1.18}$$

бу ерда, $P_{кр}$ – соплонинг критик кесимидаги босим, T_1 – соплонинг критик кесимидаги окимнинг температураси, $T_{сов}^0$ – совук оким секинлашиш температураси.

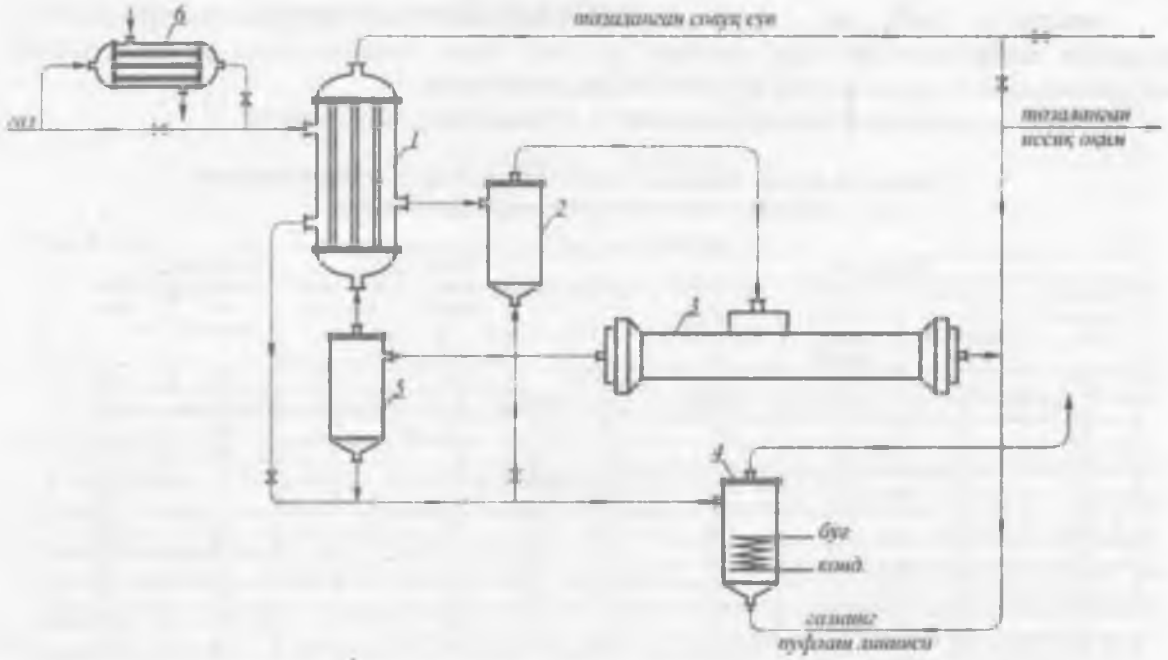
Иссик оким трубасининг узунлиги $l_{исс}=20d$, совукники эса – $l_{сов}=5d$ нисбатдан аникланади.

Табиий газни оғир углеводородлардан тозалашнинг технологик схемаси 1.5-расмда келтирилган.

. Табиий газ иситкич 1 га унинг тепа қисмидан босим остида трубалараро бўшлиққа узатилади ва бу ерда тозаланган газ оқими ёрдамида совутилади. Шу ернинг ўзида углеводородлар конденсацияланади. Сўнг, тангенциал кириш штуцерли сепаратор 2 оркали ўтган газ оқими уюрмавий труба 3 га узатилади ва бу ерда босим 2...5 маротаба пасаяди. Газнинг тахминан 50...80% тозаланган газ сифатида ажратиб олинади ва сепаратор 6 оркали ўтказилгандан кейин пастдан юкорига қараб иситкичнинг труба бўшлиғига юборилади.

Таркибида аралашмалар кўп бўлган иссик окимли газ бирмунча юкорирок босим остида чикади. Иссик окимнинг улуши канчалик кичик бўлса, босимнинг сон киймати шунчалик юкори бўлади.

Қурилма турғун ишлашининг асосий шарти бўлиб сопло оркали оқиб ўтаётган газ окимининг мўътадиллиги ҳисобланади, яъни қурилмага киришдаги p_1 босим ва $p1/p2 \le \beta$ ($\beta \approx 2$ – босимлар критик фарки). Агар газни истеъмол қилиш камайса, унинг сарфини ростлаш бир қисм газни ёқишга узатиш йўли билан ҳал қилинади. Иситкич ва сепараторларнинг трубалараро бўшлиғида йиғилиб коладиган конденсат вақти-вақти билан конденсат йиғгич 4 га тўкилади.



1.5-расм. Уюрмавий самара ёрдамида табиий газни оғир углеводородлардан тозалаш қурилмасининг схемаси:
1,6-иситкич, 2,5-сепараторлар; 3-уюрмавий труба; 4-конденсат йиғгич

Унинг бир қисми иситилган табиий газни узатиш даврида буғланади ва ёқишга узатилади. Уюрмавий трубагача бўлган иситкич 1 ва сепаратор 2 ларда ажралиб чиқаётган конденсат оғиррок углеводородлар билан бойитилган; уюрмавий трубадан кейинги сепаратор 5 дан ажраб чикадиган конденсат таркибида енгил учувчан компонентлар кўп бўлади.

Турли газларни совитиш ва иситиш самараларининг тажриба маълумотлари 1.5-жадвалда келтирилган.

Конденсат таркибидаги айрим углеводородлар концентрациялари

1.5-жадвал

Компонентлар	Максамал концентрац мол.%		Компонентлар	Максамал концентрац мол.%	
	2-қурилма	3-қурилма		2-қурилма	3-қурилма
Метан	0,6	0,7	Гексан	8.1	10,6
Этан	2,0	0,3	Метилциклопентан	5,5	4,2
Пропан	3,4	2.8	3-метилгексан	4,2	4,2
Изобутан	7,5	7,5	Циклогексан	18,4	19.7
н-бутан	3,0	2,9	Гептан	4,5	4.7
Изопентан	8.7	11,7	Бензол	18,2	16,2
н-пентан	8.5	11,9	Метилциклогексан	4.6	3,3
2,3-диметилбутан	7,0	9,3	Октан	8,2	5.8
3-метилпентан	3,0	4.0	колганлари	9,8	7,6

Газнинг қурилмага киришда ва уюрмавий трубанинг совуқ учидаги температураларнинг максимал фаркини тахминий киймати ушбу формуладан аникланади:

$$\Delta t_{max} \approx \frac{1}{1-\chi} \cdot (\Delta t_{ссс} - \chi \cdot \Delta t_{исс}) \qquad (1.19)$$

бу ерда, $\Delta t_{ссс}$ – иситкичнинг иссик учидаги температуралар фарки; χ – совук оким улуши.

Амалиётда ушбу Δt_{max} нинг киймати ҳисоблангандан пастрок, чунки оқимлар иссиқлик сиғимларининг ҳар хиллиги ва бир кисм совукликнинг углеводородлар кондеисациясига сарфланганлиги бунга асосий сабабчидир.

Қурилманинг асосий ишлаш режимлари 1.6-жадвалда келтирилган.

Уюрмавий самара ёрдамида табиий газни оғир углеводородлардан тозалаш қурилмасининг ишлаш режимлари

1.6-жадвал

Босим, атм				P_1/P_4	P_3/P_5	Совук оқим улуши χ, м³/м³	Температура °С		
Қурилмага кириш да P_1	Уюрмавий трубадан чиқишда P_2	Иситкичга киргунча совук оқим P_3	Иситкичдан чиққан совук оқим P_4				Қурилмага киришда	Иситкич-дан чиқишда	Совук оқим
30,5	-	10,5	8,5	3,60	-	0,6	-1	-28	-60
30,0	27	8,8	8,8	3,41	3,07	0,7	5	-25	-58
28,0	26	9,5	8,5	3,30	3,06	0,75	-1	-33	-57
23,0	21	9,8	8,5	2,70	2,50	0,7	0	-16	-34
21,0	20	8,0	7,5	2,80	2,50	0,7	2	-17	-36
20,5	19,5	8,0	7,4	2,78	2,70	0,7	5	-14	-38
20,8	20,0	8,8	8,6	2,42	2,27	0,9	6	-11	-33
18,5	17	9,0	8,2	2,06	2,07	0,7	-2	-14	-31
14,5	14	7,5	7,2	2,00	1,87	0,7	5	-9	-25
14,5	14	7,5	7,2	2,00	1,87	0,7	2	-17	-28
12,0	11	4,0	3,0	4,00	2,75	0,65	-8	-36	-62
9,5	8	2,5	2,3	3,80	3,50	0,7	4	-21	-48

Табиий газни тозалаш даражаси қурилмадаги иш режимларига боғлик. Уюрмавий трубада на-фақат конденсация жараёни содир бўлади, балки конденсат ёрдамида углеводородлар абсорбцияланади. Шу сабабли, оддий конденсацияга караганда уюрмавий трубада газнинг тозаланиш даражаси анча юкори. Тозаланган газда C_5 углеводород концентрацияси 2,5...3, унинг ўртача таркибдан четлашиши ҳам 2...3 баробарни ташкил этади. $C_6 - C_8$ углеводородлар концентрацияси хромотографик таҳлил асосида аникланади ва у температура -50...-60°С да 0,2...0,6 дан 0,02...0,03% гача, температура -42...-48°С да 0,04% гача ва температура -35°С да 0,06% гача пасаяди.

Узоқ муддат давомида ишлаши оқибатида қурилманинг ички юзаси углеводород гидратлари билан копланади. Тўхтовсиз ишлаш муддати температура режими, газ сарфи, унинг таркиби ҳамда иссиқлик алмашиниш юзасига боғлик. Юкорида кайд этилган қурилма ҳар 2...3 суткадан кейин температураси 50...100°С ли табиий газ билан иситилган ва ундан сўнг иссиқ газ ёндириб юборилган.

Ушбу жараён афзалликлари: содда, эксплуатацион ва капитал харажатлар кичик.

Камчиликлари: фақат C_5 ва ундан юкори углеводородларни тозалаш мумкин. Ундан ташкари, тозаланган газни босими труба қувуридаги босимдан 2...3 маротаба паст бўлган жараёнларда кўллаш мумкин.

1.4.1. Табиий газни юкори углеводородлардан каталитик деструктив гидрирлаш усулида тозалаш

Нафтен ва парафин углеводородларида экзотермик реакция билан тоза метан олиш йўлларидан бири бу каталитик деструктив гидрирлаш усулидир:

$$C_nH_m + \left(2n - \frac{m}{2}\right) H_2 \Leftrightarrow nCH_4 \qquad (1.20)$$

Мураккаб углеводородли молекулаларни водород муҳитида -С-С- богларни узиб каталитик парчалаш ва ҳосил бўлган бўлакларни гидрирлаш жараёни гидрогенолиз, гидрокрекинг, деструктив гидрирлаш ва деметилиллаш номи билан маълум.

Метаннинг юкори гомологларини гидрирлаш жараёни водород муҳитида никелли катализатор иштирокида 300...350°С температурада кечади. Жараён экзотермик.

Гидрирлаш жараёнининг асосий реакциялари:

$$C_2H_6 + H_2 \rightarrow 2CH_4 + 16197кал \quad (1.21)$$

$$C_3H_8 + 2H_2 \rightarrow 3CH_4 + 30360кал \quad (1.22)$$

$$C_4H_{10} + 3H_2 \rightarrow 4CH_4 + 43984кал \quad (1.23)$$

$$C_5H_{12} + 4H_2 \rightarrow 5CH_4 + 58035кал \quad (1.24)$$

$$C_6H_{14} + 5H_2 \rightarrow 6CH_4 + 71974кал \quad (1.25)$$

$$CO_2 + 4H_2 \rightarrow CH_4 + H_2O + 42651кал \quad (1.26)$$

$$CO + 3H_2 \rightarrow CH_4 + H_2O + 42651кал \quad (1.27)$$

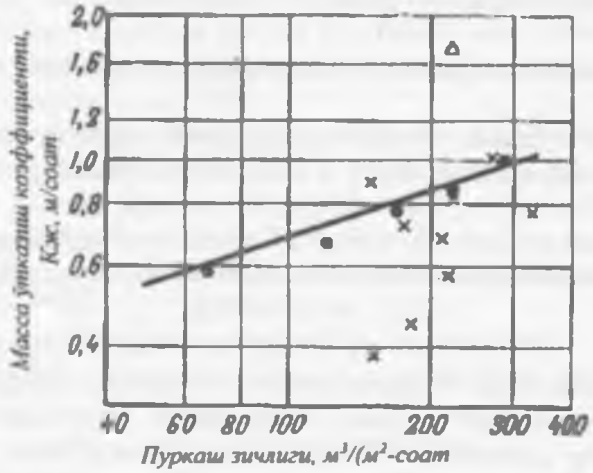
Тўлик гидрирлаш жараёнида водороднинг сарфи умумий тозаланаётган газ ҳажмининг 10...12% ни ташкил этади.

Дастлабки углеводород молекулаларида канчалик углерод атомлари кўп бўлса, уни шунчалик гидрогенолиз килиш осон бўлади. Бундан, табиий газни юқори углеводородлардан, шу жумладан пропан ва 70% этандан кисман тозалаш мумкин. Селектив гидрирлаш кисман ўтказилган ҳолларда тозалаш жараёни соддалашади ва тозаланган газ таннархи арзонлашади. Ушбу ҳолда қурилма унумдорлиги 2 баробаргача оширилиши мумкин. Пропандан бошлаб метан гомологларини селектив гидрирлаш учун водород сарфи табиий газнинг ҳажмининг 5...8% ни ташкил этади.

Қоракуя ҳосил бўлгунга кадар метан парчаланишининг олдини олиш учун метан гомологларини тўлик ва селектив гидрирлаш жараёни маълум миқдорда водородни ортиқчалигида ўтказилади. Бунда, тозаланган газда водороднинг миқдори тахминан 2% ни ташкил этади. Газ таркибидаги водород миқдорини пасайтириш мақсадида углеводородларни деструктив гидрирлаш юқори босимда ўтказиш мақсадга мувофик.

Деструктив гидрирлаш жараёнини қобик трубали, айрим ҳолларда токчали реакторларда амалга оширилади. Метан гомологларини селектив гидрирлашнинг технологик схемаси 1.6-расмда келтирилган.

Температураси 25°С ва босими 1,2 МПа бўлган табиий газ ҳажмий сепаратор 1 га узатилади ва газ конденсати ажратиб олинади. Сўнг, босим остида пуфланган газ билан аралаштирилиб қобиқ трубали иситкичнинг труба бўшлиғига ҳайдалади ва у ерда тозаланган газ иссиклиги ҳисобига 255°С температурагача исийди.



1.6-расм. Деструктив гидрирлаш усулида табиий газ таркибини мўътадиллаш технологиясининг схемаси:
1-сепаратор, 2-иситкич, 3-табиий газ иситкичи, 4-адсорбер, 5-деструктив гидрирлаш реактори, 6-иситиш камераси

Табиий газни ёқиш туфайли олинган тутун гази ҳисобига змеевикли иситкичда газнинг температураси 255°С гача кўтарилади. 335...350°С гача киздирилган табиий газ олтингугуртли аралашмалардан рух оксидли адсорбентда тозаланади. Сўнг, тозаланган газ реакторга деструктив гидрирлаш учун узатилади ва иссиклик алмашиниш курилмасидан ўтказилиб кейинги технологик жараёнга юборилади.

Тозалаш натижасида олинган газнинг тахминий таркиби қуйидагича бўлиши мумкин (1.7-жадвал).

Газнинг тахминий таркиби

1.7-жадвал

№	Газ	Тўлик гидрирлаш	Селектив гидрирлаш
1.	CH_4	89,28	88,83
2.	C_2H_6	-	3,54
3.	N_2	6,78	4,43
4.	H_2	1,58	2,00
5.	NH_3	-	0,44
6.	Ar	0,07	0,44
7.	CO_2	-	0,32
8.	H_2O	2,59	-

Катализаторни кайта тиклаш 400...500°С ли водородли газлар ёрдамида амалга оширилади.

Гидрирлаш усулининг афзаллиги шундаки, бу усул ёрдамида исталган тозалик даражасидаги газни олиш имкони бор.

Усулнинг камчиликлари: тоза водородда ишлаш талаб этилади; капитал сарфлар катта; газни олтингугурт аралашмаларидан юкори даражада тозалаш керак.

1.5. Газларни углерод диоксиди ва олтингугурт бирикмаларидан абсорбцион усулда тозалаш

Маълумки, кўпгина абсорбентларнинг водород сульфидни ютиш кобилияти углерод диоксидига караганда анча юкори. Шунинг учун ҳам водород сульфид учун абсорбция тезлиги углерод диоксидиникига нисбатан катта бўлади. Юкорида кайд этилганларни инобатга олган ҳолда водород сульфид ва углерод диоксиди газларини бир вактда тозалаш вактида жараённи секинлаштирувчи бўлиб CO_2 ҳисобланади.

1.5.1. Углерод диоксидини сув билан ювиб тозалаш усули ва курилмалари

Сув билан ювиб тозалаш – бу физик абсорбция жараёнидир. Жараённинг кинетик конуниятлари ва уни курилмалар билан жиҳозлаш бошка абсорбцион тозалаш усуллари учун ҳам тааллукли.

Углерод диоксиди сувда эриб эритмага ўтганда асосан эркин ҳолда бўлади. Қисман ҳосил бўлган кучсиз карбон кислотаси диссоциацияланади:

$$H_2CO_3 \Leftrightarrow H^+ + HCO_3^- \qquad (1.28)$$

Карбон кислотанинг диссоциацияланиш константаси жуда кичикдир. Углерод диоксидининг нисбатан паст парциал босимларида эритмадаги CO_2 нинг умумий миқдори ва p_{CO_2} лар орасидаги боғликлик тўғри чизик билан ифодаланади. Юкори босимларда CO_2 нинг эрувчанлиги Генри конуни бўйича олинган кийматдан пастрок ва температура ортиши билан камаяди.

Тозалаш учун ва таркибида турли минерал тузлар бўлган техник сувда CO_2 ва бошка компонентларнинг эрувчанлиги тоза сувдагига нисбатан бирмунча камрок.

Углерод диоксидини сув билан адсорбциялаш жараёни насадкали скрубберларда амалга оширилади. Насадка сифатида солиштирма юзаси катта бўлган турли шаклдаги жисмлар қўлланилади. Бундай шароитларда суюқлик ва газ фазалардаги диффузион каршиликлар тахминан бир хил деса ҳам бўлади. Шунинг учун, газ ($\beta_г$) ва суюқлик ($\beta_с$) фазалари учун масса бериш коэффициентларини билиш зарур.

Ҳалқасимон насадкали колонналарда абсорбция жараёнини ўрганиш шуни кўрсатдики, суюкликни пуркаш зичлиги, газнинг тезлиги ва температураси ортиши билан ҳажмий масса ўтказиш коэффициенти $K_c a$ кўпаяди ва босим ўсиши билан камаяди.

Насадкали скрубберларда газ фазасининг бўйлама ҳаракати туфайли масса алмашиниш жараёни ёмонлашади, айникса, суюк фазанинг юкори зичликда пуркалиши газ фазасининг курилмадан чикишда тўйинишига, яъни мувозанат ҳолатига якин бўлишига сабабчидир. Суюк фазанинг бўйлама аралашиши насадкали скрубберлар самарадорлигини пасайтириши мумкин. Ундан ташкари, газ ва суюк фазаларнинг таксимланишида кўндаланг нотекислик ва узок муддатли эксплуатация натижасида насадкаларнинг ифлосланиши скруббер самарадорлигига салбий таъсир этади.

Газларни сув билан ювиб CO_2 дан тозалашнинг технологик схемаси 1.7-расмда келтирилган. Маълумки, газларни сув билан ювиб тозалаш, бошка физик абсорбция жараёнлари каби босим остида ўтказилади. Босим ортиши билан сувни ҳайдаш учун электр энергия сарфи камаяди ва тозалаш даражаси кўпаяди. Агар жараён босимсиз ташкил этилган бўлса, унда сув билан тозалашдан аввал газнинг босими кўтарилади. Бунда, энергиянинг бир кисми CO_2 ни сикишга сарфланади. Босим қанчалик юкори бўлса, CO_2 ни сикишда шунчалик кўп энергия йўкотилади. Шунинг учун, оптимал босим мавжуд бўлиб, у қуйидаги омилларга: юриткич-насос-турбина агрегатининг ф.и.к., CO_2 концентрацияси ва бошқаларга боғлиқ.

Маълумки, 1...3 МПа босимлар оралиғида электр энергиянинг умумий сарфи босимга боглик эмас.

Тозаланган газда CO_2 нинг миқдори 2% дан кам бўлиши учун десорбция жараёнининг охирги боскичида десорбернинг пастки кисмида CO_2 нинг босими ушбу формула бўйича

$$y_{2н} = \frac{p_{2р}}{P} \qquad (1.29)$$

$p_{2р}$<0,06 МПа бўлиши керак. Демак, тозалаш ва дағал тозалаш жараёнларида десорбциянинг охирги боскичи вакуум остида ёки газни ҳаво билан пуфлаб ўтказиш лозим (1.7-расм). Сўнг, тозаланган газ сикилади ва углерод оксиди ва CO_2 дан мис-аммиакли ёки ишкорли тозалашга узатилади.

Абсорбердан чиқаётган юкори босимли сув энергиясини утилизация қилиш учун юриткич-насос-турбина агрегати ҳайдалади. Бунда, бир вактнинг ўзида CO_2 десорбцияланади. Ушбу газнинг кейинги десорбцияси охирги десорбер 7 ва десорбцион колонна 8 да амалга оширилади.

Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, CO_2 ни адсорбциялаш даврида бошка компонентлар ҳам ютилади.

Этаноламин эритмалари билан газларни CO_2 дан тозалаш.

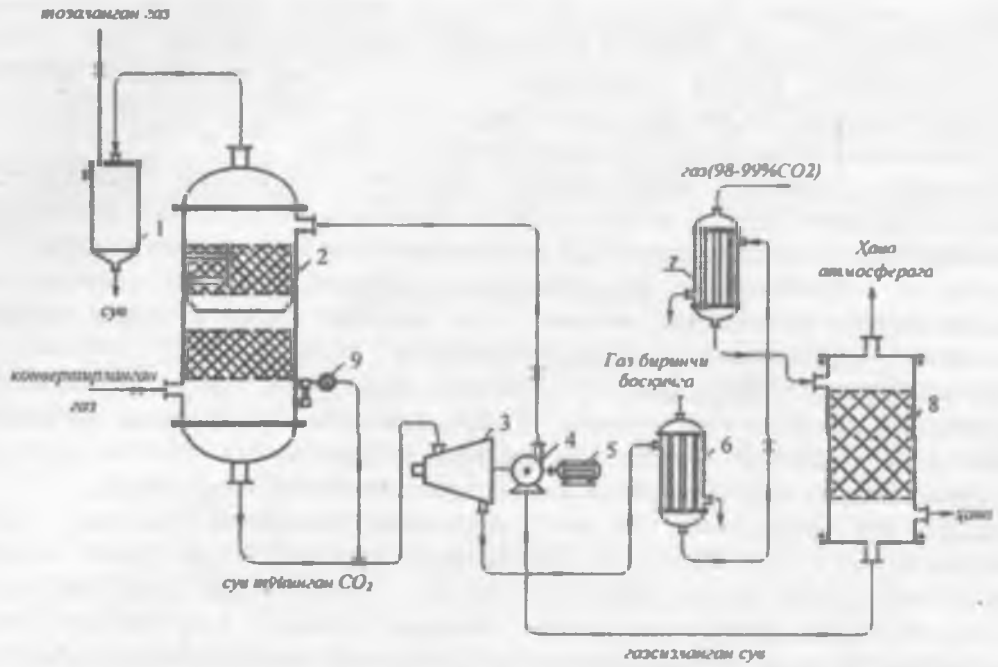
Моноэтаноламин (МЭА) нинг CO_2 билан ўзаро кимёвий реакцияси қуйидагича кечади:

$$CO_2 + 2RNH_2 + H_2O \Leftrightarrow (RNH_3)_2CO_3 \qquad (1.30)$$

$$CO_2 + (RNH_3)_2CO_3 + H_2O \Leftrightarrow 2RNH_3HCO_3 \qquad (1.31)$$

бу ерда, R - $OHCH_2CH_2$ – гурухи.

Ушбу тенгламалар CO_2 ни МЭА эритмаси томонидан ютилишини умумий схемаси деб караш мумкин. Натижада, охирги маҳсулот сифатида моноэтаноламмоний карбонати ва бикарбонатини олиш мумкин.



1.7-расм. Газларни сув билан ювиб CO_2 дан тозалаш технологиясининг схемаси:
1-сепаратор, 2-абсорбер, 3-турбина, 4-насос, 5-электр юритгич, 6-оралик десорбер, 7-охирги десорбер, 8-десорбцион колонна, 9-сатх ростлагич

МЭА молекуласи иккита қутбли функционал гуруҳ-гидроксил ва амин гуруҳларидан иборат бўлиб, ўзаро иккита метилен гуруҳли занжир билан боғланган. Ушбу функционал гуруҳлар CO_2 ва МЭА эритмасини иккита ўзаро таъсир йўналишини белгилаб беради.

МЭА ва CO_2 ўзаро таъсир реакцияси окибатида карбамин кислота ҳосил бўлиш билан кечади:

$$CO_2 + 2RNH_2 \Leftrightarrow RNHCOOH \qquad (1.32)$$

ва эритмада тўлиқ диссоциацияланади:

$$RNHCOOH \Leftrightarrow RNHCOO^- + H^+ \qquad (1.33)$$

Ўз навбатида, МЭА эритмасида қуйидаги мувозанат ўрнатилади:

$$RNH_2 + H_2O \Leftrightarrow RNH_3^+ + OH^- \qquad (1.34)$$

1.5.2. Газларни этаноламинларнинг сувли эритмалари билан тозалаш

Газларни этаноламинларнинг эритмалари ёрдамида тозалаш хемосорбциянинг типик жараёнидир. Саноат миқёсида энг таркалган усул – бу моноэтаноламин (МЭА) эритмалари ёрдамида тозалаш жараёнидир.

Этаноламинлар рангсиз, ковушқок гигроскопик суюклик бўлиб, сув ва спиртлар билан исталган нисбатда аралашади. Лекин водород боғлари ҳосил килиб, юқори даражада ассоциацияланган қутбсиз эритмаларда этаноламинларни умуман эритмайди.

Этаноламинлар этилен оксиди ва аммиаклардан синтез қилиниши мумкин:

$$(CH_2)_2O + NH_3 \Leftrightarrow HOCH_2CH_2NH_2 \qquad (1.35)$$

$$2(CH_2)_2O + NH_3 \Leftrightarrow (HOCH_2CH_2)_2NH. \qquad (1.36)$$

$$3(CH_2)_2O + NH_3 \Leftrightarrow (HOCH_2CH_2)_3N \qquad (1.37)$$

Ортиқча аммиак муҳитида температуранинг пасайиши охирги маҳсулотда моноэтаноламин миқдорининг кўпайишига олиб келади.

Этаноламинларнинг физик-кимёвий хоссалари

1.8-жадвал

№	Кўрсаткич	МЭА	ДЭА	ТЭА
1	Молекуляр оғирлик	61,08	106,1	149,2
2	Эриш температураси, °С	10,54	– 28	– 2
3	Қайнаш температураси, °С	171,0	271,0	-
4	*A*	1,0353	1,1135	1,1366
5	*B*	0,0008125	0,0007318	0,0006171

Этаноламинлар эриш температурасининг концентрацияга боғлиқлиги 1.8-расмда келтирилган.



1.8-расм. Этаноламинлар эриш температураларининг концентрацияга боғлиқлиги: 1–МЭА; 2–ДЭА; 3–ТЭА.

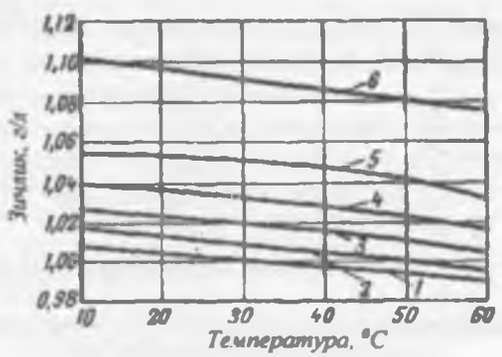
Сувсиз этаноламинлар зичлиги ва температураси t лар ўзаро боғлиқлиги тўғри чизиқли бўлиб, ушбу функция билан ифодаланади:

$$\rho = a - bt \qquad (1.38)$$

бу ерда, a ва b константалар 1.8-жадвалда келтирилган.

МЭА концентрацияси ортиши билан, яъни ~ 60% да, унинг зичлиги максимал қийматни олади. ДЭА ва ТЭА ларнинг концентрацияси ўсиши билан зичлиги узлуксиз равишда ошиб боради. Саноат миқёсида қўлланиладиган этаноламин (10...30%) лар зичликлари сувнинг зичлигидан озгина фарқланади.

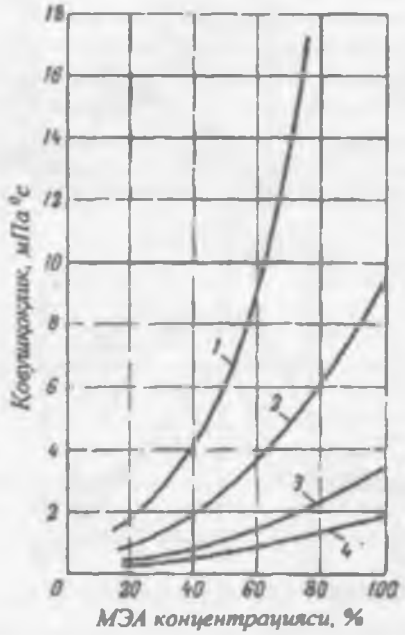
1.9-расмда МЭА зичлигининг температурага боғлиқлиги тасвирланган.



1.9-расм. МЭА эритмалари зичликларининг температурага боғлиқлиги.
1 – 15% ли МЭА эритмаси; 2 - 30% ли МЭА эритмаси;
3 – 15% ли МЭА+ 0,4 моль H_2S/моль МЭА эритмаси;
4 – 15% ли МЭА+ 0,2 моль CO_2+ 0,2 моль H_2S/моль МЭА эритмаси;
5 – 15% ли МЭА+ 0,4 моль CO_2 МЭА эритмаси; 6 – 30% ли МЭА+ 0,4 моль CO_2 МЭА эритмаси.

Кўриниб турибдики, карбонизациялаш даражаси эритма зичлигига МЭА нинг умумий концентрациясига караганда кўпрок таъсир этади. Ундан ташкари, водород сульфид этаноламинлар билан ютилганда зичликнинг ўзгариши ҳам тасвирланган.

1.10-расмда МЭА ковушкоклик коэффициентининг концентрацияга боғликлиги намоён этилган.



1.10-расм. МЭА эритмалари ковушкоклик коэффициентининг концентрация ва температурага боғликлиги:
1 – 20°С; 2 – 50°С; 3 – 80°С; 4 – 100°С.

Эритма концентрацияси ортиши ва температура пасайиши билан ковушкоклик коэффициенти ортади. Концентрация миқдори 20% дан кам бўлгандаги маълумотлар махсус адабиётларда берилган.

1.9-жавдалда МЭА нинг иссиклик ўтказувчанлик коэффициентининг айрим кийматлари келтирилган.

Моноэтаноламинлар иссиклик ўтказувчанлик коэффициентининг концентрацияга боғликлиги (Вт/м·К)

1.9-жавдал

№	температураси, °С	8% ли эритма	16% ли эритма
1	20	0,544	0,490
2	30	0,544	0,501
3	40	0,567	0,441
4	50	0,579	0,512
5	60	0,508	0,541
6	70	0,590	0,541
7	80	0,610	0,549

1.10-жавдалда МЭА нинг солиштирма иссиклик сиғимлари келтирилган.

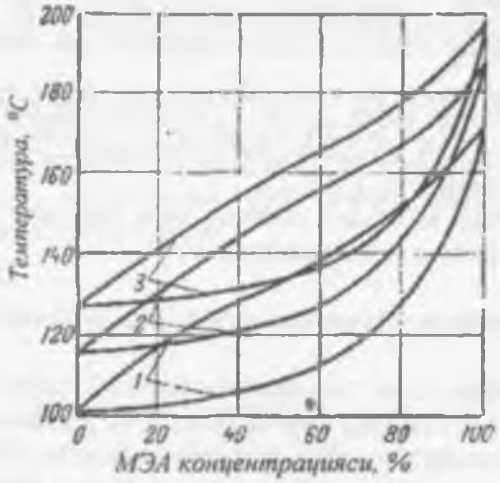
Моноэтаноламинлар солиштирма иссиклик сиғимининг концентрацияга боғликлиги (Ж/кг)

1.10-жавдал

№	Температура, °С	МЭА концентрацияси, %		
		8	15	25
1	10	3779,4	3716,2	3641,1
2	20	3758,4	3699,8	3624,3

3	30	3650,0	3691,4	3620,2
4	40	3745,9	3691,4	3616,0
5	50	3745,9	3687,2	3616,0
6	60	3745,9	3687,2	3620,2
7	80	3758,4	3708,2	3641,1
8	100	3779,4	3729,0	3662,1
9	120	3800,3	3750,0	3687,2
10	140	3825,5	3771,0	3708,2
11	160	3846,4	3787,8	3729,0

1.11-расмда МЭА нинг сувли эритмалари учун «буғ-суюқлик» мувозанати турли босимлар учун келтирилган.



1.11-расм. МЭА нинг сувли эритмалари учун «буғ-суюқлик» мувозанати.
1 - $p_{абс}$=0,096 МПа, 2 - $p_{абс}$=0,175 МПа, 3 - $p_{абс}$=0,246 МПа

1.5.3. Углерод диоксидини этаноламинларнинг сувли эритмалари билан ютилиш жараёнининг физик модели

Газ таркибидаги CO_2 ни МЭА билан тозалаш қуйидаги реакция билан ифодаланади:

$$CO_2 + 2RNH_2 + H_2O \Leftrightarrow (RNH_3)_2CO_3 \quad (1.39)$$

$$CO_2 + (RNH_3)_2CO_3 + H_2O \Leftrightarrow 2RNH_3HCO_3 \quad (1.40)$$

бу ерда, $R - OHCH_2CH_2$ – гуруҳи.

Ушбу тенгламалар МЭА эритмалари ёрдамида CO_2 ни ютиш умумий схемасини ифодалайди. Ундан ташқари, моноэтиленаммоний карбонати ва бикарбонатини охирги маҳсулот сифатида олиш имкониятини кўрсатади.

МЭА молекуласини иккита кутбли функционал гуруҳ – ўзаро иккита метилен гуруҳли занжир билан боғланган гидроксил ва амин гуруҳларидан таркиб топган.

МЭА эритмаси CO_2 билан реакцияга киришади ва карбамин кислота ҳосил қилади:

$$CO_2 + RNH_2 \Leftrightarrow RNHCOOH \quad (1.41)$$

ва у эритмада тўлик диссоциацияланади:

$$RNHCOOH \Leftrightarrow RNHCOO^- + H^+ \quad (1.42)$$

Ўз навбатида, МЭА нинг сувли эритмасида ушбу мувозанат ўрнатилади:

$$RNH_2 + H_2O \Leftrightarrow RNH_3^+ + OH^- \quad (1.43)$$

Диссоциация маҳсулотлари моноэтаноламмоний карбаматини ҳосил қилади:

$$RNHCOO^- + RNH_3^+ \Leftrightarrow RNHCOORNH_3 \quad (1.44)$$

Маълумки, CO_2 ҳам (2.34) формуладаги OH^- ионлари билан реакцияга киришади ва МЭА сув эритмасининг ишқорий реакцияси билан ифодаланади:

$$CO_2 + OH^- \Leftrightarrow HCO_3^- + OH^- \quad (1.45)$$

$$HCO_3^- + OH^- \Leftrightarrow CO_3^- + H_2O \quad (1.46)$$

Агар (1.46) га биноан реакция тез кечса, 1 моль CO_2 га 2 г-ион OH^- сарфланади. Лекин реакция тезлиги (1.45) тенглама билан белгиланади, яъни реакция тезлиги OH^- га пропорционалдир.

ДЭА эритмаси CO_2 билан реакцияга киришиши худди МЭА ники каби рўй беради ва ДЭА нинг иккита функционал гуруҳи билан ўзаро таъсирда бўлади:

$$CO_2 + HOCH_2CH_2NH_2 \Leftrightarrow H^+ + NH_2(CH_2)_2OCOO^- \quad (1.47)$$

ва қуйидаги реакция тезлиги каби ўтади. Реакция тезлиги шунчалик катта бўладики, $NH(CH_2CH_2OH)CH_2CH_2OCOO^-$ ионнинг ҳосил бўлиш ва парчаланиш тезлиги константасини аниқлаш мумкин бўлади. Концентрацияси паст ишқорли эритмада асосан карбаматлар ҳосил бўлади.

Триэтаноламин функционал амин гуруҳида водород йўқлиги учун карбамат ҳосил бўлмайди. Бундай ҳолатни, МЭА ва ДЭА ларга караганда ТЭА нинг кичик реакцион кобилияти билан изоҳлаш мумкин.

Этаноламин карбаматлари мўътадил система эмас. Шунинг учун, нордон ва юқори ишқорий эритмаларда тезда ва тўлиқ парчаланади.

1.5.4. Моноэтаноламин ёрдамида тозалашнинг технологик схемалари

Газларни углерод диоксидидан тозалаш жараёнида, юқорида қайд этилганлардан ташқари, қўшимча реакциялар ҳам бир вақтда кечади ва у аминлар йўқотилишига олиб келади. Ҳосил бўлган бирикмалар оддий усулда регенерация бўлмайди. Шуни алоҳида таъкидлаш лозимки, уларнинг айримлари коррозион фаол бўлиб, курилма ва труба қувурларнинг емирилишига сабабчи бўлади.

Маълумки, моноэтаноламин коррозион фаол модда эмас, балки коррозия ингибитори вазифаси ўтайди, яъни темир девор юзасида ҳимояловчи юпқа катлам ҳосил килади. Ушбу хосса ДЭА ва ТЭА ларга ҳам тааллуклидир. Аммо МЭА нинг айланиш маҳсулотлари эритмада йигилиб бориши билан коррозияни тезлаштирувчи модда вазифасини бажаради.

Кўпгина изланишлар шуни кўрсатдики, коррозия тезлиги бошланғич шароит (эритувчи сифати, газдаги кислород концентрацияси ва бошқа) ларга боғлиқ бўлмай, балки иккиламчи жараёнларни тезлаштирувчи, эритмада тўпланиб колган аралашмалар миқдорига тўғридан-тўғри богликдир. Агар эритманинг бир кисмини ҳайдашга олинса, колган эритмадаги аралашмалар концентрациясининг камайиши туфайли зарарли жараёнларнинг кечиш тезлиги секинлашади.

Газ таркибида олтингугурт бирикмаларининг мавжудлиги моноэтаноламиннинг кимёвий йўқотилишлари салмокли бўлишига олиб келади. Масалан, газдаги углероднинг олтингугурт оксиди МЭА билан ўзаро таъсир этиб 2-оксазолидон ва водород сульфид ҳосил килади.

Газ таркибида кислород бўлса, водород сульфид моноэтаноламин билан ўзаро таъсир этиб моноэтаноламин тиосульфат ҳосил қилади ва унинг тўпланиши эритувчининг абсорбцион сигимини кескин пасайтиради. Ишкор ва сода моноэтаноламин тиосульфатни парчалайди ҳамда бунда эркин аминлар ажраб чиқади.

Бошланғич (айникса, кокс) газ таркибида чумоли кислота, цианли водород ва бошка аралашмалар бўлиши мумкин.

Цианли водород, водород сульфид ва кислород МЭА билан бирга моноэтаноламин роданидини ҳосил килади:

$$RNH_2 + HCN + H_2S + 0.5O_2 = RNH_2HCNS + H_2O \quad (1.48)$$

Моноэтаноламин ва водород сульфиди ўзаро таъсири этиши туфайли, аввал N-этилолдитокарбамин кислотанинг моноэтаноламинли тузи:

$$2RNH_2 + CS_2 = RNHCSSH \cdot H_2NR \qquad (1.49)$$

парчаланади ҳамда изотиоцинли кислота ва водород сульфидлар эфирлари ҳосил бўлади:

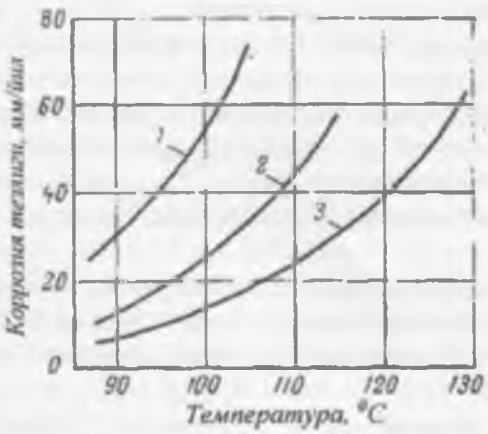
$$RNHCSSH \cdot H_2NR \Leftrightarrow H_2S + RNH_2 + RNCS \qquad (1.50)$$

Температура таъсирида барпо бўлаётган бирикмалар МЭА ҳосил килиб кисман парчаланади, лекин аминларнинг чикиши 45% дан ошмайди.

МЭА эритмада тўпланиб ва йўкотилишига сабабчи бўладиган аралашмаларнинг яна бир манбаи – эритма тайёрлаш учун ишлатиладиган сув, яъни унинг таркибидаги каттиклик тузлари ва бошкалар.

Эритмалар коррозион фаоллигининг ўсиши уларнинг ранги (рангсиздан корагача), чумоли кислота ионларининг ковушкоклиги ва концентрацияларининг кўпайиши билан белгиланади.

Углеродли пўлатнинг МЭА эритмаларидаги коррозия тезлигининг температура ва CO_2 концентрациясига боғликлиги 1.12-расмда кўрсатилган. Изланишлар натижасида Ст.3 нинг коррозия тезлиги Х18Н10Т легирланган пўлатникига караганда 100 баробарга юкоридир. Ундан ташкари, легирланган пўлат билан бирлашган жойида углеродли пўлатнинг коррозияси кескин ортиб кетади.



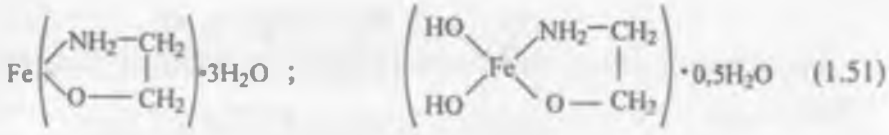
1.12-расм. Углеродли пўлатнинг МЭА эритмаларидаги коррозия тезлигининг температура ва CO_2 концентрациясига боғликлиги:
1 – 0,43 моль CO_2/моль МЭА. 2 – 0,37 моль CO_2/моль МЭА. 3 – 0,35 моль CO_2/моль МЭА

Коррозион дарз кетиш ва кристаллараро коррозияга 0Х21Н6М21 маркали пўлатнинг бардошлиги энг юкори. Нокулай шароитларда эксплуатация килиш ва коррозияга нисбатан махсус чоралар кўрилмаганда, коррозия фожиали тус олиши мумкин, яъни 5...6 ой ичида 100°С дан юкори температурада ишлаётган ҳамма қурилма ва машиналарни ишдан чикариши мумкин.

Эрозион-коррозион емирилишга ҳаттоки атроф-муҳит температурасида суюклик билан контактда бўлган қурилма ва машиналар ҳам дучор бўлади.

Коррозия кечиш механизми жуда мураккаб. Юкори температураларда металл темир ва карбон кислотаси орасида реакция бориши мумкин ҳамда эрувчан темир бикарбонати ҳосил бўлади. CO_2 ни регенераторда десорбциялаш жараёнида темир бикарбонати эримайдиган темир карбонатга айланади ва у қурилма ҳамда труба деворларига ўтириб колади.

Оксиэтилендиамин ва юкори полиаминлар иссик эритмаларда темир билан биргаликда хелат бирикмалар, яъни моноэтаноламиннинг темир билан хелат типидаги мажмуаларни ҳосил килади:



(1.51)

Ушбу бирикмалар совутилиб водород сульфид билан таъсир этганда чўкмага темир сульфиди тушади. Хелатни ҳосил қилишда қатнашган бошланғич компонент эса регенерация қилинади ва қурилманинг юқори температурали қисмида қайтадан темир билан контактда бўлади. Шундай қилиб, коррозия маҳсулотлари жараён давомида сарфланмайди ва эритмада йиғилади.

Энг кучли коррозияга иссиқлик алмашиниш қурилмалари, яъни қайнатгич, конденсатор, регенератор, иситкич, совуткичлар ҳамда дроссел вентиллар дучор бўлади.

Регенератор. Коррозияни секинлаштириш учун регенераторнинг тепа қисмига тахминан 5% га якин бўлган моноэтаноламин флегмасини узатиш керак. Қурилмага кириш жойидаги томчи ушлагич легирланган пўлат симдан тайёрланиши лозим. Ундан ташқари, регенерация жараёнини минимал температура (<127°С) ва босимда ташкил этиш максадга мувофик.

Қайнатгич. Бундай қурилмаларда углерод диоксидининг десорбцияси (яъни десорбция регенераторда якунланган бўлиши лозим) кечиши мумкин эмас, чунки қурилма трубаларида эрозия ва коррозия содир бўлади.

Иссиқлик элткич сифатида паст босимли буғ (0,3...0,4 МПа) ни қўллаш максадга мувофик, лекин девор температураси кўтарилиб кетмаслиги учун температура 150°С дан ошмаслиги даркор. Шунинг учун, буғ температурасини пасайтириш учун қайнатгичга киришдан аввал унга конденсат пуркалиб сепилади. Ундан ташқари, иссиқлик ўтказиш коэффициенти юқори бўлмаслигини таъминлаш керак, чунки интенсив иссиқлик алмашиниш қайнаш жараёнини жадаллаштиради. Интенсив қайнаш эса, ўз навбатида коррозияни кучайтиради.

Труба тешикли панжараларининг маҳаллий ўта қизиб кетмаслиги учун 150...200 мм ли эритма қатлами билан қопланган бўлиши керак. Эритма циркуляцияси яхши бўлиши ва аралашмалар панжарага чўкинди ҳолатида ўтирмаслиги учун уни қурилма тубидан 150 мм тепарокда ўрнатиш лозим.

Қайнатгичда CO_2 йиғилиб қолиш жойларини бартараф этиш учун эритмани қурилманинг турли қисмларига узатиш керак.

Қайнатгич трубаларини тозалаш қулай бўлиши учун тешикли панжарада квадрат бўйича жойлаштириш максадга мувофик. Трубаларни жойлаштириш қадами етарли даражада катта, яъни оким тезликлари юқори ва ҳимояловчи юпка қатламни эрозиядан сақлаш имкони бўлиши зарур.

Иситкич. Қурилма эрозияга дучор бўлмаслиги учун суюк фаза окимининг тезлиги 1 м/с дан ошмаслиги керак.

Иситкич секцияларида эритма қайнаш температурасидан юқори температурагача қиздирилганда коррозияга учрайди ва CO_2 нинг десорбцияси юз беради. Шунинг учун иситкич секцияларида эритмани қайнаш температурасидан юқори температурагача иситиш ман этилади ёки иситкич секцияларини легирланган пўлатдан ясаш керак. Иситкич трубаларини тозалаш жараёнини осонлаштириш учун иссиқ эритмани труба ичига йўналтириш даркор, чунки эритма совутилганда аралашмаларнинг зрувчанлиги камаяди ва улар чўкмага тушади. Одатда, чўкма коллоид типида бўлиб, трубалар юзасига ўтириб колади ва курилма каналларининг тикилишига сабабчи бўлади.

Коррозияга карши курашнинг энг самарали усулларидан бири деворда коррозион бардош юпка қатлам ҳосил қилишдир. Бунинг учун узоқ муддат давомида системани қиздирилган 0,5% ли моноэтаноламиннинг сувли эритмаси окими билан интенсив циркуляцияли ювиш керак. Ундан ташқари, коррозияни сусайтириш учун коррозия ингибиторларидан фойдаланиш мумкин.

Газларни тозалаш учун МЭА сувли эритмаларидан ташқари бошқа аминлар ҳам ишлатилади. Бундай усуллардан бири гликолдаги моноэтаноламин ва бошқа этаноламинлар эритмалари ёрдамида газларни тозалашдир. Ушбу усул асосан табиий газларни бир вақтда тозалаш ва қуритиш учун қўлланилади. Лекин регенерация жараёни МЭА га караганда, нисбатан юқори (150°С) температураларда ўтказилади.

Диэтиленгликол (ДЭГ) даги моноэтаноламиннинг ишчи эритмаси ушбу таркибга эга: МЭА – 10...30%; ДЭГ – 45...85%; H_2O – 5...25%. Гликоламинлар ёрдамида тозалаш жараёнида коррозия нисбатан кичик тезликларда боради. Ундан ташқари, этаноламинлар эритмасига CO_2 ва H_2S ларни ютувчи моддаларни: аммоний тузлари, мис оксиди, хлорли кальций, мис формиати, минерал мойлар, калий фосфати ва бошқаларни қўшиш тавсия этилади.

Юқори миқдорда H_2S бўлган газларни диэтаноламин иштирокида тозалаш мумкин. МЭА га нисбатан ДЭА нинг афзаллиги шундаки, углероднинг олтингугурт оксиди билан ўзаро таъсирида инерт ва бирикма ҳосил қилмайди.

Газларни CO_2 дан тозалашда ТЭА эритмалари ҳам кенг кўламда қўлланилади. Ушбу усулни газдаги CO_2 нинг парциал босими юқори (>0,3 МПа) бўлганда ишлатиш мумкин. Бундай шароитларда ТЭА ва МЭА ларнинг ютиш қобилияти бир хил. ТЭА нинг коррозион фаоллиги пастрок, шу сабабли газларни тозалашда унинг ютиш қобилиятидан тўликрок фойдаланилади.

Газларни тозалаш учун юқорида қайд этилганлардан ташқари моноизопропаноламин, диизопропаноламин, 2-метилэтаноламин, 2-этилэтаноламинлар ҳам қўлланилади.

Метилдиэтаноламин (МДЭА) нинг афзалликлари унинг водород сульфидга нисбатан катта селективликка эга хемосорбент ва нисбий мўътадилликка эга. МДЭА ва ТЭА ларни МЭА караганда концентрацияси юкорирок (<30%) эритмаларда қўллаш мумкин.

Газларни H_2S ва CO_2 лардан тозалашда МЭА нинг ўрнига дигликоламин (ДГА) эритмасини ишлатиш мумкин. Масалан, 0,6 МПа босим остида таркибида 2% гача H_2S ва 7% CO_2 бўлган газни тозалашда жараёнга сарфланадиган иссиклик миқдорини 10...15% га тежашга эришилди. ДГА эритмасининг адсорбцион сигими 20% ли МЭА никига караганда 40% га кўп. Ундан ташқари, ушбу эритувчининг тўйинган буғларининг босими МЭА никига нисбатан пастрок. Қўшимча реакция маҳсулотларидан ДГА қайта тиклаб ажратиш 50% ни ташкил этади.

Юқорида қайд этилганлар билан бирга МЭА иштирокида тозалашнинг комбинациялашган технологик схемалари мавжуд.

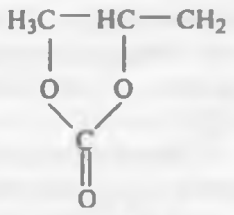
Газларни H_2S ва CO_2 лардан аммиакли сув, карбонат эритмалари, углерод диоксидидан тўлик тозалаш учун ишкорли эритмалар ва иссик поташ ҳамда мишяк-поташли эритмалар ёрдамида тозалашда қўлланилади.

1.6. Органик эритувчилар билан физик абсорбциялаш

Газларни водород сульфид ва углерод диоксидидан хемосорбент ёрдамида абсорбциялаб тозалаш камчиликлардан ҳоли эмас. Агар углерод диоксидининг концентрацияси ортиши билан жараёнда сарфланаётган иссиклик миқдори кўпаяди. Маълумки, кимё, нефть ва нефть-газни қайта ишлаш саноатларининг кўпчилик технологик жараёнлари нисбатан юқори босимларда кечади. Шунинг учун, охирги пайтда нордон газларни органик эритувчилар ёрдамида физик абсорбциялашни қўллаш жадал суръатлар билан ривожланмокда. Бундай жараёнлар табиий газларни водород сульфид ҳамда углерод диоксидидан тозалаш юқори самара беради ва уни кенг кўламда қўллаш тавсия этилади.

1.6.1. Атроф-муҳит температурасида газларни тозалаш

Физик абсорбция жараёнларининг бири ***Флюор жараён*** деб ном олди. Бунда, абсорбент сифатида пропиленкарбонат, триацетат глицерини, бутоксидиэтиленгликолацетат ва метокситриэтиленгликолацетатлар ишлатилади. Ушбу компонентларнинг энг арзони пропиленкарбонат $C_4H_6O_3$:



(1.52)

Пропиленкарбонат рангсиз, кимёвий мўътадил суюклик бўлиб, асосий хоссалари 1.11-жадвалда келтирилган.

Пропиленкарбонат $C_4H_6O_3$ хоссалари

1.11-жавдал

№	Кўрсаткич	Киймат
1.	Температура, °С	
	кайнаш	242
	эриш	-49
2.	Зичлик 20°С да, кг/м^3	1200
3.	Синиш коэффициенти, n_D^{20}	1.4209
4.	Ковушкоклик коэффициенти 18°С да, сст	6,64
5.	Тўйинган буглар босими 27°С да, мм.сим.уст	0,005

Табиий газларни CO_2 дан пропиленкарбонат ёрдамида абсорбциялашда углерод диоксидининг эрувчанлиги CO_2 ни сувда эришига караганда 3 ва ундан ортик маротаба юкори эканлиги унинг афзаллигини намоён килади. Водород сульфиднинг эрувчанлиги углерод диоксидига караганда 3 баробар кўп.

Ушбу жараённинг асосий афзаллиги шундаки, десорбция жараёни фақат босимни пасайтириш ҳисобига кечади, шунинг учун энергия сарфи кам ва у фақат абсорбентни узатиш учун сарфланади. Бундай десорбция усулини газдаги углерод диоксидининг парциал босими жуда юкори бўлганда амалга ошириш мумкин.

Табиий газдаги CO_2 нинг парциал босими 0,4...0,7 МПа дан ва унинг концентрацияси тозаланган газда 1...3% ошмагандагина Флюор жараён иктисодий жиҳатдан самарадор бўлади. Ушбу жараён CO_2 ва H_2S лардан тозалашда ҳам юкори натижа беради.

Газларни CO_2 ва H_2S лардан тозалашда бошка органик эритувчиларни ҳам қўллаш мумкин. Масалан, моно- ёки полиэтиленгликол эфирлари, три-*н*-бутилфосфат, метилдиметоксиацетат, метилацетоацетат ва уларнинг аралашмалари ҳамда этиленкарбонатнинг пропиленкарбонат ва бошка эритувчилар билан аралашмаларини газларни углерод диоксиди ва водород сульфиддан тозалаш учун қўллаш мумкин.

Пропиленкарбонат билан газларни оддий температураларда тозалашнинг энг асосий камчилиги абсорбентни узатиш учун энергия сарфи жуда катта, чунки пропиленкарбонатнинг ютиш кобилияти нисбатан паст.

1.6.2. Совуқ метанол ёрдамида тозалаш

Газларни CO_2 дан совуқ метанол ёрдамида тозалаш (***Ректизол жараёни***) нинг асосий афзаллиги шундаки, температура пасайиши билан углерод диоксидининг эрувчанлиги кескин равишда ортади. Температура пасайиши билан водороднинг

эрувчанлиги камаяди (углерод диоксиди эрувчанлигига нисбатан), эритувчининг селективлиги эса ушбу шароитларда кўпайиши керак.

Маълумки, десорбция жараёни температурасини оширгандан кўра, абсорбция жараёни температураси T_a ни пасайтириб зарур тозалаш даражасига эришиш осонрок. Агар $T_p \to \infty$ бўлганда ҳам,

$$y_{2\infty} \frac{P_{2p}}{P} - \frac{\Delta H}{2{,}3R \cdot T_a} \neq 0 \qquad (1.53)$$

Абсорбция температураси қанчалик паст бўлса, шунчалик T_a-T_p нинг фарқи кам бўлган шароитда зарур тозалаш даражасига эришса бўлади.

Паст температураларда абсорбция жараёнини ташкил этиш, фойдаланиш мумкин бўлган абсорбентлар каторини оширади. Натижада, жуда арзон абсорбентлардан фойдаланиш имконияти туғилади. Маълумки, паст температураларда айрим абсорбентлар тўйинган бугларининг босими юкори бўлгани учун оддий температураларда ишлатиб бўлмайди.

Температура -60°С да CO_2 нинг ацетат, углеводородлар ва уларнинг галоид ҳосилаларидаги эрувчанлиги Генри қонунига бўйсунмайди ва ушбу формула ёрдамида ҳисобланиши мумкин:

$$RT \ln \frac{f_2}{x_2} = RT \ln K_r - Ax_2 \qquad (1.54)$$

бу ерда, f_2 – углерод диоксидининг учувчанлиги, МПа. A – босим ва температурага боглиқ коэффициент, МПа м^2 (1.12-жадвал)

A коэффицентининг сон қийматлари

1.12-жадвал

Модда	$A\,10^{-3}$	Модда	$A\,10^{-3}$
Метилацетат	-5,87	Этилли йод	29,20
Этилацетат	-6,40	Толуол	26,00
н-пропилацетат	-7,07	Этилбензол	34,40
Изобутилацетат	-13,05	*н*-гексан	8,40
Хлороформ	-23,20	*н*-гептан	32,40

Бир хил шароитда водород сульфиднинг эрувчанлиги углерод диоксидиникига караганда 5...6 баробар катта бўлгани учун газларни селектив ажратиш мумкин. Агар эритмадаги водород сульфиднинг улуши 0,1 дан кам бўлса, унинг эрувчанлиги Генри қонуни билан ифодаланади. Қуйидаги 1.13-жадвалда Генри коэффициентининг сон кийматлари келтирилган.

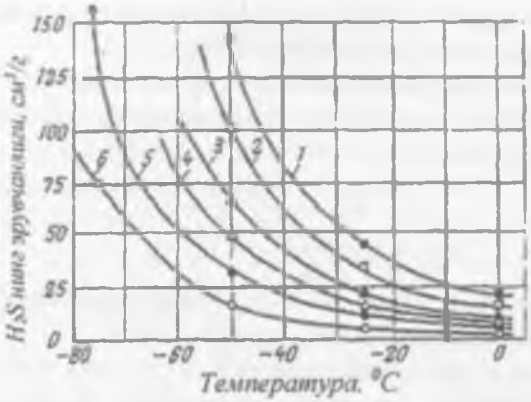
Водород сульфиднинг метанолдаги эритмаси учун Генри коэффициентлари

1.13-жадвал

№	Температура, °С	$K_r=P/x$ мм.сим.уст./моль улуш
1.	0	14600
2.	-25,6	6600
3.	-50,0	2350
4.	-78,5	500

1.13-расмда водород сульфиднинг метанолда эрувчанлигининг турли температура ва парциал босимлардаги сон кийматлари келтирилган.

Эритмада углерод диоксидининг мавжудлиги водород сульфид эрувчанлигини 10...15% камайтиради. Бир хил шароитда водород сульфиднинг абсорбция тезлиги углерод диоксиди абсорбция тезлигига караганда 10 ва ундан ортиқ баробар кўп бўлади. Водород сульфиднинг концентрацияси нисбатан кичик бўлгани учун, жараённи секинлаштирувчи омил бўлиб CO_2 ни абсорбциялаш ҳисобланади.



1.13-расм. Водород сульфидининг метанолда эрувчанлигининг температурага боғлиқлиги:
1 – p_{H2S}=400 мм сим уст.; 2 – p_{H2S}=300 мм сим уст.; 3 – p_{H2S}=200 мм сим уст.;
4 – p_{H2S}=150 мм сим уст.; 2 – p_{H2S}=100 мм сим уст.; 3 – p_{H2S}=50 мм сим уст.

Ректизол жараёнидаги энергия сарфи атроф-муҳитга совуқлик йўқотилиш, абсорбентни узатиш, вакуум ҳосил қилиш, сув буғи ва углерод диоксидини абсорбциялаш каби энергия сарфларининг йигиндисидан тенг. Ушбу жараёнда асосий энергия сарфи углерод диоксидини абсорбциялашдаги реакция иссиқлигини ажратиб олишга кетади. Лекин энергиянинг салмокли кисми CO_2 ни десорбциялашда компенсация бўлади. Шу билан бирга, CO_2 нинг бошка кисми атроф-муҳит температурасидан юкори температурагача киздирилганда десорбцияланади. Шу сабабли, CO_2 ни десорбциялаш совуклигининг ф.и.к. 60...70% дан ошмайди. Охиригача рекуперация бўлмаслик ва атроф-муҳитга йўқотилишлар умумий энергия сарфининг 10% ни, вакуум ҳосил килишга эса 5% дан кам микдорини ташкил этади.

Сувли ва моноэтаноламинли ҳамда ректизол жараёнлари учун сарф коэффициентларининг тахминий кийматлари 1.14-жадвалда келтирилган.

1000 м³ газ учун сарф коэффициентлари

1.14-жадвал

№	Сарф бандлари	Ректизол жараёни	МЭА тозалаш	Сув-ишкорли тозалаш
1	Электр энергия, кВт соат	28	10	70
2	Сув, м³	7	25	7,5
3	Буғ, кг	32	1200	49
4	Метанол, кг	0,4	-	-
5	Моноэтаноламин, кг	-	0,07	-
6	Кальций оксиди (100%), кг	-	-	228
7	Кальцинацияланган сода (100%), кг	-	-	4,3
8	Фойдали газлар йўқотилиши, м³	3	-	30

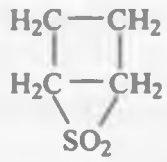
Шундай килиб, Ректизол жараёни иктисодий жиҳатдан тежамкор бўлишига карамай, технологик схема жуда кўпол камчиликка эга. Ушбу усулни газ таркибида турли хилдаги аралашмалар микдори кўп бўлганда қўллаш максадга мувофикдир.

1.7. Сульфинол жараёни

Ушбу усулда табиий газни углерод диоксиди ва водород сульфиддан тозалаш учун қўлланилади. Жараённинг асосида иккита эритувчи бир-бирига қўшиб, иккала компонентларнинг ижобий хоссаларини мужассам қилган янги ютувчи ҳосил қилиш ётибди.

Сульфинол жараёнида абсорбент сифатида CO_2 тетрагидротиофен ёки циклотетраметиленсулфон (сулфолан) даги алканоламин эритмаси ишлатилади. Сульфолан SO_2 ни бутадиен билан таъсир эттириб олинади ва сўнг сулфолен сулфоланга гидрирланади.

Сульфолан $C_4H_8SO_2$ кўринишдаги формула билан ифодаланади:



(1.55)

Унинг кайнаш температураси 285...288°С, эриш температураси 8...10°С, зичлиги d=1,2723, синиш кўрсаткичи n_D^{20}=1,4833. У кимёвий турғун, юкори қутбли бирикма бўлиб, кўпчилик органик моддалар (ароматик бирикмалар ва полимерлар)нинг яхши эритувчисидир.

Бошка компонент сифатида моноэтаноламин ёки диэтаноламин, лекин энг яхши бўлиб диизопропаноламин ҳисобланади. Абсорбентнинг тахминий таркиби: диэтаноламин 30%, сульфолан 64% ва сув 6%.

Газларни тозалашда аралаш эритувчиларнинг афзаллиги шундаки, паст (аминлар эритмасида) ва катта (сульфоланда) парциал босимларда CO_2 ва H_2S лар юкори эрувчанликка эга.

Абсорбентнинг яна бир афзаллиги газларни бир вактнинг ўзида ҳам меркаптан ва ҳам H_2S лардан юкори даражада тозалайди. Меркаптанларни ажратиб олиш кобилияти 95% ва абсорбент йўкотилмайди.

Маълумки, МЭА эритмасида CO_2 ни абсорбциялаш тезлиги суюклик юпка катламидаги диффузия билан чегараланади, айникса тўйинишга етмаган шароитларда. Ўз навбатида, суюклик юпка катламидаги диффузия тезлиги унда газ фазасининг физик эрувчанлигига боғлик, яъни ушбу эрувчанлик қанчалик юкори бўлса, диффузияни ҳаракатга келтирувчи куч шунчалик катта бўлади. Демак, физик эрувчанлик ортиши билан абсорбция жараёнининг умумий тезлиги кўпаяди.

Абсорберларнинг МЭА ва Сульфинол жараёнларда ишлаш кўрсаткичлари

1.15-жадвал

№	Кўрсаткич	МЭА да тозалаш	Сульфинол жараёни	
			1-режим	2-режим
1.	Сарф, м³/соат газники	24700	35800	35800
	суюкликники	64,2	71,5	76
2.	Тўйинган эритмада нордон газлар концентрацияси, м³/м³	33,5	45	42,5
3.	Чикишда газдаги H_2S миқдори, см³/м³	<200	130	<20

Газларни МЭА ёрдамида тозалаш ўрнига Сульфинол жараёнини қўллаш газ бўйича сарфни 1,5 баробар ошириш имконини беради. Бунда, абсорбер унумдорлигини кўтариш мумкин, лекин регенератор нормал ишлаши учун унинг диаметри 1,5 маротаба кўпайтирилди. Қолган қурилмалар: иситкич, совуткич, омборхона, эритма тайёрлаш бўлимлари Сульфинол жараёнида ўзгариш киритмасдан ишлатиши мумкин.

Абсорбент регенерацияси 65°С температурада ўтказилади.

Газларни тозалашда Сульфинол жараёнини қўллаш МЭА нисбатан буг сарфини 2...2,5 баробар ва поташнинг иссик эритмасида тозалашга нисбатан эса 10% га тежаш имконини беради. Ундан ташкари, циркуляция қилаётган абсорбент миқдори камаяди. Сульфинол жараёнда ишлатиладиган абсорбер ва регенераторга оддий насадка ёки элаксимон тарелкалар ҳам қўлланиши мумкин.

Сульфинол жараёнига кетадиган капитал сарфлар МЭА ёрдамида тозалашга караганда 30% га ва поташнинг иссик эритмасида тозалашга нисбатан эса 10% кам. Ушбу

жараёнда коррозия тезлиги МЭА ёрдамида тозалашга караганда бир неча баробар кичикдир (1-16 жадвал).

Сульфинол жараёнини ва МЭА ёрдамида тозалаш углеродли пўлат коррозияси

1.16-жадвал

№	Текширилаётган бўлак	Коррозия тезлиги, мм/йил	
		сулфинол	МЭА
1.	Абсорбер		
	паст	0,8	0,6
	ўрта	0,9	0.5
	тепа	0,2	0,6
2.	Иситкич	3,0	13
3.	Регенератор (тепаси)	0,1	0,6
4.	Қайнатгич	0,3	4,2
5.	Қайнатгич трубалари	14,4	125

Сульфинол жараёнига полиэтиленгликолнинг диметил эфири ва диизопропаноламинлар аралашмаси билан тозалаш ўхшайди ва унда 1 кг нордон газларга ~0,5 кг буғ сарфланади.

1.8. Углерод диоксидидан тозалашнинг комбинациялашган схемалари

Ҳозирги кунда CO_2 ва H_2S лардан тозалашнинг турли хил усуллари яратилган. Кўпчилик ҳолларда жараённинг бир нечта схемалари орасидан энг самаралисини танлаш талаб килинади. Масалан, катта ҳажмдаги CO_2 дан тозалаш талаб этилганда икки ёки уч боскичли схемадан фойдаланиш самаралидир. Шунинг учун, оптимал схемани танлаш учун техник-иктисодий таҳлил қилиш зарур. Саноат микёсида энг кенг таркалган куйидаги схемалар мавжуд:

I. сувли тозалаш + ишкорли тозалаш;

II. икки боскичли МЭА тозалаш;

III. бир боскичли МЭА тозалаш+мис аммиакли+ишкорий ёки аммиакли тозалаш;

IV. бир ёки икки боскичли МЭА тозалаш+ишкорли ёки аммиакли тозалаш;

V. поташли ёки мишьяк-поташли тозалаш+ишкорли тозалаш.

Юкори даражада тозалаш талаб этилганда технологик схемаларда метанлаш жараёни кўлланилади. Айрим ҳолларда бошка схемалар ҳам, масалан, пропиленкарбонатли ёки моноэтаноламинли тозалаш қўлланиши мумкин.

Тозалаш схемаси ва усулларини танлашда қуйидаги омиллар инобатга олинади:

–табиий газлар таркиби, хусусан, CO_2, H_2S ва органик олтингугурт бирикмаларининг концентрацияси;

–тозаланаётган газ босими;

–талаб этилаётган тозалаш даражаси;

–жараённинг умумий энерготехнологик схемаси.

Энг оддий ва комбинациялашган технологик схемаларни солиштириб чикамиз:

1) МЭА нинг сувли эритмаси;
2) ДЭА нинг сувли эритмаси ва кейинги ишкорли тозалаш;
3) Поташнинг иссик эритмаси ва кейинги МЭА ёрдамида тозалаш;
4) Поташнинг иссик эритмаси ва кейинги ДЭА ёрдамида ва ишкорли тозалаш;
5) Сув билан ювиб ва кейин МЭА ёрдамида тозалаш.

1.17-жадвал тўртта комбинациялашган схемаларнинг техник-иктисодий баҳолаш натижалари келтирилган.

1.17-жадвал

№	Кўрсаткич	Схемалар			
		I	II	III	IV
1.	Капитал сарфлар, минималга нисбатан %	105	100	115	150
2.	Электр энергия, кВт соат	250	255	270	300
3.	Буғ, т/соат	22,7	10	8,6	8,6
4.	Совитиш учун сув, $м^3$/соат	1000	240	59	680
5.	Ишқор, кг/соат	13,6	-	-	13,5
6.	Оҳак, кг/соат	-	90	-	-

Газларни CO_2 дан тозалаш натижасида концентрация 16,5% дан 10 $см^3/м^3$ гача камаяди. Схема I, яъни МЭА ёрдамида тозалашда <150 $см^3/м^3$, ишқорли тозалашда <10 $см^3/м^3$. Схема II, яъни мишяк-поташли тозалашда <1000 $см^3/м^3$, ишқорли тозалашда <10 $см^3/м^3$. Схема III, яъни мишяк-поташли тозалашда <5000 $см^3/м^3$, МЭА ёрдамида тозалашда <40 $см^3/м^3$ ва ишқорли тозалашда <10 $см^3/м^3$. Схема IV, яъни сувли тозалашда <4% CO_2, МЭА ёрдамида тозалашда <40 $см^3/м^3$ ва ишқорли тозалашда <10 $см^3/м^3$.

1.9. Газларни H_2S дан тозалаш

Табиий газ, кокс, генератор ва ёнувчи газлар олтингугурт бирикмаларидан тозаланиши керак. Табиий газ ва саноат газларида олтингугуртнинг миқдори жуда кенг оралиқда (2...40 $г/м^3$) ўзгаради ва газни олиш усули ва хом-ашё сифатига боғлиқ.

Технологик газ таркибидаги олтингугурт бирикмалари ***зарарли аралашмалар*** деб ҳисобланади. Уларнинг газда мавжудлиги қурилма ва труба қувурларини коррозион емиришга, катализаторларни ишдан чиқаришга, маҳсулот сифатини пасайтиришга ва атроф-муҳитни ифлослантиришга олиб келади. Шу сабабли, газларни қайта ишлашдан аввал олтингугуртдан тозалаш даркор.

Ёкилғи газларини водород сульфиддан икки хил, яъни қуруқ ва суюқлик усулларида тозалаш мумкин.

Қуруқ усул – бу фаолланган кўмир ва бошқа фаол қисми мис, рух, темир оксид асосли каттиқ ютувчи адсорбентларда тозалаш.

Суюқлик билан ювиб тозалаш (абсорбцион) усули – бу ютувчи абсорбент сифатида суюқлик ва унинг эритмалари ёрдамида тозалаш.

Газларни тозалаш усулини танлаш унинг миқдори ва таркиби ҳамда уни тозалаш даражасига қўйилган талабларга боғлиқ. Газларни водород сульфиддан қуруқ усулда тозалаш концентрацияси нисбатан юкори (6...12 $г/м^3$) бўлмаганда, суюқлик билан ювиб тозалаш (абсорбцион) усули эса – водород сульфид концентрацияси 20...40 $г/м^3$ дан паст ҳолларда қўлланилади.

1.9.1. Газларни H_2S дан тозалашнинг қуруқ усуллари

Ушбу усулнинг энг асосий афзаллиги шундаки, у селектив ва юкори даражада тозалашни таъминлайди. Ундан ташқари, бу усулда газни водород сульфиддан тозалаганда, углерод диоксиди жараёнга салбий таъсир этмайди ва газ ундан тозаланмайди. Газларни ютиш усулида тозалаш олтингугурт бирикмаларининг каттиқ ютувчи (адсорбент) билан ўзаро тўқнашиши туфайли содир бўлади.

Темир оксид асосли адсорбентда тозалаш. Ушбу усулда тозалаш қуйидаги реакциялар буйича кечади:

$$Fe_2O_3 + 3H_2S = Fe_2S_3 + 3H_2O \qquad (1.56)$$

$$2Fe_2S_3 + 3O_2 = 2Fe_2O_3 + 6S \qquad (1.57)$$

(1.56) ва (1.57) тенгламалар ҳақикий жараён механизмини бирмунча соддалашган кўриниши, чунки шароитга қараб кўпгина бошқа реакциялар ҳам кечиши мумкин. Темир оксиди олтингугурт билан буткул тўйингандан сўнг уни куйдириш йўли билан ажратиб олинади ва ҳосил бўлган олтингугурт ангидриди сульфат кислота ишлаб чиқаришга йўналтирилади.

Водород сульфидни ютиш реакцияси тезлиги темир оксиди юзасининг газ билан ювилиб туришнинг қулайлигига, яъни адсорбент ғоваклилигига, боғлик. $Fe_2S_3 \cdot H_2O$ нинг моль ҳажми $Fe_2O_3 \cdot H_2O$ нинг ҳажмидан катта бўлгани учун адсорбент ғоваклилиги 50% дан кам бўлмаслиги керак. Водород сульфид адсорбентнинг фаол қисми темир гидрооксиди билан ютилади:

$$3H_2S + 2Fe(OH)_3 = Fe_2S_3 + 6H_2O + 14{,}9ккал \qquad (1.58)$$

Газни водород сульфиддан тозалашнинг оптимал шароитлари: температура 28...30°С; намлик <30%.

Тўйинган адсорбент массаси ҳаво таркибидаги кислород ва сув буғи иштирокида қайта тикланади. Бунда, темир гидрооксидга айланади ва элементар олтингугурт ажралиб чиқади, сўнг аста-секин тозаланаётган массага чўкиб ўтира бошлайди:

$$2Fe_2S_3 + 3O_2 + 6H_2O = 4Fe_2(OH)_3 + 6S + 145ккал \qquad (1.59)$$

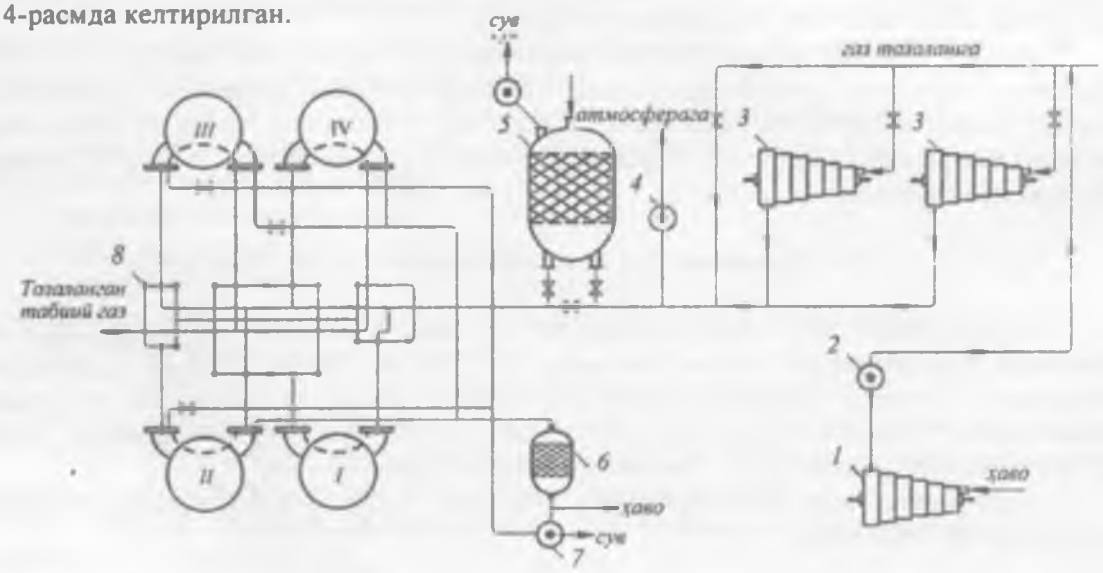
Қайта тиклашга узатилаётган ҳаво (кислород) миқдори айланма газдаги кислород ва температурага қараб ростланади. Агар адсорбентда олтингугурт миқдори 50% га етса, уни тўйинган деб ҳисоблаш мумкин. Бунда олтингугурт аста-секин адсорбент юзасини коплаб олади ва унга водород сульфид билан масса алмашинишга тўсқинлик қилади. Ишлатиб бўлинган адсорбент қайта тиклаш учун жўнатилади. Қайта тиклашни қуйидаги усулларда амалга ошириш мумкин:

– адсорбентни ҳаво таркибида кислород билан оксидлаш;

– таркибида 2...3% кислород бўлган газ-ҳаво аралашмаси билан пуфлаб тозалаш;

– газ таркибига ҳаво аралаштириб, ҳар доим кислород миқдорини оксидлаш учун назарий жиҳатдан ҳисоблаб топилган миқдордан 1,5 баробар ортиқлигини таъминлаб қайта тиклаш; шуни таъкидлаш лозимки, жараён водород сульфиднн ютиш билан бирга содир бўлади.

Газни водород сульфиддан тозалашнинг минора қурилмали технологик схемаси 1.14-расмда келтирилган.



1.14-расм. Газни водород сульфиддан тозалашнинг минора қурилмали технологик схемаси:
1-ротацион турбогазодувка, 2-гидравлик затвор, 3-газодувка, 4-сакловчи клапан, 5-совутувчи скруббер, 6-скруббер, 7-газли гидрозатвор I-IV - тозалаш миноралари

Газларни тозалаш қурилмаси кўпинча кетма-кет уланган тўртта қурилмадан иборат бўлиб, ҳар бирининг ичида адсорбентнинг бир неча қатлами жойланган. Газ қурилмаларга параллел равишда юборилади. Одатда, газни тўлиқ тозалаш учун учта минора етарли, тўртинчи қурилма эса назорат учун ўрнатилган бўлади. Газни кириши ва чиқиши ҳамда газ затворлари системаси шундай лойиҳаланганки, исталган вақтда исталган қурилмани адсорбентни қайта тиклаш ёки янгисини юклаш учун ўчириш мумкин.

Рух оксид асосли адсорбентда тозалаш. Газ таркибидаги водород сульфидни адсорбент ёрдамида ажратиш жараёнида рух сульфиди ҳосил бўлади:

$$ZnO + H_2S = ZnS + H_20 \qquad (1.60)$$

Температура 400...500°С да жараён қайтмас бўлади. Қуйидаги жадвалда турли температуралардаги мувозанат константалари келтирилган.

t,°C	200	300	400	500	600
K	$1,09 \cdot 10^4$	$6,5 \cdot 10^4$	$9,1 \cdot 10^3$	$2,1 \cdot 10^3$	$7,1 \cdot 10^2$

Бу турдаги адсорбентларда фаол рух оксиди майда кристаллардан иборат ва губкасимон, таркиби майда говакли (ZnO нинг солиштирма юзаси 60...80 $м^2/г$ гача) бўлади, яъни фаоллиги ва олтингугурт ютиш кўрсаткичлари юқорилиги билан ажралиб туради.

Турли хом-ашёдан олинган рух оксидининг физик-кимёвий ва адсорбцион хоссалари куйидаги 1.18-жадвалда берилган.

1.18-жадвал

№	Хом-ашё	Дисперслик $\frac{1}{\lambda}$	Тўкма зичлик, кг/л		Солиштирма юза, $м^2/г$	400°С да олтингугурт ютиш қобилияти, %
			кукун	таблетка		
1.	Рух карбонати	150	0,76	1,5	32,8	32,0
2.	Рух гидрооксиди	170	1,07	1,7	26,9	21,9
3	Рух оксиди (товар)	1000	1,69	2,0	6,6	1,7
4.	Рух оксиди (реактив)	-	0,40	1,8	4,2	4,2

Фаолланган кўмирда тозалаш. Саноат миқёсида энг кўп қўлланиладиган жараёнлардан бири бу фаолланган кўмирда оксидлаш йўли билан газларни водород сульфиддан тозалашдир. Жараённинг моҳияти фаолланган кўмир юзасида водород сульфидни элементар олтингугуртгача кислород ёрдамида каталитик оксидлашдир, яъни:

$$H_2S + 0,5O_2 \rightarrow H_20 + S + 53\ кал \qquad (1.61)$$

Нормал температурада реакция юқори тезликда кечишини таъминлаш учун тозаланган газга оз миқдорда аммиак (1 $м^3$ га 0,2 г) керак. Аммиакни қўшилиши фаолланган кўмир юзасида талаб этилган ишқорийликни ушлаб туради.

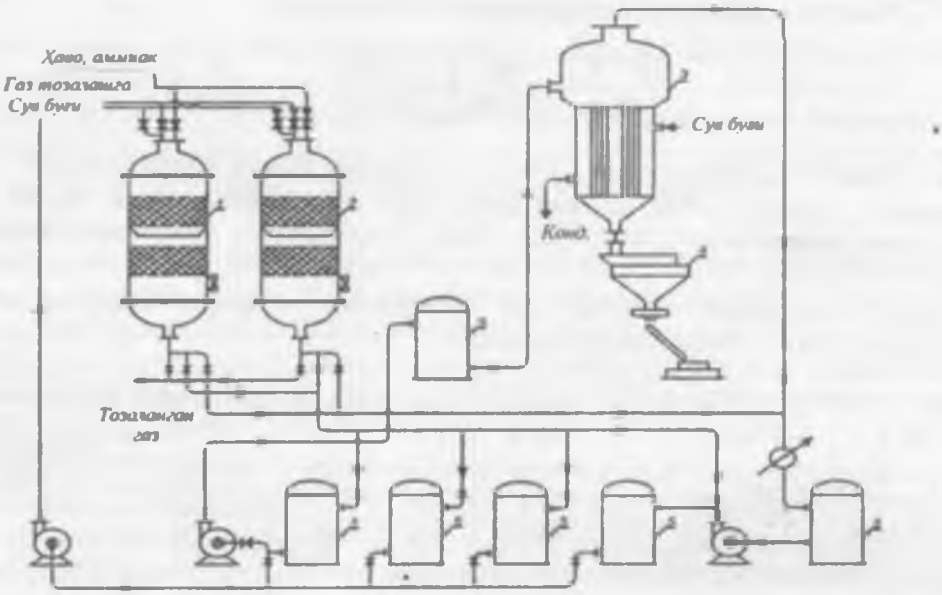
Оксидлаш натижасида олинган элементар олтингугурт фаолланган кўмирда ушланиб қолинади. Унинг юзаси олтингугуртга тўлиши билан газни тозалаш жараёни тўхтайди. Адсорбцияланган олтингугурт регенерация даврида ажратиб олинади ва фаолланган кўмир яна тозалаш жараёнига яроқли. Регенерация окибатида фаолланган кўмирнинг дастлабки олтингугурт ютиш бўйича сиғими ва фаоллиги тўлиқ тикланади.

Газларни водород сульфиддан тозалаш кинетикаси фаолланган кўмир табиатига боглиқ эмас ва ташқи диффузион жараёндир.

Адсорбент (фаолланган кўмир) ўлчамларининг кичиклашиши унинг олтингугурт ютиш қобилиятини оширади. Шу сабабли, саноат миқёсида ўлчами 1...2 мм ли фаолланган кўмир гранулалари ишлатилади.

1.15-расмда табиий газни водород сульфиддан тозалаш технологик схемаси келтирилган.

Газни водород сульфиддан фаолланган кўмир ёрдамида каталитик усулда тозалашнинг темир оксиди ёрдамида тозалашга қараганда бир қатор афзалликлари бор: каталитик усулда газни тозалаш жараёнидаги тезлик Fe_2O_3 ёрдамида тозалашга қараганда 10...15 баробар кўп; фаолланган кўмирни кўп маротаба қайта тиклаш мумкин; қайта тиклаш учун қурилмадан тўкиш зарур эмас; ажратиб олинган олтингугурт юқори даражада тоза бўлгани учун у тайёр маҳсулот. Агар газ таркибида водород сульфиднинг миқдори оз бўлса, фаолланган кўмир гранулаларини вақти-вақти билан қайта тикламасдан қўллаш мумкин. Натижада, технологик схема анча соддалашади.



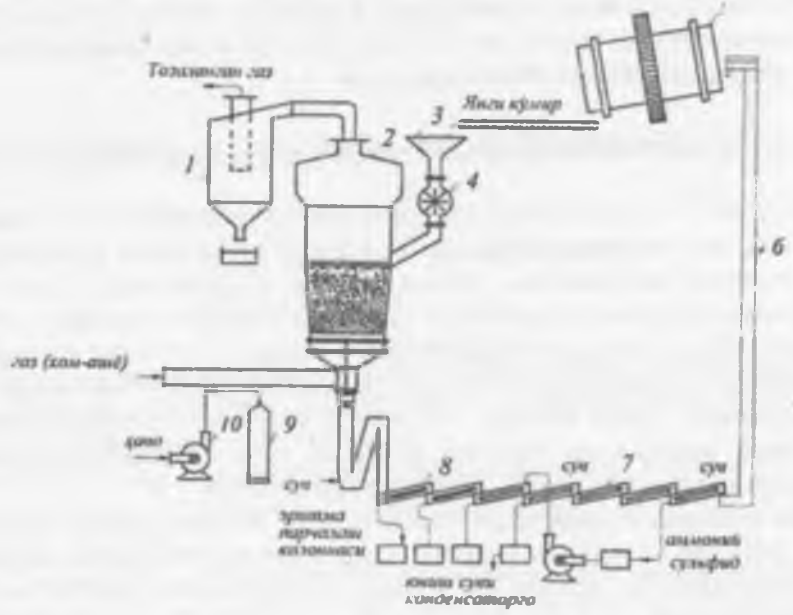
1.15-расм. Табиий газни водород сульфиддан фаолланган кўмирда тозалашнинг технологик схемаси:
1,2-адсорберлар, 3-буғлатиш қурилмаси, 4-центрифуга, 5-йиғгичлар

Ишлатиб бўлинган фаолланган кўмир қайта тикланади ёки чиқинди сифатида ташланади. Таркибида углерод диоксиди бўлган газларни тозалашда фаолланган кўмирни иштирокида оксидлаш усулини қўллаш карбонат аммоний (углеаммоний) тузлари ҳосил бўлишига олиб келади. Маълумки, бу турдаги тузлар қурилма ва труба қувурларида ўтириб колади ва тикилишга сабабчи бўлади. Бундай ҳолларда 0,8% ли ишқорнинг сувли эритмаси шимдирилган фаолланган кўмирни қўллаш мақсадга мувофиқ. Ушбу усулда газларни водород сульфиддан тозалаш самарадорлиги нисбатан пастроқ, лекин эксплуатацияда соддалиги билан ажралиб туради.

Юқорида қайд этилган усулнинг камчиликлари газларни водород сульфиддан фаолланган кўмирли мавҳум қайнаш қатламида тозалаш технологик схемасида бартараф қилинган (1.16-расм).

Ушбу технологияни қўллаш, тозалаш қурилмалари унумдорлигининг 6...8 баробар ортишига, жараён узлуксизга айланади ва уни автоматлаштириш имконияти пайдо бўлади. Мавҳум қайнаш жараёни интенсив бўлгани учун реакция иссиқлигини ажратиб олиш осонлашади ва окибатда водород сульфид миқдори юқори бўлган газларни ҳам тозалаш мумкин. Бу усул газларни юқори даражада тозалашни талаб қилмайди, аммо водород сульфиддан тозалангандан сўнг газни фаолланган кўмир кукунидан ажратиш керак.

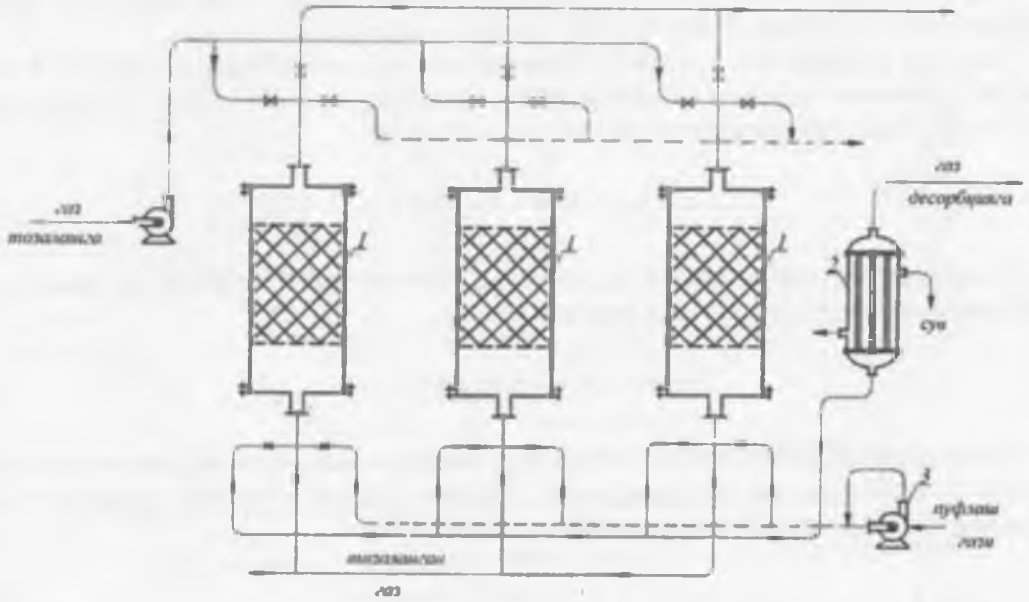
Цеолитларда тозалаш. Синтетик цеолитлар юқори самарали адсорбентлар каторига киради. Уларнинг энг асосий хоссаларидан бири – бу улар таркибий тузилишининг алоҳида эканлигидир, яъни ғовакларнинг геометрик бир хиллигидир.



1.16-расм. Газларни водород сульфиддан фаолланган кўмирли маҳум қайнаш қатламида тозалашнинг технологик схемаси:
1-чанг ушлагич, 2-тозалаш курилмаси; 3-бункер; 4-таъминлагич; 5-куриткич; 6-элеватор; 7-ювиш бўлими, 8-олтингугуртни экстракция қилиш бўлими; 9-аммиак баллони, 10-турбогазодувка

Бу турдаги адсорбеитлар ютилаётган модда концентрацияси паст бўлганда ҳам селективлиги ва ютиш кобилияти катта бўлади. Шу сабабли, ушбу жараён газларни ажратиш, тозалаш ва кисман қуритиш учун тавсия этилади.

Синтетик цеолитлар ёрдамида газларни тозалаш технологик схемаси 1.17-расмда кўрсатилган. Кўпчилик цеолитларнинг водород сульфид бўйича адсорбцион сиғими 12...14% бўлиб, концентрацияси паст бўлган газларни ҳам тозалашда самарадорлиги юкори.



1.17-расм. Синтетик цеолитлар ёрдамида газларни тозалаш технологик схемаси:
1-адсорберлар; 2-иссиклик алмашиниш курилмаси; 3- компрессорлар

Тозаланаётган газ синтетик цеолитли ҳар бир колоннадан ўтишда, цеолитни тўлик тўйинишига эришилади. Цеолитни кайта тиклаш учун уни 315°С температурада

олтингугурт икки оксиди муҳитида олиб борилади. Адсорбент бунда катализатор вазифасини ўтайди ва регенерация жараёнида элементар олтингугурт ва сув ҳосил бўлади. Регенерация колоннасидан чиккан олтингугурт буғлари конденсацияланади ва учдан бир кисми олтингугурт икки оксидигача ёндирилади.

1.9.2. Газларни H_2S дан тозалашнинг абсорбцион усуллари

Газларни тозалаш учун қуйидаги ютувчи эритма (абсорбент) лар: аммиак ва нордон карбонат тузлари, мишяк-аммиакли ва мишяк-содали, этаноламин эритмалар ҳам водород сульфид ва углерод диоксидидан тозалаш учун қўлланилади. Паст температурали абсорбция жараёнида органик эритмалар ёрдамида газларни водород сульфид, углерод диоксиди ва органик олтингугуртлардан тозалаш мумкин. Кўпчилик ҳолларда абсорбцион усулда бир вактнинг ўзида бирданига ҳам водород сульфид, ҳам углерод диоксидидан тозалашга эришилади. Шуни алоҳида таъкидлаш лозимки, ишқорий металл тузларининг сувли эритмалари иштирокида водород сульфид CO_2 га караганда тезрок ютилади. Водород сульфид тўлиқ ютилиши 85...95% ни ташкил этади.

Газларни водород сульфиддан тозалашнинг мишяк-содали усули. Ушбу усул ёрдамида 90…98% олтингугуртни ажратиб олиш мумкин. Абсорбент сифатида Na_3AsS_3O эритмаси ишлатилади. Бу эритма ок мишяк ва кальцинацияланган содаларни ўзаро таъсирида ҳосил бўлади:

$$6Na_2CO_3 + As_2O_3 + 3H_20 = 2Na_3AsO_3 + 6NaHCO_2 \quad (1.62)$$

Сўнг, скрубберда водород сульфид билан ювилади:

$$Na_3AsO_3 + 3H_2S = Na_3AsS_3 + 3H_2O \quad (1.63)$$

Ундан кейин ҳаво билан пуфланади:

$$2Na_3AsS_3 + O_2 = 2Na_3AsS_3O \quad (1.64)$$

Жараён бошида ҳосил бўлган Na_3AsS_3 туз ҳаво билан пуфлангандан сўнг қуйидаги Na_3AsS_3O тузга айланади. Ушбу тузнинг эритмаси абсорбент бўлади.

Водород сульфиддан тозалаш узатилаётган газ скрубберда абсорбент ёрдамида ювилади. Эритма ва водород сульфидларнинг ўзаро таъсир окибатида кислород ўрнига олтингугурт киради ва натрий тиоарсенат ҳосил бўлади:

$$Na_3AsS_3O + H_2S = Na_3AsS_4 + H_2O \quad (1.65)$$

Олтингугуртни ютган эритма скруббердан регенераторга узатилади ва унда сикилган ҳаво билан пуфланади ҳамда ушбу реакция кечади:

$$2Na_3AsS_4 + O_2 = 2Na_3AsS_3O + 2S \quad (1.66)$$

Регенерация килинган эритма абсорбцияга кайтарилади. Асосий реакциядан ташкари қўшимча реакциялар ҳам содир бўлади. Ортикча ишкор муҳитида водород сульфид ютилиши окибатида натрий гидросульфиди ҳосил бўлади:

$$Na_2CO_3 + H_2S = NaHS + NaHCO_3 \quad (1.67)$$

$$NaOH + H_2S = NaHS + H_2O \quad (1.68)$$

Сўнг, регенерация жараёнида ҳаво кислороди билан оксидланади ва гипосульфит ҳосил бўлади:

$$2NaHS + 2O_2 = Na_2S_2O_3 + H_2O \qquad (1.69)$$

Газ таркибида водород цианид бўлса, эритма билан боғланади ва роданли натрий ҳосил бўлади:

$$2HCN + Na_2CO_3 = 2NaCN + H_2O + CO_2 \qquad (1.70)$$

$$NaCN + S = NaCNS \qquad (1.71)$$

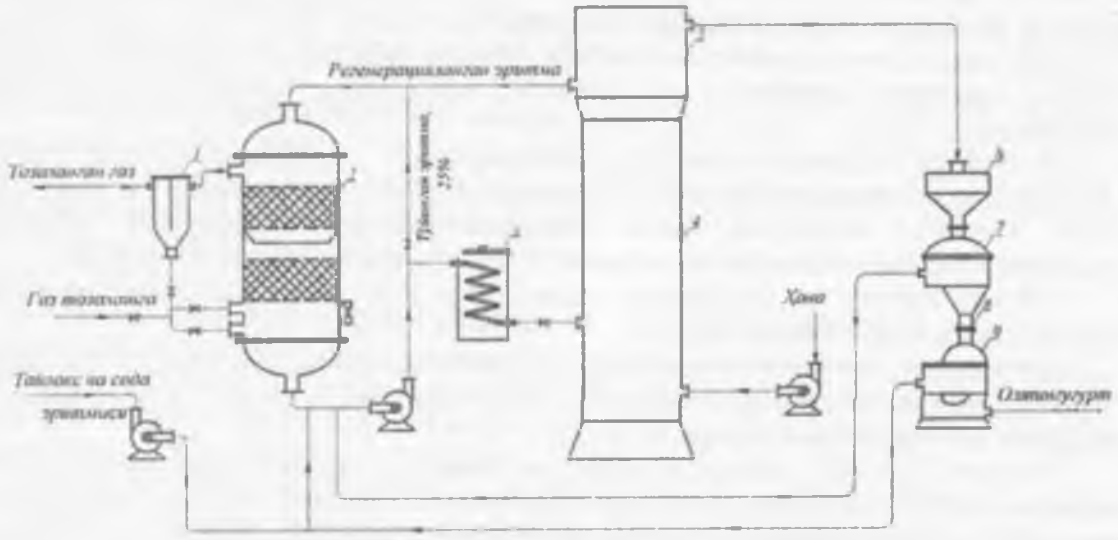
Эритма таркибида мишяк миқдори ортиқча бўлиши керак, чунки у нафақат водород сульфидни абсорбция килиш тезлигини оширибгина колмай, балки жараён турғунлигини оширади ва курилма коррозиясини пасайтиради.

Таркибида 10 г/м^3 гача водород сульфид бўлган газларни тозалаш учун эритмадаги мишяк миқдори 5...10 г/л, концентрацияси юкорирок газлар учун эса - 10...20 г/л бўлиши тавсия этилади.

Қўшимча реакциялар туфайли ишчи эритмада натрий гипосульфидлари йиғилиб колади ва унинг зичлиги ва ковушкоклиги ортади. Шунинг учун, бир кисм эритма узлуксиз равишда циклдан чикариб олинади ва сульфат кислота билан нейтрализация килинади. Чўкмага тушадиган As_2S_5 ва As_2S_3 лар ишкорда эритилади ва циклга кайтадан узатилади.

Таркибида ***HCN*** бирикмаси бўлган газларни тозалаш жараёнида ажралиб чикаётган натрий гипосульфид эритмаси роданли бирикмалар билан ифлосланган бўлади. Шунинг сабабли, сифатли ва тоза натрий гипосульфид олиш учун газни дастлаб ***HCN*** бирикмасидан тозалаш зарур.

Газларни мишяк-содали тозалаш (***Тайлокс жараёни***) технологияси 1.18-расмда келтирилган.



1.18-расм. Газларни мишяк-содали тозалаш технологик схемаси:
1-намлик ажраткич, 2-абсорбер, 3-эритма иситкич, 4-регенератор, 5-сепаратор, 6-олтингугурт кўпигини йиггич, 7-фильтр, 8-бункер, 9-автоклав

Тозаланадиган газ абсорбер 2 нинг пастки кисмига юборилади ва тепадан пастга ҳаракатланаётган эритма билан ювилади. Абсорбер 2 да тўйинган эритма насос ёрдамида иситкич 3 га ҳайдалади ва 43...45°С да регенератор 4 га узатилади. Бу курилмада эритма

ва сиқилган ҳаво параллел йўналишда ҳаракат қилади ва ўзаро таъсирда бўлади. Бу ерда сиқилган ҳаво ҳам элементар олтингугуртни ажратиш, ҳам олтингугурт кўпигини эритма устига сузиб чиқиши учун флотацион элткич вазифасини бажаради. Сепаратор 5 да суюқлик сатҳи қуйилиш остонасидан пастроқ сатҳда бўлиши таъминланади. Ундан, кўпик кўринишидаги олтингугурт йиғгич 6 га оқиб тушади ва коллоид ёки пастасимон олтингугурт олиш учун махсус қайта ишлаш курилмасига юборилади. Регенерация қилинган эритма абсорбернинг тепа қисмига ўз-ўзидан оқиб тушади. Тайлокс жараёнининг асосий кўрсаткичлари (1 т олтингугуртга) қуйидаги 1.19-жадвалда келтирилган.

1.19-жадвал

№	кўрсаткич	киймат
1.	Олтингугурт ажратиб олиш даражаси, %	90...98
2.	Олтингугурт чиқиши, %	78...85
3.	Реагентлар сарфи:	
	кальцинацияланган сода	0,3...0,5
	сульфат кислота	0,05...0,06
	оқ мишяк	0.005...0,0065
4.	Буғ сарфи, т	6...7
5.	Сув сарфи, $м^3$	65...70
6.	Электр энергия сарфи, кВт соат	1200...16000
7.	Окова сув миқдори, $м^3$	
	тоза	80...90
	ифлос	9...10
8.	Гипосульфид чиқиши, т	0,5...0,7

Тайлокс жараёнининг бир неча хил вариантлари ишлаб чиқилган:

– водород сульфидин тўлиқ ажратиш учун икки боскичли абсорбция;

– 25% тўйинган ютувчини регенераторга киритмасдан абсорбция килиш. Ушбу эритма регенерация килинган эритма билан аралашиб, скрубберга юборилади. Натижада, олтингугурт ажралиб чиқишига барҳам берилади ва абсорбер насадкаларининг тиқилиши бартараф килинади. Одатда, насадка сифатида калинлиги 10...13 мм ва баландлиги 100...120 мм ли ёғоч тахталардан ясалган ватарли насадкалар қўлланилади. Айрим тахталар орасидаги масофа 13 мм. Тахталар ковурғасига горизонтал катор килиб ўрнатилади.

Атмосфера босимида ишлайдиган абсорберларни ҳисоблашда газнинг тезлиги 0,6...1,2 м/с ва гидравлик каршилик 50...75 мм.сув уст. деб кабул килинади. Газ фазасидаги ўртача ҳаракатга келтирувчи кучда аниқланган водород сульфиднинг абсорбция коэффициенти 1 соат ичида 1 $м^2$ насадкадан 2,5...3,5 г олтингугуртга тўғри келади.

Ютувчи эритманинг циркуляция тезлиги унда 50% ли ортикча фаол бирикмалар ҳосил килишга етарли бўлиши зарур.

Регенератор колонна типида бўлиб, узатилаётган ҳавони бир текисда таксимлаш учун бир нечта металл тўрлар ўрнатилган. 1 моль водород сульфидга 2,5 моль кислород ҳисобидан ҳаво сарфи белгиланади.

Ишлатиб бўлинган эритмадан мишякни тўликрок ажратиш учун икки боскичли регенерация қўлланилади. Мишяк сульфидини чўкмага тушириш учун биринчи боскичда эритма 70°С гача иситилади ва 70% ли сульфат кислота қўшилади. Фильтрат эса иккинчи боскичга узатилади, сўнг нордонлаштириш унга натрий карбонат эритмаси қўшилади ва темир сульфат эритмаси билан ишлов берилади.

Ушбу усул унумдорлиги юкори ва жараён узлуксиздир. Тозалаш жараёнининг минимал кўрсаткичи – 90%. Ушбу усулда қўшимча маҳсулотлар ҳам чикади: юкори сифатли элементар олтингугурт ва техник гипосульфид. Жараён давомида зарарли газ ажралиб чикмайди ва окова сувлар миқдори жуда кам.

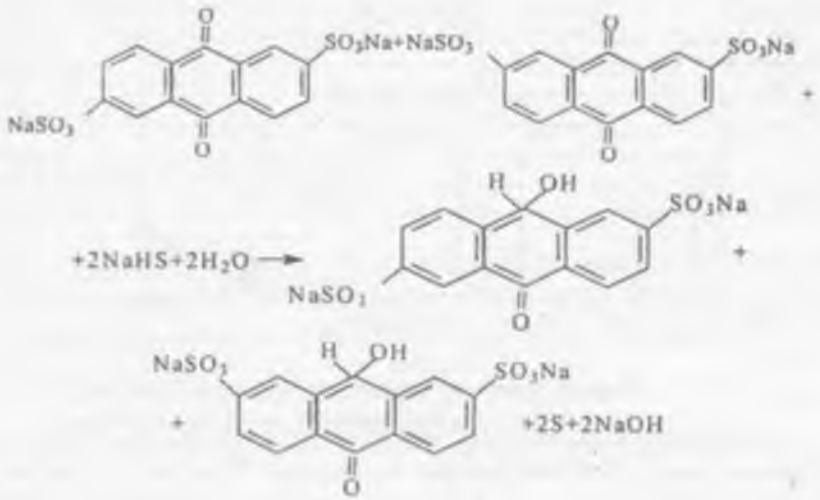
Камчиликлар: фаолланган компонент миқдори жуда кичик бўлгани учун жараённинг эритмани пуркаш зичлиги (1 м насадка ковурғасига >2,5...3,0 л/мин.) ва жадаллиги катта; курилма кўпол ва кўп хизматчилар талаб килади; мишяк тузлари заҳарли ва таннархи кнммат.

Стретфорд усули. Газларни водород сульфиддан тозалашнинг самарали усулларидан бири – *Na*-туз-антрахинон-2,6- ва 2,7-дисульфокислоталарнинг сувли ишкорий эритмаси (Стретфорд усули) билан ювиб тозалашдир.

Ушбу жараён куйидаги асосий боскичлардан иборат:

– водород сульфидин ютиб натрий гидросулфидини ҳосил килиш;

– антрахинондисульфокислота ҳосил килиш:



Қайта тикланган эритмадан олтингугуртни ажратиш ва карбонил бирикмаларни сувда эриган кислород билан оксидлаш.

pH=8,5...9,5 бўлган сув-ишкорий эритма билан газ ювиб тозаланади. Агар *pH* сон киймати юкори бўлса, гидросульфид ва антрахинондисульфокислотанинг карбонил гуруҳлари ионлари орасидаги реакция охиригача бормайди. Агар антрахинондисулфокислота эритмада ортикча миқдорда бўлса, натрий гидросульфид тўлик оксидланади. Одатда кислота концентрацияси 0,2...0,5% бўлади. Ушбу концентрация гидросульфид концентрациясидан 3...4 баробар кўплигини таъминлайдиган килиб циркуляция эритмасининг сарфи ростланади.

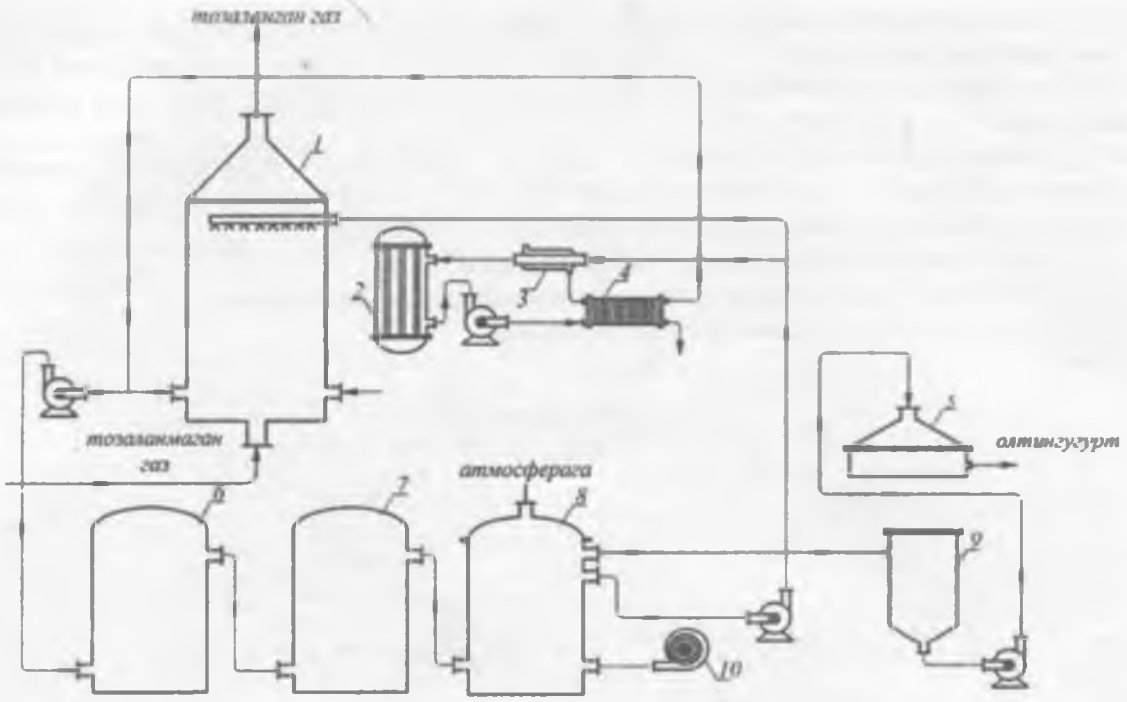
1.19-расмда Стретфорд усулида газни водород сульфиддан тозалаш технологик схемаси келтирилган.

Ювиш минораси 1 нинг пастки кисмидан газ юборилади, *Na*-туз-антрахинон-2,6- ва 2,7-дисулфокислоталарнинг сувли эритмаси эса курилма тепасидан киритилади. Иккала фаза ватарли насадка ўзаро масса алмашинади. Минора 1 дан чиккан газ реактор 6 ва 7 лардан бирин-кетин ўтказилади. Натижада олтингугурт ажралиб чикади ва тегишли гидрохинонлар ҳосил бўлади.

Реактордан сўнг эритма оксидлаш минора 8 га узатилади ва у ерда гидрохинонлар ҳаво билан тўкнашиш окибатида хинонларга айланади. Вакуум-фильтрда ажратиб олинган олтингугурт юкори даражадаги тоза модда бўлади. Эритма кайтадан циклга ҳайдалади.

Антрахинондисулфокислота заҳарлимас ва курилмани коррозияга учратмайди.

Газларни олтингугуртдан тозалаш усулини танлашда олтингугурт бирикмаларининг кимёвий таркиби ва бошка омиллар мухим аҳамиятга эга. Агар газ таркибида ноорганик ва органик олтингугуртли аралашмалар бўлса, одатда, бундай газлардан аввал водород сульфид ажратиб олиниши шарт.



1.19-расм. Газларни водород сульфиддан Стретфорд усулида тозалашнинг технологик схемаси:
1-ювиш минораси, 2-декарбонизатор, 3-иситкич, 4-совуткич, 5-фильтр, 6-биринчи реактор, 7-иккинчи реактор, 8-оксидлаш минораси; 9-олтингугурт тиндиргичи, 10-турбогазодувка

Газларни қурук усулда тозалашнинг энг асосий афзаллиги, юкори даражада тозалаш мумкинлигидир. Фаолланган кўмир ёрдамида оксидлаб тозалаш усулини факат йирик саноат қурилмаларида қўллаш тавсия этилади. Темир гидрооксиди билан газларни водород сульфиддан тозалаш кичик қурилмаларда ва юкори углеводородли газларни кайта ишлашда қўллаш максадга мувофикдир.

Газларни ювиб тозалаш усулларидан водород сульфид концентрацияси жуда юкори (40 г/м^3 гача) бўлганда фойдаланилади.

1.10. Газларни ацетилендан тозалашнинг абсорбцион усуллари

Газ таркибидан катта миқдордаги ацетиленни ажратиш учун асосан абсорбцион усуллар қўлланилади. Табиий газни кайта ишлашнинг бир неча хил усули маълум: электрокрекинг, термик крекинг, оксидловчи пиролиз. Ушбу усуллар бир-биридан метан парчаланиши рўй берадиган реакцион зонага иссикликни узатиш усули билан фаркланади.

Электрокрекинг усулида талаб этиладиган юкори температура (~1600°С) реактор учларида жойлашган иккита электрод орасидаги ёйсимон разряд ҳисобига эришилади.

Термик крекинг жараёни регенератив ёки трубали ўтхоналарда ўтказилади.

Регенератив ўтхоналарда дастлабки газ ва даврий равишда киздириладиган насадка ўртасида тўғридан-тўғри иссиклик алмашиниш рўй беради ва натижада реакцион зонада температура 1100...1300°С гача кўтарилади. Ушбу усул ***Вульф жараёни*** деб номланади.

Трубали ўтхоналарда реакцион газ ва иссиклик элиткич ўртасидаги иссиклик алмашиниш жараёнини ажратиб турувчи девор оркали амалга оширилади. Зарур иссиклик миқдори қурилманинг ўт ёкиш зонасида газни ёкиб олинади. Энг кенг тарқалган усуллардан бири бу метанни термооксидловчи пиролиз килиш усулидир. Қисман газни кислород ёрдамида махсус ёндиргичда ўт олдириш мазкур усул асосини ташкил этади.

Турли усулларда метанни парчалаш натижасида ҳосил қилинган газлар таркиби 1.20 жадвалда келтирилган.

1.20-жадвал

№	Компонентлар	Оксидловчи парчаланиш	Электрокрекинг	Вульф жараён	Трубали ўтхонада крекинг
1.	Водород	55,4	46,7	70,6	40,4
2.	Углерод монооксиди	26,3	0,5	0,4	2,15
3.	Метан	3,6	33,8	15,7	26,1
4.	Азот	3,0	4,6	3,1	2,3
5.	Кислород	1,0	0,4	0,1	-
6.	Углерод диоксиди	3,1	0,4	-	0,2
7.	Олефинлар	0,29	0,4	-	14,6
8.	Пропадиен	0,032	-	-	0,5
9.	Ацетилен	7..8	13,2	9,8	12,8
10.	Метилацетилен	0,05	-	-	0,08
11.	Дивинил	0,006	-	-	-
12.	Винилацетилен	0,04	-	-	-
13.	Диацетилен	0,7...0,23	-	0,3	0,02

1.23-жадвалдан кўриниб турибдики, пирогаз таркибида водород ва углерод диоксиди кўп миқдорда, уларни аммиак ва метанол ишлаб чиқаришда қўллаш мумкин. Ундан ташқари, пирогаз таркибида органик синтези саноати учун муҳим хом-ашё бўлмиш ацетилен ва этиленлар мавжуд.

1.10.1. Пирогазни коракуядан тозалаш технологияси

Реакцион зонада ацетиленни парчаланиши натижасида реактордан чиқишда пирогаз таркибида маълум миқдорда коракуя бўлади. Реакция қуйидаги кўринишга эга:

$$C_2H_2 \rightarrow 2C + H_2 + Q \qquad (1.72)$$

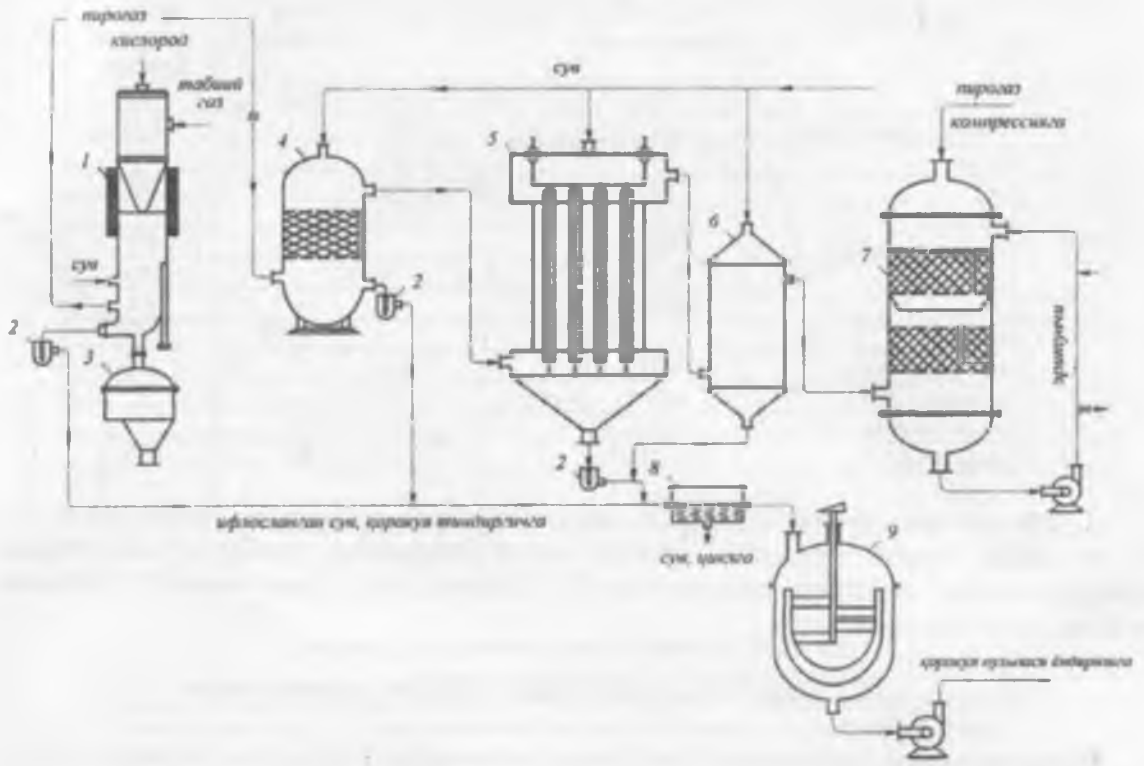
Пирогаз таркибида коракуянинг бўлиши қайта ишлаш жараёнини қийинлаштиради. Шунинг учун пирогаз албатта тозаланади. 1.20-расмда метанни термооксидлаш пиролиз усулида газни коракуядан тозалашнинг варинтларидан бири келтирилган.

Қурилманинг реакцион зонасида ҳосил бўладиган коракуянинг бир қисми реакцион канал деворларига ўтиради ва зичланиб боради. Вақти-вақти билан ушбу коракуя қатлами ҳам айланма, ҳам илгарилама-қайтма ҳаракатланаётган шарошка ёрдамида механик усулда кириб олинади. Қириб олинган коракуя курилманинг пастки қисмидаги бункерга тушиб кетади. Қоракуянинг бир қисми пирогаздан реакторнинг термик ишлов зонасида ажратиб олинади. Термик ишлов бериш ва ацетиленнинг парчалинишига тўскинлик қилиш учун ҳамда пирогазни тез совитиш учун совук сув пуркалади. Термик ишлов бериш зонасида пирогаз 80°С гача совийди.

Термик ишловдан сўнг пирогаз ичи бўш скрубберга узатилади ва коракуянинг асосий қисмини ушлаб колиш учун иссик сув ёрдамида ювилади. Жуда юкори даражада тозалаш учун икки хил усул бор: биринчиси, майда (8...15 мм ли) кокс заррачали катламдан ўтказилиб ва оз миқдордаги совук сув пуркалиб фильтрланади. Вакти-вакти билан кокс заррачалари иссик сув билан ювиб регенерация килинади. Тозаланган газ таркибида 10...30 мг/м^3 коракуя бўлади, яъни бу усул билан дағал тозалашга эришиш мумкин. Газдаги колиб кетган коракуя компрессор ички деворларига ва ҳаракатланаётган қисмларига ёпишиб, унинг ишлашини ёмонлаштиради.

Газларни коракуядан тозалаш (<1...3 мг/м^3)да юкорирок даражага эриши учун махсус конструкцияли электр фильтрларни қўллаш максадга мувофикдир. Бу турдаги

қурилмаларда коракуя заррачалари электродга ўтириб колади ва окиб тушаётган юпка катламли сув билан ювилиб, окова сув кўринишида чикиб кетади.



1.20-расм. Пирогазни коракуядан тозалашнинг технологик схемаси:
1-реактор, 2-гидрозатворлар, 3-бункер, 4-скруббер, 5-электр фильтр, 6-кўпикли курилма, 7-форабсорбер, 8-коракуя чўктиргич, 9-аралаштиргич.

Ушбу усулда тозалашнинг асосий камчилиги шундаки, пирогаз таркибидаги кислород миқдори ((<0,6...0,8 ҳажм. %) ни қаттиқ назорат қилиш керак. Электр фильтр ичида электр ёйи ҳосил бўлиш хавфидан келиб чиққан ҳолда, газ аралашмасида кислород миқдори ортикча бўлмаслиги керак. Агарда пирогаз таркибидаги кислород белгиланган кўрсаткичдан ошиб кетса, махсус ёпувчи мослама электр фильтрни ўчиради. Пирогаз таркибидаги кислород миқдори жуда кўп тебраниб турса, электр фильтр тез-тез ўчади ва окибатда бутун технологиянинг ишлаш режими бузилишига олиб келади.

Ундан кейин газ 30...40°С температурагача сув ёрдамида кўпикли скруббер 6 да совутилади ва сўнг форабсорбер 7 га узатилади. Унда газ эритувчи билан ўзаро таъсирда бўлиб, ароматик бирикма ва чакичсимон аралашмалардан тозаланади.

Сув ва коракуядан иборат аралашма коракуя чўктиргич 8 га тиндириш учун узатилади. Суюклик устига сузиб чиққан коракуя заррачалари қурилма тарновига кирғич ёрдамида сурилади ва у ерда сув билан аралаштиргич 9 га ювиб туширилади. Ушбу курилмада жадал аралаштириш натижасида коракуя пульпаси ҳосил бўлади ва насос ёрдамида ёкиш учун ўтхонага узатилади.

1.10.2. Ацетиленни ажратиб олувчи селектив эритувчилар

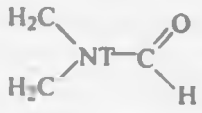
Пирогаздаги ацетилен абсорбция усулида селектив эритувчилар билан ажратилади. 1.21-жадвалда C_2H_2 нинг эрувчанлик коэффициент (1 ҳажм эритувчига тўғри келадиган газ ҳажми) ларининг 760 мм.сим.уст. ва 25°С температурадаги кийматлари келтирилган.

1.21-жадвал

Номи	Эрувчанлик коэффициенти	Номи	Эрувчанлик коэффициенти
Гексаметилфосфортриамид	43	Метилформиат	20
Диметилформамид	33,5	Метилацетат	19,5
Метилпирролидон	38,7	Метилфосфат	19
Тетраметилметилфосфондиамид	33	Этилфосфат	19
Диметилсулфоксид	32	Ацетон	18,9
Тетраметиленсулфоксид	30,7	Ацетон, температура -40°С да	159
Тетраметилкарбамид	25.6	Этилацетат	18,2
Диметилацетамид	24.4	Диэтилформамид	17,5
Ацетилпирролидон	24.2	Бутиролактон	15
Ацеталдегид	24.1	Ацетонитрил	14
Тритетраметиленфосфортриамид	22.3	Метилбензоат	10,2
Метилал	22,3	Метанол, температура -40°С да	28,2
Метилнафтодиоксан	22	Аммиак, температура -49°С да	154

Жадвалда кайд этилган эритувчиларни 2 га ажратса бўлади: паст температурали (ацетон, метанол, аммиак) ва оддий температураларда қўлланиладиган (диметилформамид, метилпирролидон) эритувчилар.

Диметилформамид (ДМФ) – бу рангсиз, махсус ҳидли, осон ҳаракатланувчи суюкликдир.



(1.73)

Одатда, ДМФ ни диметиламин билан метилформиатни таъсир эттириб олинади:

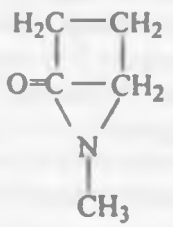
$$HCOOCH_3 + NH(CH_3)_2 \rightarrow HCON(CH_3)_2 + CH_3OH \qquad (1.74)$$

Диметилформамид синтетик толалар, лок-бўёқлар, пигментлар, турли хилдаги елимлар ишлаб чиқаришда қўлланилади. ДМФ сув билан исталган нисбатда аралашади; сув билан иситилганда чумоли кислота ва диметиламинлар ҳосил бўлади:

$$CHON(CH_3)_2 + H_2O \rightarrow HCOOH + (CH_3)_2NH \qquad (1.75)$$

Ушбу реакция ДМФ нинг коррозион фаоллигини белгилайди, чунки чумоли кислота билан 33% ***HCOOH*** бўлган азеотроп аралашма ҳосил қилади. ДМФ пўлат, латун ва мисларга коррозион таъсир этади, лекин алюминий ва легирланган пўлатлар унинг таъсирига бардош бера олади. Ушбу муҳитда ишлатиладиган қурилмаларда қистирма сифатида политетрафторэтилен, полиэтилен ва асбестларни қўллаш тавсия этилади.

ДМФ заҳарли модда бўлиб, унинг ҳаводаги рухсат этилган чегаравий миқдори 50 мг/м^3.



(1.76)

N-метилпирролидоннинг ацетиленга нисбатан ютиш кобилияти жуда юкори ва ДМФга караганда заҳарлилиги анча кам. Сувсизлантирилган N-метилпирролидон ўзига хос ҳиди бўлган рангсиз суюкликдир.

~10% сув бўлган *N*-метилпирролидон углеродли пўлатларни коррозия килмайди. Агар сув миқдорини 30% гача оширилса ва ҳаво таркибидаги кислород ҳисобига оз миқдорда коррозия юз беради.

1.22-жадвалда *N*-метилпирролидон ва диметилформамидларнинг физик-кимёвий хоссалари келтирилган.

1.22-жадвал

№	Кўрсаткичлар	NMП	ДМФ
1.	Молекуляр огирлик	99	73,1
2.	Температура, °С		
	кайнаш	205	153
	музлаш	-24,2	-67
3.	Зичлик 20 °С да, г/см^3	1,033	0.9496
4.	Солиштирма иссиклик сиғим, кал/моль		
	20 °С да	39,6	37,57
	50 °С да	-	37,11
5.	Сиртий таранглик, дин/см		
	20 °С да	41,1	-
	22 °С да	-	35,9
6.	Қовушкоклик коэффициенти 20 °С да. сПз	1,87	-
7.	Тўйинган буғлар босими, мм.сим.уст.		
	40,5 °С да	1,0	-
	25,0 °С да	-	3,7
8.	Синиш коэффициенти, n_D^{20}	1,460	1,428
9.	Буғланиш иссиклиги, ккал/моль	11,9	11,7

Пирогаз компонентларининг диметилформамид ва *N*-метилпирролидонларда эрувчанлик коэффициентлари 1.23-жадвалда келтирилган.

1.23-жадвал

Гуруҳ	. Компонент	Эрувчанлик коэффициенти α	
		ДМФ (25°С да)	NMП (20°С да)
I	Водород	0,04	0,05
	Азот	0,04	0,05
	Углерод монооксиди	0,06	0,055
	Кислород	0,11	0,055
	Метан	0,32	0,28
	Этан	1.5	-
	Этилен	-	2,24
	Углерод диоксиди	4,4	3,95
П	Пропилен	8,2	8,62
	Пропадиен	-	30,4
	Ацетилен	33,5	38,7
Ш	Метилацетилен	70	86
	Винилацетилен	35	407
	Диацетилен	145	98

Эрувчанлиги бўйича пирогаз компонентларини 3 гуруҳга ажратиш мумкин.

Биринчи гуруҳга эрувчанлик коэффициентлари паст бўлган азот, водород, кислород, углерод монооксиди ва бошкалар киради. CO_2 газининг эрувчанлиги ацетиленникига караганда бир неча маротаба кам. Биринчи гуруҳ компонентларининг пирогаз таркибидаги миқдори жуда кичик (1.26-жадвал).

Иккинчи гуруҳга қуйидаги компонентларни киритиш мумкин: пропадиен ва айрим олефинлар. Бу гуруҳ компонентларининг эрувчанлиги углерод диоксидидан кўп, лекин ацетиленникидан кам.

Учинчи гуруҳ компонентлари каторига эрувчанлиги ацетиленникидан юкори бўлган метилацетилен, винилацетилен, диацетилен ва ацетиленнинг бошка гомологлари киради.

Юкорида кайд этилган турли гуруҳ компонентларининг эрувчанлигини инобатга олиб, пирогаздан ацетиленни ажратиш энг содда ва осонлигини таъкидлаш лозим.

1.10.3. Ацетиленни ажратиб олиш технологияси

Пирогаздан ацетиленни ажратиб олишнинг технологик схемаси 1.21-расмда келтирилган. Дастлаб коракуядан тозаланган пирогаз кайтган газ билан аралаштирилади ва компрессор 1 га узатилади. Унда 10 атм. гача сикилган газ аралашмаси ацетилендан тозалаш абсорбери 2 га ҳайдалади ва у ерда ДМФ ёки NMП билан ювилади. Технологиядаги масса алмашиниш курилмаларида панжарали турдаги суюклик турмайдиган (провальные) тарелкалар қўлланилади. Тарелкадаги тешиклар кўндаланг кесимининг улуши 16...19% ни ташкил этади. Абсорбер тепа кисмида калпокча тарелкали ювгич 9 ўрнатилган. Бу курилмада, ацетилендан тозаланган газ кам миқдордаги конденсат билан ювилиб, эритувчи буғлари ушлаб колинади. Десорбер 10 ва 13 лардан чикаётган газларга ҳам худди шундай ишлов берилади.

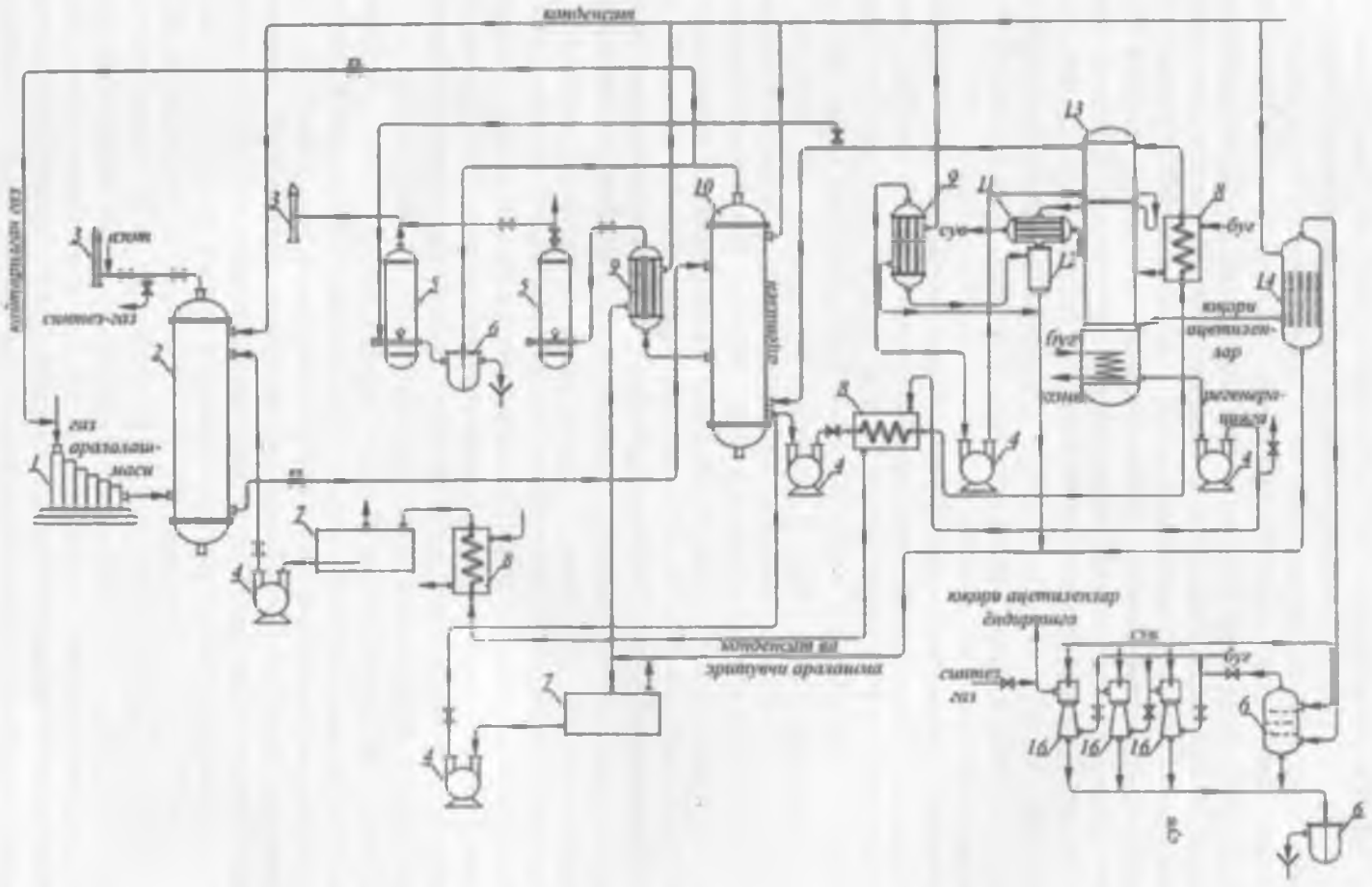
Бевосита масса алмашиниш курилмалари устига ўрнатилган ювгичлардан чиккан суюкликлар эритувчи билан кўшилади. Шунинг учун, ҳар бир кейинги курилмада эритувчи таркибидаги сув миқдори ортиб боради ва окибатда газнинг эрувчанлиги камаяди. 9,12 ва 14 курилмалардан чикаётган эритувчи ва конденсат аралашмаси сиғимли идиш 7 га йигилади ва ундан насос 4 ёрдамида десорбер 10 дан чикаётган окимга узатилади. Эритувчи бугларидан тозаланган газ ювгичнинг тепа кисмидан чикарилади ва редуцирлаш (редуцирование) килинганидан сўнг метанол ёки аммиак синтези учун ишлатилади. Кондицияга мос бўлмаган газ машъала (факел) 3 да ёкиб юборилади.

Тоза эритувчи совуткич 8 да 25...30°С гача совутилади, сўнг эса абсорбер 2 га идиш 7 дан насос 4 ёрдамида ҳайдалади. Тўйинган эритма редукцион клапан оркали десорбер 10 га узатилади. Бу ерда ростловчи клапан ёрдамида босим 1,2...1,3 атм. ва температура 30...40°С ушлаб турилади. Десорбер 10 иккита масса алмашиниш зонасидан таркиб топган. Пастки зона десорбер 13 дан келаётган газни ацетилендан тозалаш учун хизмат килади. Тепа зонадан окиб тушаётган эритувчи таркибидан пастки зонадан кўтарилаётган ацетилен ёрдамида I ва II гуруҳ компонентларини пуфлаб ажратилади. Ацетиленнинг I ва II гуруҳ компонентлари билан аралашмаси десорбер 10 нинг тепа кисмидан чикарилади ва эритувчининг буғлари ажратиб олингандан сўнг компрессор 1 га юборилади.

Қайтаётган газ окимининг сарфи ўзгармас килиб труба кувуридаги сарф ростлагич ёрдамида ушлаб турилади. Десорбер 10 нинг ўрта кисмидаги ён томон штуцери оркали тайёр маҳсулот товар-ацетилен ажратиб олинади. Кондицияга мос бўлмаган газ аланга 3 да ёкиб юборилади. Десорбер 10 да босим ортиши билан қайтаётган газ гидрозатвор 6 оркали аланга 3 га узатилади. Десорбер 10 нинг пастки кисмидан таркибида ацетилен ва II, III гуруҳ компонентлари бўлган эритувчи иситкич 8 оркали десорбер 13 га узатилади. Иситкичда эритувчи 65...70°С гача десорбер 13 дан чикаётган тескари оким иссиклиги ҳисобига киздирилади. Иситкичда эритувчи температураси 80...90°С гача кўтарилади.

Десорбер 13 учта масса алмашиниш зонасидан таркиб топган. Тепа зонага иситкичдан келаётган эритувчи узатилади ва 1,2...1,3 атм. босим остида ишлайди. Ацетилен ва бошка компонентларнинг десорбцияси иситкичда эритувчининг температурасини кўтарилиши туфайли самарали кечади. Шунинг учун, курилманинг тепа кисми термодесорбер ёки иссиклик десорбери деб аталади. Термодесорбердан чиккан десорбцияланган газ десорбер 10 га узатилади, таркибида етарли миқдорда ацетилен ва унинг гомологлари ҳамда сув бўлган эритувчи эса гидрозатвор 6 оркали десорбер 13 нинг ўрта кисмига юборилади.

Ушбу ўрта зона термодесорбердан тўсик билан ажратилган ва 70...100°С температура ва 0,25...0,4 атм. колдик босимда ишлайди.



1.21-расм. Атроф муҳит температурасида NMП ёки ДМФ лар ёрдамида ацетиленни абсорбциялаб ажратишнинг технологик схемаси:
1-компрессор, 2-абсорбер, 3-машъала, 4-насослар, 5-олов тўсқичлар; 6-гидрозатвор, 7-идишлар, 8-иситкичлар, 9-ювгичлар, 10- десорбер, 11-совуткич, 12-сепаратор, 13-вакуумли десорбер, 14-ёрдамчи колонна; 15-барометрик конденсатор, 16-буг-эжекцион қурилма

Бу зона эритмадан ацетиленни тўлик ажратиш учун мўлжалланган. Шу ернинг ўзида кисман III гуруҳ компонентлари ҳам десорбцияланади. Ажралиб чиккан ацетилен совуткич 11, сепаратор 12 ва ювгич 9 лар оркали ўтади ва газдан эритувчи буғлари ажратиб олинади. Сўнг, вакуум-насос 4 ёрдамида термодесорберга ҳайдалади. Эритувчи десорбер 13 нинг пастки кисмига окиб тушади. Пастки зона эритувчидан ацетиленнинг гомологларини ва сувни буғ-эжекцион қурилма 16 ёрдамида ажратиб олиш учун хизмат килади. Буғ-газ аралашмасидаги эритувчи буғлари конденсат пуркалаётган колонна 14 да ювилади. Шундай килиб, ректификацион система колонна 14 ва десорбер 13 нинг пастки кисмидан таркиб топган. Колонна 14 дан чиккан аралашма барометрик конденсатор 15 га узатилади ва унда сув буғлари конденсацияланади. Конденсацияланмаган газлар (ацетилен гомологлари) бир кисм синтез-газлар билан аралашиб буғ-эжектори 16 ёрдамида ёкишга жўнатилади. Барометрик конденсатор 15 ва буғ-эжектори қурилмаси конденсаторидан чиккан ифлосланган сувлар гидрозатвор 6 оркали канализацияга тушириб юборилади. III-гуруҳ компонентларини десорбциялаш учун десорбер 13 кубида эритувчи 115...125°С температурагача киздирилиб буғ-газ окими ҳосил килинади. Сўнг, сувсизлантирилган ва эриган газлардан ажратилган эритувчи иситкич 8 ва совуткич 11 лардан ўтказилиб идиш 7 га ҳайдалади, сўнг эса яна абсорберга пуркаш учун узатилади.

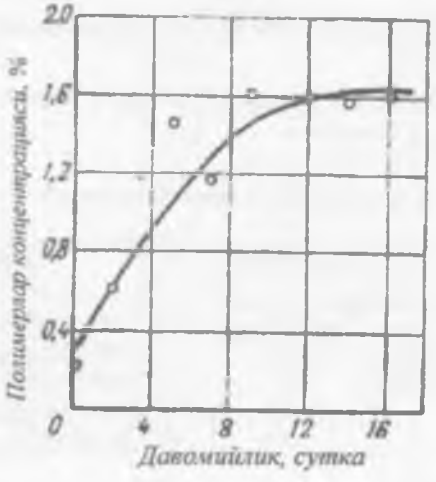
Ушбу усулда пирогаздан олинган маҳсулот таркиби 1.24-жадвалда келтирилган.

Пирогаздан олинган маҳсулотлар таркиби

1.24-жадвал

Синтез-газ		Товар ацетилен	
компонентлар	миқдори ҳажм. %	компонентлар	миқдори ҳажм. %
Водород	58,7	Ацетилен	98,85...99,25
Углерод монооксиди	28,7	Азот	0,04
Метан	3,9	Кислород	0,01
Кислород	1,1	Углерод диоксиди	0,1
Азот	3,4	Пропадиен	0,29...0,4
Углерод диоксиди	3,5	Метилацетилен	0,25...0,4
Олефинлар	0,2	Дивинил	0,04...0,07
Пропадиен	0,02	Винилацетилен	0,04...0,1
Ацетилен	0,2	Диацетилен	0,01...0,03

Вакуум-десорбер 13 да газларнинг десорбцияси юкори температурада кечади. Шунинг учун эриган ацетилен гомологларининг бир кисми полимерланишга дучор бўлади (1.22-расм). Эритувчида кўшимча маҳсулотларнинг йиғилиб бориши окибатида эритувчининг физик-кимёвий ва абсорбцион хоссалари ўзгаради.



1.22-расм. Диметилформамидда полимер концентрациясининг ўсиши.

Полимерлар жадал суръатлар билан янги эритувчида йиғилади ва унинг концентрацияси ~1% етади. Сўнг, полимернинг йигилиш тезлиги пасаяди. Бунга сабаб, эритувчида полимернинг концентрацияси 1% дан ортиб кетса, курилманинг эритувчи билан ҳўлланган ҳамма юзаларида полимер ўтириб колади. Айникса, ушбу жараён вакуум-десорбер 13 нинг пастки кисмида полимерланиш учун энг қулай шароитлар ҳосил бўлади. Бундай ҳолларда иситкичда иссиклик ўтказиш коэффициенти кескин равишда пасайиб кетади. Полимерларнинг иситкичларда ўтириб колиши уларни вакти-вакти билан тозалаш учун тўхтатишга олиб келади ҳамда яна қўшимча қурилма ўрнатишни тақозо этади. Шу сабабли, ~ 1% циркуляция қилаётган эритувчи узлуксиз равишда регенерацияга узатилади. Регенерация жараёнида ушбу эритувчи вакуум ҳайдаш йўли билан кайта тикланади.

Эритувчини регенерация килишнинг технологик схемаси 1.23-расмда тасвирланган.

Регенерация узатилаётган эритувчи насос 2 ёрдамида иситкич 1 ва биринчи боскич буғлаткичи 3 оркали ўтказилади. Иситкичда эритувчи 95...105°С температурагача буғ ёрдамида киздирилади, сўнг эса қолдик босим ~ 0,2 атм. буғлаткичда полимердан ҳайдалади. Эритувчини жадал суръатлар билан циркуляция қилиши иссиклик алмашиниш юзаларида полимернинг ўтириб колишини бартараф килади.

Эритувчининг буғлари кобик-трубали иссиклик алмашиниш курилмалари 4 да конденсацияланади. Конденсацияланмаган эритувчи биринчи эжекторга узатилган буғ билан аралаштирилади ва ундан кейин юзавий конденсатор 5 да конденсацияланади. Бундай технологик схема буғ билан эритувчининг йўкотилишларини бартараф қилади. 4 ва 5 курилмаларда ҳосил бўлган конденсат йиғгич 13 га окиб тушади ва ундан насос 17 ёрдамида ацетилен ажратиш қурилмасига қайтарилади.

Конденсацияланмаган газлар аралашиши конденсатори билан уланган иккинчи буғ эжектори ёрдамида атмосферага чикариб юборилади. Регенерациянинг биринчи боскич циклидан чакичли эритувчи кадоклагич 8 ёрдамида иккинчи боскич буғлаткичи 9 га узатилади. Иккинчи боскич буғлаткичи ромли аралаштиргичли цилиндрик идиш кўринишида бўлади. Жадал суръатлар билан аралаштириш окибатида чакичли эритувчи куюклашади ва ундан эритувчи буғ сифатида тўлик чикариб юборилади. Эритувчи буғлари худди регенерациянинг биринчи боскичига ўхшаш схема бўйича буғли эжектор ёрдамида ажратиб олинади. Эритувчидан бугни ҳайдаш тўхтатилгандан сўнг, буғлаткич ичидаги босим атмосфера босимигача пасайтирилади ва ичи сув билан тўлдирилади. Қолдик бўлмиш каттик полимер сув билан аралашганда пульпа ҳосил қилади ва уни ўтхонага ёкиш учун ҳайдалади. Биринчи қурилмани ювиш даврида, иккинчи буғлаткичда эритувчи буғлатиб ҳайдалади.

1.10.4. Паст температурада ацетиленни метанол билан абсорбциялаб ажратиш

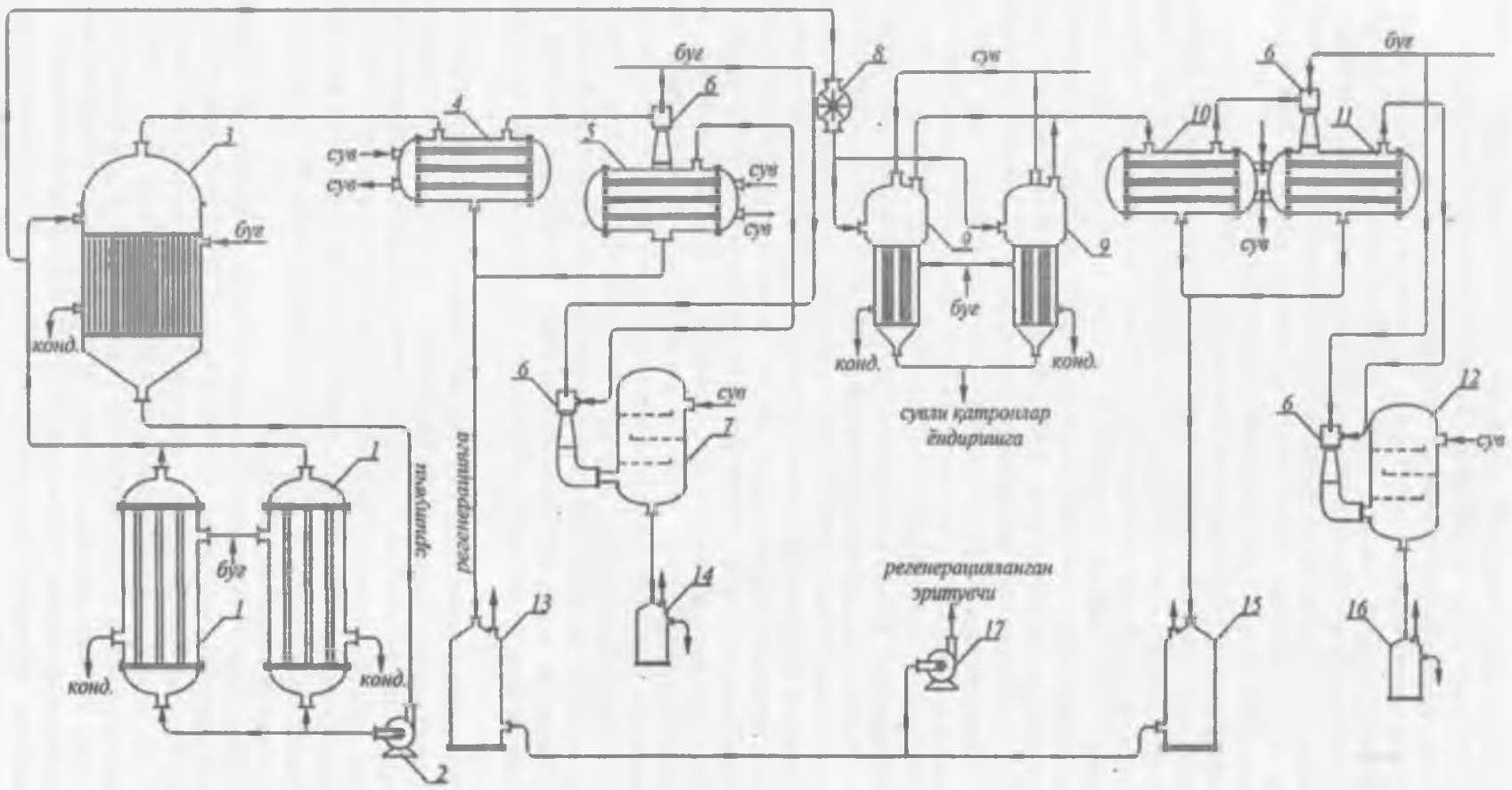
Пирогаз компонентларининг метанол эрувчанлик характеристикалари 1.25-жадвалда келтирилган.

760 мм.сим.уст. ва -40°С да пирогаз компонентларининг метанолда эрувчанлиги

1.25-жадвал

№	Компонент	Эрувчанлик, л/л	№	Компонент	Эрувчанлик, л/л
1.	Водород	0,087	6.	Углерод диоксиди	24,0
2.	Углерод монооксиди 20°С	0,180	7.	Ацетилен	76,8
3.	Кислород 18,5°С	0,190	8.	Метилацетилен	29.5
4.	Азот	0,220	9.	Винилацетилен	93,0
5.	Метан	1,090	10.	Диацетилен	400,0

Жадвалдан кўриниб турибдики, пирогаз компонентларининг метанолда эрувчанлиги аввалги параграф (1.10.2) дагига ўхшаш бўлиб уч гуруҳга бўлинади. Лекин «ацетилен-



1.23-расм. Эритувчини полимер ва қатрон моддалардан регенерация қилишнинг технологик схемаси:
1-иситкич, 2-насос, 3-биринчи боскич буғлаткичи, 4,5,10,11-юзавий конденсаторлар,
6-буғ эжекторлари, 7,12-аралашиш конденсаторлари, 8-кадоклагич, 9-иккинчи боскич

углерод диоксиди» системасига нисбатан селективлиги NMП ёки ДМФ ларникига караганда пастрок. Шунинг учун, ацетиленни метанол ёрдамида тозалашдан аввал пирогазни углерод диоксидидан ажратиш максадга мувофик.

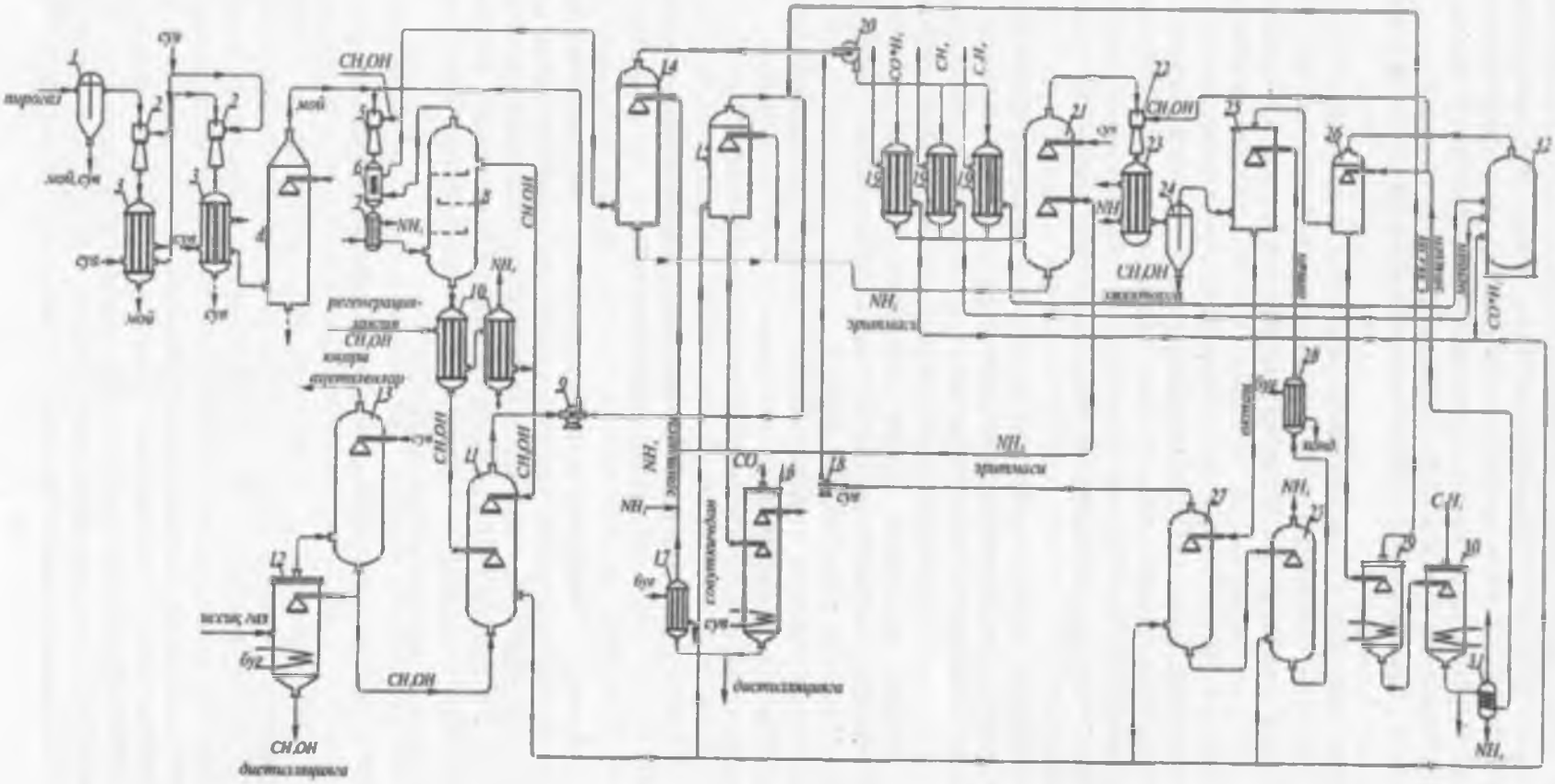
1.24-расмда бензинни крекинглаш натижасида олинган газ таркибидан ацетилен, этилен ва водороднинг углерод оксиди билан аралашмасини ажратиб олишнинг технологик схемаси келтирилган. Жараён 10 атм. босимда кечади. Ушбу босимда газ сепаратор 1 га юборилади ва газдан мой-сув аралашмаси ажратилади. Олинган мой-сув аралашмаси иккига ажратилгандан кейин мой кайтадан крекингга ёки ёкишга жўнатилади. Бир кисм мой колонна 4 да газни ювиш учун ишлатилади.

Сепаратордан температураси 165°С да чикаётган газ совуткич 3 да аввал 120°С гача, сўнг эса 30°С гача совутилади. Совуткич трубаларининг ифлосланмаслиги учун пирогазни курилмаларга узатишдан аввал унга эжектор 2 ёрдамида сув пуркалади. Охирги совуткичдан чикаётган газ мой пуркалаётган колонна 4 га узатилади ва унда чакичсимон моддаларнинг колдиги ютиб олинади. Колонна 4 дан окиб чикаётган мойдан битум ажратиб олинади ва колган кисми ёкиб юборилади. Колонна 4 дан чиккан газ компрессор 9 дан келаётган паст босимли газ билан аралаштирилиб эжектор 5 юборилади. Бу ерда газ окими метанол билан тўйинтирилади ва окибатда совуткич 6 ва 7 ларнинг трубаларида яхлаб колмаслиги таъминланади. Ундан ташкари, газ таркибидаги бир кисм оғир аралашмалар хам метанолда эрийди. Газ совуткич 6 да колонна 8 дан келаётган газ окими ёрдамида -10°С гача, сўнг эса совуткич 7 да суюк аммиак ёрдамида -35°С гача температураси пасайтирилади. Кейин газ метанол пуркалаётган колонна 8 га хайдалади. Даставвал метанол иссиклик алмашиниш курилмалари 10 да -40°С гача совутилади.Газ таркибидаги юкори ацетилен углеводород (III гуруҳ компонентлари) лари колонна 8 да ажратиб олинади. Колонна 8 дан чиккан эритма иситкич 10 дан ўтказилади ва колонна 11 нинг ўрта кисмига хайдалади. Колоннанинг пастки кисмида, 1,2...1,4 атм. босимда эритмани $CO+H_2$ фракцияси ёрдамида пуфлаб ацетилен ва этилен десорбцияланади.

Десорбцияланган газ янги метанол билан колонна 11 нинг тепа кисмида юкори ацетиленлардан ювиб тозаланади. Сўнг, ушбу газ компрессор 9 оркали газнинг асосий окими билан аралашишга узатилади. Юкори ацетиленларни метанолдан колонна 12 да иссик хаво ёрдамида десорбцияланади. Эритма буғ ёрдамида иситилади. Ишлатиб бўлинган газ окими ювгич 13 да метанол буғларини ушлаб колиш учун сув билан ювилади ва сўнг ўтхонада бензин ва кислород билан аралаштириб ёндирилади. Колонна 12 да регенерация килинган метанол таркибида сув бўлганлиги учун ректификация колоннасида дистилляция килинади.

Юкори ацетиленлардан тозаланган газ иситкич 6 да киздирилиб колонна 14 га узатилади. Бу ерда аммиакли сув ёрдамида газ таркибидаги углерод диоксиди ажратилади. Колонна 15 да карбонлашган аммиакли эритма $CO+H_2$ фракцияси ёрдамида пуфлаб ацетилен ва этилен десорбцияланади. Десорбцияланган газ компрессор 9 ёрдамида газнинг асосий окими билан аралаштирилади. Аммиакли эритма колонна 15 дан колонна 16 нинг пастки кисмига окиб тушади. У ерда совуткич 3 да ~130°С гача киздирилган сув ёрдамида углерод диоксиди десорбцияланади.

Колонна 16 нинг тепа кисми десорбцияланган углерод диоксиди таркибидан аммиакни сув билан ажратиш учун хизмат килади. Колонна 16 да регенерация килинган бир кисм аммиакли эритма дистилляцияга юборилади. Эритманинг асосий кисми эса, совуткич 17 дан ўтиб, 14 ва 21 курилмаларда пуркаш учун узатилади. Ушбу окимга янги аммиак хам кўшилади. Колонна 14 дан чиккан газ компрессор 18 да сикилган газ окими билан кўшилади, сўнг компрессор 20 да босими 31 атм. гача кўтарилади ва параллел окимлар килиб иситкич 19 лардан ўтказилади. Бу ерда касрли дистилляциядан -35°С температурада чикаётган газ окими билан совутилади. Колонна 21 га температураси 5°С да киради. Ушбу температурада газнинг углерод диоксидидан батамом тозаланади. Колоннанинг тепа кисмида аммиакни ушлаш учун газга сув пуркалиб ювилади ва



1.24-расм. Паст температурада ацетиленни метанол ёрдамида абсорбциялаб ажратишнинг технологик схемаси:

1,24-газдан суюк фазани ажратгич; 2,5,22-эжекторлар; 3,6,7,10,17,19,23,28,31- иситкичлар; 4-мой б-н ювиш колоннаси; 8,11,13-юкори ацетилен углеводородларидан газни тозалаш системасининг масса алмашиниш курилмалари; 9,18,20-компрессорлар; 14,15,16,21-газни CO_2 дан тозалаш учун масса алмашиниш курилмалари; 25,27- газни п-октан билан ювиш учун масса алмашиниш курилмалари; 26,29,30-ацетиленни ажратиш системасининг масса алмашиниш курилмаси; 32-касрли дистилляция курилмаси.

тозаланади. Аммиакли эритма колонна 14 дан келаётган эритма билан биргаликда юқорида қайд этилган усулда қайта ишланади.

Углерод диоксидидан тозаланган газ эжектор 22 да метанол билан туйинтирилади ва аммиакли совуткич 23 да -35°С температурагача совутилади. Сепаратор 24 да газ оқими метанолдан ажратилади ва сўнг эжектор 5 га ҳайдалади. Сепаратордан чиккан газ совук *н*-октанни пуркаб C_3 углеводород (асосан пропадиен ва метилацетилен) ларини абсорбция килиш учун мўлжалланган колонна 25 га узатилади.

Таркибида C_3 углеводородлари бўлган октан $CO+H_2$ фракция билан пуфлаб колонна 27 да регенерация қилинади.

Жараёндан чиқаётган газлар таркибида ацетилен ва этиленлар бўлади ва улар компрессор 18 дан келаётган газнинг асосий оқимига қўшиб юборилади. Регенерацияланган октан совуткич 28 дан сўнг пуркаш учун колонна 25 қайтарилади.

Колонна 25 дан чиқаётган газ таркибида ацетилен, этилен, метан, водород ва углерод монооксиди бўлади. Ундан ацетиленни ажратиш учун колонна 26 да -35°С температурага метанол билан абсорбцияланади. Метанолли эритма колонна 29 га окиб тушади ва у ерда 4 атм. босим остида оз миқдордаги ацетилен билан биргаликда инерт газлар десорбцияланади. Ушбу газлар компрессор 9 ёрдамида газнинг асосий оқимига қўшилади. Эритма таркибидаги ацетилен колонна 30 нинг змеевикида иситиш даврида десорбцияланади.

Айрим ҳолларда олинган маҳсулот фаолланган кўмирда қўшимча тозаланади. Регенерация қилинган метанол совуткич 31 да совутилгандан кейин пуркаш учун колонна 26 га узатилади. Ацетилени ажратиб олинган газ қурилма 32 га паст температураларда дистилляция қилиш учун юборилади. Дистилляция жараёнида қуйидаги: этилен, метан ва водороднинг углерод монооксиди билан аралашмали фракциялар олинади. Метан иситкичларда ёкилади; этилен ва $CO+H_2$ фракцияси айрим кимё саноатининг технологияларида хом-ашё қилиб ишлатилади.

Юқорида қайд этилган технологиянинг асосий афзаллиги шундаки, газ аралашмасини тўлик фракцияларга ажратиш мумкин.

Ушбу технологиянинг асосий камчилиги унинг мураккаблигидир.

1.10.5. Паст температурада ацетиленни суюк аммиак билан абсорбциялаб ажратиш

Суюк аммиак ацетиленнинг энг яхши эритувчисидир. Пирогаз компонентларининг суюк аммиакда эрувчанлиги бўйича 3 гуруҳга ажратиш мумкин (1.26-жадвал).

Углерод диоксиди суюк аммиак билан ўзаро таъсирда бўлганидан кейин бирикмалар ҳосил килади ва улар аммиакда эримайди. Шунинг учун, углерод диоксиди пирогаз таркибидан тозаланади, чунки қўшимча маҳсулотлар билан қурилма ва жиҳозларнинг тикилиб қолишига сабабчи бўлади.

Суюк аммиакда пирогаз компонентларининг эрувчанлиги

1.26-жадвал

№	Компонентлар	Эрувчанлик, л/л	Босим, атм.	Температура, °С
1.	Водород	0,97	15	25
2.	Азот	2,10	25	25
3.	Метан	10,7	40	-20
4.	Этилен	2,37	1	-45,6
5.	Ацетилен	73,4	0,37	-42,4
6.	Метилацетилен	4,4	0.0066	-44,4
7.	Винилацетилен	15.8	0,0066	-44,4
8.	Диацетилен	160	0.0066	-44,4

Пирогаз таркибидан ацетиленни суюк аммиак ёрдамида абсорбциялашнинг технологик схемаси 1.25-расмда келтирилган.

Қатрон ва коракуялардан тозаланган пирогаз қайтган газлар билан газгольдерда аралаштирилади ва компрессорда 9,5 атм. сиқилади. Сўнг, сиқилган газ колонна 1 га узатилади ва у ерда 10°С температурада керосин билан ювилади. Шунда, пирогаздан III гуруҳ компонент (метилацетилен тўлик ютилмайди) лари ажратиб олинади. Абсорбция жараёни учун кайнаш температураси 206°С бўлган юқори парафинли керосин ишлатилади. Абсорбцияга узатишдан аввал иситкич 3 да, кейин аммиакли буғланиш қурилмаси 2 да 8°С гача совутилади.

III гуруҳ компонентлари ва қисман ацетилен билан тўйинган керосин иситкич 3 да, сўнг 4 ларда 35...40°С гача иситилади ва десорбер 7 га юборилади. Бу ерда 1,1...1,05 атм. босимда синтез-газ ёрдамида эритувчидан ацетилен сиқиб чиқарилади. Десорбция газлари газгольдерга узатилади.

Ацетилендан тозаланган керосин десорбер 7 дан йиггич 6 оқиб тушади. Сўнг, насос 8 ёрдамида иситкич 9 ва буғли иситкич 10 оркали ацетилен гомологлари абсорбери 11 га йўналтирилади. Ушбу қурилмада босим 1,7...1,8 атм. да ва 150°С температурада эритувчидан III гуруҳ компонентлари синтез-газ ва метан аралашмаси билан тўлик десорбцияланади. Десорбция газлари пиролиз бўлимидаги газли иситкичларида ёқиб юборилади. Десорбер 11 дан регенерация қилинган газ насос 12 ёрдамида иситкич 9 ва 3 лардан, совуткич 5 ва аммиакли буғланиш қурилмаси 2 ўтказилиб, кайтадан ацетилен гомологлари абсорберига пуркаш учун ҳайдалади. Керосиннинг бир қисми ароматик бирикмаларни форабсорбция килиш учун циклдан ажратиб олинади. Тозаланган пирогаз газгольдерга ҳайдалади. Йиғгич 6 га янги керосин қўшилади.

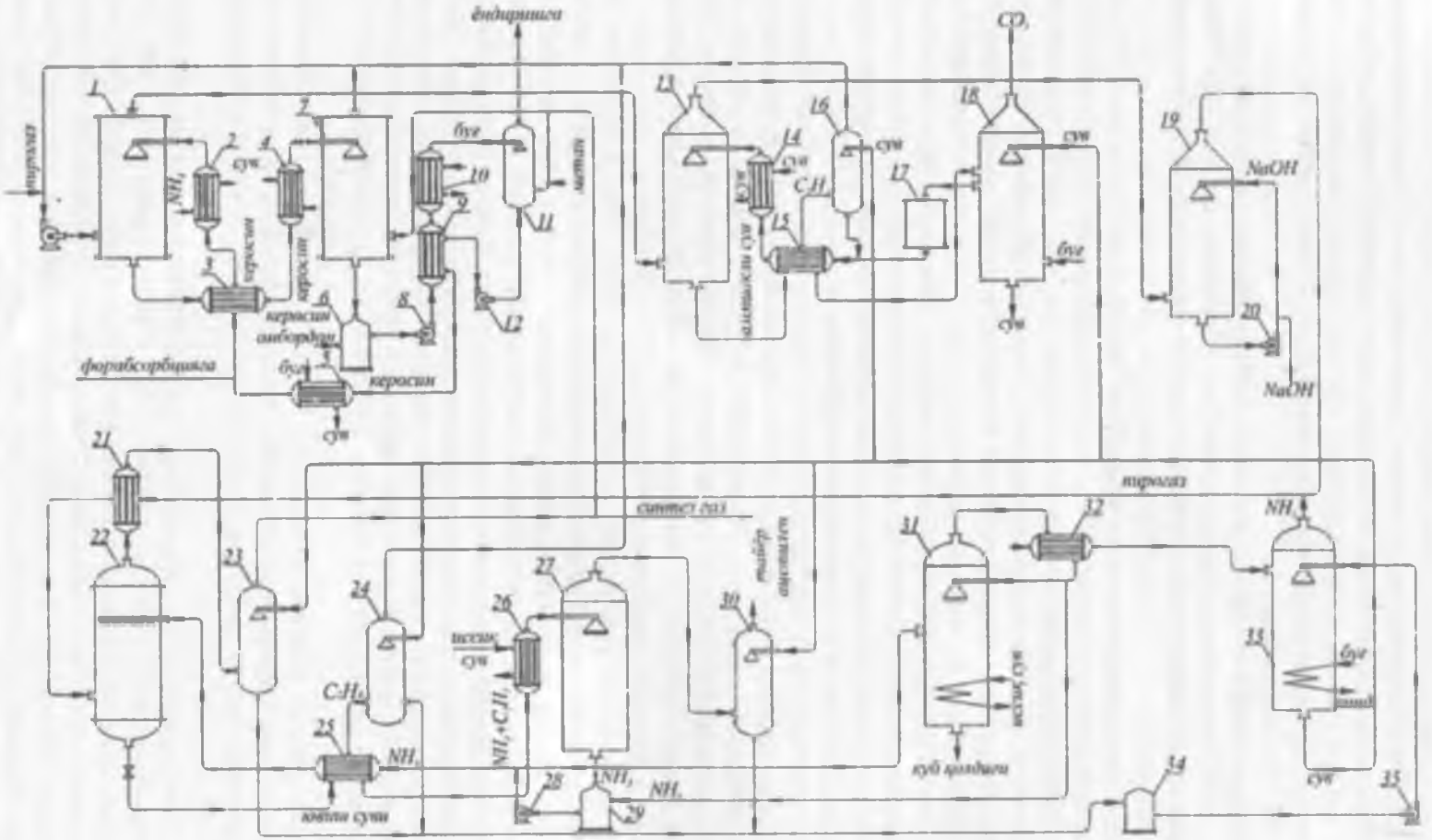
Абсорбер 1 дан III гуруҳ компонентларидан ажратилган пирогаз чикади ва у углерод диоксидидан тозалаш учун колонна 13 га юборилади. Колоннада аммиакли сув (80 г/л эриган аммиак) пуркалади. Жараён 8,7...8,8 атм. босимда ва 25...30°С температурада ўтказилади. Колонна 13 га аммиакли сув регенерация колоннаси 18 дан келади, лекин даставвал иситкич 15 ва совуткич 14 ларда 20...25°С гача совутилади. Аммиакли сув билан ювилган пирогаз таркибида 0,2...0,3 % CO_2 бор.

Колонна 13 да аммиакли сув пирогаз таркибидан на фақат углерод диоксиди, балки қисман ацетилен ҳам ютиб олади. Эритма таркибидан уни иситкич-сепаратор 15 ажратиб олинади. Десорбцияланган ацетиленни аммиак буғларидан тозалаш учун колонна 16 да сув ёрдамида ювилади ва пирогаз газгольдерига қайтарилади. Иситкич 15 дан ўтказилган углерод диоксиди билан тўйинган аммиакли сув регенерация колоннаси 20 га узатилади.

Углерод диоксидининг десорбцияси колоннанинг ўрта қисмида содир бўлади. Колоннанинг тепа қисмида газ аммиакни ажратиш учун сув билан ювилади ва ундан кейин атмосферага факел оркали чиқариб ташланади. Регенерация қилинган аммиакли сув колонна ўрта қисмидан олинади ва совутилади, сўнг эса насос 17 ёрдамида колонна 13 га ҳайдалади.

Колоннанинг пастки қисмида жойлашган кубдаги ортиқча сувнинг таркибидан аммиак миқдорини пасайтириш учун ўткир буғ юборилади. Кубдан чиқаётган сувни иситкичларда иссиқлик элткич сифатида, совигандан кейин эса - ювиш колонналарида узатилади..

Колонна 13 дан чиккан пирогазни CO_2 дан ишқор ёрдамида тозалаш учун колонна 19 га юборилади. Ишкорий абсорбция жараёни 27°С температурада ва 8,5 атм. босим остида ўтказилади, яъни ишкор фақат колоннанинг тепа қисмидан пуркаш учун, колган қисмида эса пуркаш зичлигини таъминлаш учун колонна кубидаги эритма насос 20 ёрдамида ҳайдалади. Колонна 19 дан чикишда пирогаздаги CO_2 нинг миқдори 100 $см^3/м^3$ ни ташкил этади. Таркибида фақат ацетилен ва I гуруҳ компонентлари бўлган тоза газ суюк аммиак билан ацетилен абсорбциясига узатилиши мумкин. Ацетиленни абсорбция килиш учун пирогаз синтез-газ иситкич 21 да -15...-18°С гача совутилади.



1.25-расм. Паст температурада ацетиленни суюқ аммиак ёрдамида ацетилендан абсорбциялаб ажратишнинг технологик схемаси:
1,7,11-керосин б-и тозалашнинг масса алмашиниш қурилмалари, 2,3,4,5,9,10,14,15,21,25,26,32-иситкичлар, 13,18,19-газни CO_2 дан тозалашнинг масса алмашиниш қурилмалари, 16,23,24,30-газ ювгичлар, 6,29,34-йиғгичлар, 8,12,17,20,28,35-насослар, 22,27,31,33-аммиак системасининг масса алмашиниш қурилмалари

Ацетиленни суюк аммиак билан абсорбциялаш жараёни 8 атм. босимда ва -35...-38°С температурада абсорбер 22 да амалга оширилади. Пуркаш учун ишлатиладиган суюк аммиак иситкич 25 да эритма билан совутилади. Газ ва суюкликни колоннада қўшимча совитиш жараёни аммиакнинг қисман буғланиши ҳисобига кечади. Ацетилен абсорберидан чиқаётган синтез-газдаги аммиак сув билан колонна 23 да ювилади ва истеъмолчига берилади. Унинг таркибидаги аммиак миқдори 50 $см^3/м^3$ дан кам.

Ацетилен абсорберидан аммиакли сув 5 атм. гача дросселланади ва ундан кейин иситкич-сепаратор 25 оркали ўтказилади ва температураси -5...-3°С гача иситилади. Иситкич-сепараторда этилен, I гуруҳ компонентлари ва қисман ацетилен десорбцияланади. Десорбция газларидан аммиакни ажратиш учун сув билан 30°С ва 1,4 атм. босимда колонна 24 ювилади ва пирогаз газгольдерига ҳайдалади. Иситкич 26 да қиздирилган аммиакли эритма ацетилен десорбери 27 юборилади ва у ерда 5 атм. босим ва 2...3°С температурада тоза ацетилен десорбцияланади.

Десорбцияланган ацетилен колонна 30 да сув билан ювилади ва истеъмолчига берилади. Унинг таркибидаги аммиак миқдори 50 $см^3/м^3$ дан кам.

Суюк аммиак десорбер 27 дан йиғгич 29 га насос 28 ёрдамида ацетилен абсорберига кайтадан узатилади. Бир қисм аммиак дистилляцион колонна 31 га юборилади ва у ерда температура 40...45°С ва 16 атм. шароитда сув ва ацетилен гомологларидан ажратилади. Конденсатор 32 флегма олиш учун хизмат қилади ва ундан дистиллят четга олинади. Колонна 23,24 ва 30 ларда пуркалган сув йиггич 34 га тўпланади ва буғ билан иситилаётган колонна 33 да ҳайдалади.

Пуркалган сувлар колонна кубида 19 атм. босим ва 200...210°С температурали шароитда дистилляция қилинади. Дистилляция жараёнида ҳосил бўлган ацетилен ва аммиак аралашмаси пирогазга қўшиб юборилади.

Пирогазга аммиак қўшилиши иситкич 21 да сувнинг музлаш олдини олади. Колонна 33 нинг кубидаги сув иситкичларда ишлатилгандан сўнг колонналарда пуркаш учун қўлланилади.

1.27 ва 1.28-жадвалларда олинган газларнинг таркиб ва миқдорлари келтирилган.

Товарли ацетилен

1.27-жадвал

№	Компонент	Ҳажмий %
1.	Ацетилен	99,6
2.	Этилен	<0,1
3.	Метилацетилен	<0,2
4.	Аммиак	<50 $см^3/м^3$
5.	CO, H_2 ва б.	<0,1

Синтез-газ

1.28-жадвал

№	Компонент	Ҳажмий %
1.	Водород	64,7
2.	Азот	2,3
3.	Углерод монооксиди	27,9
4.	Метан	4,6
5.	Ацетилен	0,1
6.	Этилен	0,5
7.	Пропадиен	0,01
8.	Аммиак	<50 $см^3/м^3$

Ушбу усулнинг асосий камчиликларидан бири унинг мураккаблиги ва бир неча хил эритувчи қўлланишидир. Ундан ташқари, юқори температурада керосинни регенерация қилиш жараёнида ацетилен гомологларининг полимерланиши мумкин ва натижада тозалаш жараёни қийинлашади. Усулнинг афзалликлари: эритувчилар арзон ва бошқа усулларга караганда олинаётган маҳсулотлар сифати юкори.

1-боб. Табиий газни тозалаш бўйича

Мустакил тайёрланиш ва кайтариш учун саволлар

1. Табиий газ нима?
2. Табиий газнинг таркибий кисмларини таърифлаб беринг.
3. Табиий газ ёниш жараёни формуласини ёзинг.
4. Эритувчининг абсорбцион сигими нима?
5. Эритувчининг селективлигини аниклаш формуласини келтиринг.
6. Абсорбция статикасида диффузия жараёни критериал тенгламасини ёзинг.
7. Ишчи катлам нима дейилади?
8. Адсорбент нима?
9. Абсорбентнинг мувозанат фаоллиги нима дейилади?
10. Фаолланган кўмирлар ва уларнинг хоссалари.
11. Силикагель, унинг афзаллик ва камчиликлари.
12. Цеолитлар нима?
13. Саноатда цеолитнинг кўлланиладиган турларини келтиринг.
14. Уюрмавий трубанинг конструктив схемасини чизинг.
15. Адиабатик окиб чикиши натижасида газнинг термодинамик температурасини аниклаш формуласини келтиринг.
16. Уюрмавий самара ёрдамида табиий газни оғир углеводлардан тозалаш курилмасининг схемасини чизинг.
17. Газни сув билан ювиб CO_2 дан тозалаш технологиясининг схемасини чизинг.
18. Газларни CO_2 дан моноэтаноламин ёрдамида тозалаш технологик схемаларини ифодаланг.
19. Газларни CO_2 дан тозалаш усуллари технологияларини келтиринг.
20. Ацетиленни ажратиб олиш технологиясини таърифлаб беринг.

2-боб. ПОЛИМЕРЛАР КИМЁСИ ВА ФИЗИК-КИМЁСИ

2.1. Полимерлар. Умумий тушунчалар

Полимерларнинг асосий массасини органик моддалар ташкил этади, аммо ноорганик ва элемент органик полимерлар ҳам мавжуд. Полимерларни ажратиб турувчи хоссалари шундан иборатки, унинг молекуласи ҳосил бўлиш жараёнида жуда катта миқдорда бир ёки турли хил паст молекулали модда (мономер) ларнинг молекулалари бирлашади. Бунинг оқибатида ***макромолекула*** деб номланувчи узун занжирли молекула барпо бўлади. Макромолекула бу – паст молекулали, такрорланувчи таркибий бирлик ёки элементар звено бўлиб, ўзаро мустаҳкам кимёвий боғланган система. Макромолекулалар эса ўзаро суст физик молекулалараро кучлар билан боғлангандир.

Макромолекулалар занжирли тузилиши ва занжир бўйлаб ва занжирлараро боғланишининг турлилиги полимер материалнинг алоҳида физик-кимёвий хоссалари (бир вактнинг ўзида енгил, мустаҳкам ва эластик ҳамда тола ва юпқа қатламли материал ҳосил қилиш кобилияти) нинг мажмуасини белгилайди. Полимерларнинг суюкликларда ҳажмининг салмокли ортиши, шу билан бирга агрегат ҳолати қаттиқ жисм ва суюқлик оралиғидаги бир қатор системалар ҳосил қилишига макромолекулаларнинг занжирли тузилиши сабабчи ва масъулдир. Полимерлар эритмаларининг ковушкоклиги жуда юкори.

Мономерларнинг макромолекулаларга бирлашиши кимёвий реакция натижасида рўй беради. Ушбу реакциялар занжирли ёки поғонали жараёнлар конунлари асосида содир бўлади. Макромолекуладаги звеноларнинг қайтарилиш сони полимернинг молекуляр массасини белгилайди ва бир неча ўн, юз минг ва миллион углеродлар бирлигига тенг бўлиши мумкин. Қайси реакция ёрдамида олинишидан қатъи назар, ўлчами турлича бўлган макромолекулалар тўпламидан иборат. Шунинг учун, полимернинг молекуляр массаси кандайдир ўртача катталикдир.

Одатда полимерни юкори температурада қайта ишлаш жараёнида унга зарур турли қўшимчалар киритилади. Температура таъсирида қайта ишлаш жараёнида полимерда молекула уст (надмолекулярная) ёки янги кимёвий (ҳажмий) таркиб барпо бўлади ва у ҳосил бўлган материалнинг физик-механик хоссаларини белгилайди.

Полимерлар таркиби ва хоссалари орасидаги боғлиқликнинг мавжудлиги қуйидаги: биринчидан - зарур механик хоссалар мажмуасини олиш учун аниқ бир йўналишда синтез қилиш ва қайта ишлашнинг оптимал режимларини танлаш; иккинчидан – агар материалнинг физик-механик хоссалари маълум бўлса, унинг таркиби тўғрисида фикр юритиш имкониятларини беради.

2.1.1. Полимерлар ишлаб чиқариш учун хом-ашё

Полимер ишлаб чикариш саноатининг ривожланиши жуда катта миқдорда арзон ва кенг таркалган хом-ашёни талаб қилади. Ушбу талабларга бизнинг Ватанимиз тўлиқ жавоб беради, чунки полимерлар ишлаб чикариш учун мамлакатимизда табиий газнинг захираси, нефтни ва тошкўмирни кайта ишлашда олинган газлар миқдори жуда салмокли.

Ўтган асрнинг 50-60 йилларида фақат кўмирни қайта ишлаш маҳсулотлари, яъни тошкўмирни кокслаш ва газификациялашда олинган газлар, асосий хом-ашё сифатида қўлланилган.

Ҳозирги кунда асосий хом-ашё тури – бу углеводород газларидир. Кўп йиллар давомида углеводород газлари асосан буғ-козон ўтхоналарида ёқилғи сифатида ишлатиб келинган. Энди эса, жадал суръатлар билан ривожланаётган нефть кимёси саноати учун

углеводород газлари энг яхши ва арзон хом-ашёдир. Дунёда ишлаб чикарилаётган алифатик бирикмаларнинг 4/5 кисми нефть асосли маҳсулотларни синтези оркали олинмокда. Синтетик полимер, каучук, пластик массалар ишлаб чикаришда ушбу хом-ашё қўлланиши айникса юкори. Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, дунёда ишлаб чикариладиган толуол, ксилол, бензол ва синтетик феноллариинг 3/4 кисми нефтли маҳсулотлардан олинади.

Жадал суръатлар билан ривожланаётган полимерлар ишлаб чикариш саноатида нефтли хом-ашёни кенг кўламда қўлланиши саноатнинг янги, йирик соҳаси, яъни нефть кимёси саноати барпо бўлишига олиб келди. Ушбу саноатнинг иктисодий аҳамияти борган сари ортиб бормокда.

Турли манбали углеводородли газлар, улардан энг асосийлари бу табиий газ ва йўловчи газлар ҳамда нефтни кайта ишлашда олинган газлар ҳозирги кунда полимерлар ишлаб чикаришда асосий нефть кимёсининг хом-ашёси бўлиб турли гомологик каторларга мансуб:

1) парафинлар – метан, этан, пропан, бутан ва пентан; ушбу катор углеводородлари табиий газ ва йўловчи газларида ҳамда нефтни, кўмирни ва бошка ёнувчан казилмаларни термик ва каталитик кайта ишлаш жараёнларида ҳосил бўлган газларда учрайди;

2) олефинлар – этилен, пропилен, бутиленлар нефтни термик ва каталитик кайта ишлаш ҳамда парафин гуруҳидаги углеводородли газларни пиролиз ва дегидрирлаш жараёнларида ҳосил бўлади;

3) диолефинлар – ушбу каторнинг энг асосий намоёндалари бутадиен ва изопрен бўлиб, 1 ва 2 гуруҳ углеводородларини дегидрирлаб олинади;

4) ацетилен – парафин каторидаги углеводородларни крекинг ёки пиролиз килиб олинади.

Полимерларни ишлаб чикариш учун углеводородли хом-ашёлар манбааларини кўриб чикамиз.

Табиий газ. Ер ости конларидан чикариб олинадиган газлар табиий газлар деб номланади. Бу газлар ер кобиғининг чўкма катламларида мужассамланган бўлади. Табиий газларнинг кўпчилиги 85-98% метандан ва оз миқдори бошка газлардан – этан, пропан, бутан, азот, углерод диоксиди ва водород сульфидлардан таркиб топган.

Турли газ конларининг топилиши ва ишга туширилиши кимё саноати корхоналари, шу жумладан табиий газ асосий компонентларини кайта ишлаш ҳисобига полимерлар ишлаб чикариш учун битмас-туганмас хом-ашё захирасини барпо этиш имконини яратди. Масалан, метанни хлорлаб хлорли метил CH_3Cl ва хлорли метилен CH_2Cl_2 олиш мумкин. Хлорли метил турли хил синтезлар учун ишлатилади, чунончи метилцеллюлоза ишлаб чикариш технологиясида ҳам қўлланилади. Яна бир салмокли кисми кремний органик моддалар – метилхлорсиланлар олиш технологиясида фойдаланилади, сўнг эса улардан қурилиш ва бошка соҳаларда кенг кўламда ишлатиладиган кремний органик полимерлар олинади.

Метанни оксидлаб формальдегид олиш мумкин ва ўз навбатида турли хилдаги формальдегид полимерлар ишлаб чикаришда асосий хом-ашё бўлиб хизмат килади.

Метанни крекинг килиб ацетилен олиш жуда катта амалий ва иктисодий аҳамиятга эга. Маълумки, этилен, пропилен, бутиленлар билан бирга ацетилен замонавий полимер (поливинилхлорид, хлорпрен) ларни ишлаб чикариш технологиясида энг муҳим ва етакчи хом-ашёлардир. Якин вактгача ацетилен карбид кальцийдан олинар эди. Ушбу технология жуда кўп жараёнлардан таркиб топган бўлиб, жуда катта миқдорда электр энергия истеъмол килган, капитал ва эксплуатацион сарфлар юкорилиги билан ажралиб турган. Юкорида кайд этилган камчиликлар бўлгани учун арзон ва захираси мўл углеводород хом-ашёсидан ацетилен олиш техник ва иктисодий жиҳатдан самарали.

Метандан зичлиги юкорирок бўлган пропан, бутан ва бошка углеводородлардан термик парчалаш усулида ацетилен олиш жуда катта амалий аҳамиятга эга. Ацетилен билан бирга катта миқдорда этилен ҳам олинади. Маълумки, этилен, синтетик каучук, этил спирти ва полиэтилен ҳамда бошка полимерларни ишлаб чикаришда дастлабки хом-ашёдир.

Йўловчи нефть газлари. Ушбу газлар нефтни ер остидан казнб олинганда бнргалнкда чикадиган хом-ашёдир. Ер остида бу газлар нефтда кисман эриган ва кисман эркин ҳолатда юкори босим (≤25 МПа) да бўлади. Ер устига кўтарилиши билан нефть таркибидаги газ ажралиб чика бошлайди. Газ миқдори нефтни казиб олиш миқдорига тўғридан-тўгри боғлик.

Йўловчи нефть газлари таркиби бўйича каерда казиб олинганига караб бир-биридан фаркланади. Масалан, зичлиги 0,8 дан 1,5 г/см^3 гача ўзгариши мумкин.

Йўловчи нефть газлари таркибидан бензин ва айрим углеводородлар фракцияларини ажратиш турли усулларда олиб борилади. Усулларнинг энг кўп қўлланиладигани – бу суюклик абсорбцияси, яъни газни мойга ютилишидир. Абсорбцияланган йўловчи нефть газларидан синтез ва полимеризациялаш йўллари билан полиозобутилен, бутилкаучук, полиэтилен, полипропилен ва бошка полимерлар олинади.

Йўловчи нефть газлар таркиби

2.1-жадвал

№	Номи	Миқдори, %
1.	метан	40-70
2.	этан	7-20
3.	пропан	5-20
4.	бутан	2-20
5.	пентан	0-20
6.	H_2S	~1
7.	CO	~0,1
8.	азот ва бошка инерт газлар	<10

Нефтни қайта ишлаб олинадиган газлар. Нефть хом-ашёсини термик ва каталитик кайта ишлаш натижасида асосий маҳсулот билан бирга иккиламчи (побочный) маҳсулот – нефтни кайта ишлашда ҳосил бўладиган газлар олинади. Табиий ва йўловчи нефть газлари билан биргаликда ушбу газ углеводородларнинг кимматли манбасидир. Ҳозирги вактда нефтни тўгри ҳайдаб кайта ишлаш физик усулларидан ташкари турли хилдаги термик крекинг ва пиролизлардан фойдаланиб кимёвий кайта ишлаш усуллари кенг кўламда қўлланилмокда. Нефть ва нефть маҳсулотларини бундай усулларда кайта ишлаш окибатида турли хил кимёвий айланишлар рўй беради: катта молекулалар парчаланиши, молекула бўлакчаларининг ва бошка молекулалар билан ўзаро таъсири ва ҳаракати, бир кисм маҳсулотнинг изомерланиши ва полимерланиши.

Маълумки, крекинг 500°С ва ундан юкори температурада ўтказилади. Ушбу жараён катализаторсиз ёки катализатор иштирокида ташкил этилади. Катализатор қўллашдан максад жараённи тезлаштириш ёки унинг йўналишини ўзгартиришдир. Охирги ҳолатдаги жараён ***каталитик крекинг*** деб номланади.

Пиролиз жараёни крекингнинг бир турн бўлиб, 700°С ва ундан юкори температураларда амалга оширилади. Пиролиз температураси 700...900°С гача кўтарилса, ҳосил бўлаётган олефинлар миқдори ортади. Юкорида кайд этилганидек, олефинлар кимёвий кайта ишлаш учун энг зарур хом-ашёдир. Нефть ва унинг маҳсулотларини кайта ишлашда олинаётган газ таркиби ва миқдори қўлланиладиган жараён турига бевосита боғлик. Масалан, суюк фазали крекинг даврида газсимон маҳсулотлар чикиши хом-ашё миқдорига нисбатан 6...10% ни, буғ фазали крекингда -30...33% ни, каталитик крекингда – таҳминан 15% ни, пиролизда эса – таҳминан 50% ни ташкил этади.

Нефтли хом-ашёни кайта ишлашда ҳосил бўлган газсимон углеводородлар аралашмасини кимёвий утилизация ва тўлик ажратиш учун турли усуллар, айникса, энг кўп чукур совитиш усули қўлланилади; бунда газ аралашмаси 3 та фракцияга ажралади:

– курук газ;
– пропан-пропилен;
– бутан-бутилен.

Қурук газ фракциясини кимёвий кайта ишлаш натижасида этилен, этан ва пропан ажратиб олинади. Пропан-пропилен фракцияси полимеризациялаш курилмаларида бензин олиш учун кайта ишланади. Лекин ушбу фракция пиролиз килинса, этилен ва пропилен олиш мумкин. Бутан-бутилен фракцияси одатда алкиллаш курилмасида кайта ишланади ва суюк мотор ёкилғиси учун юкори октанли қўшимча ишлаб чикарилади. Ушбу фракциянинг бир кисми полимеризациялаш усулида кайта ишланиб полиизобутилен олинади. Қайта ишланган бутан-бутилен фракцияси дегидрирлаш усулида кайта ишланса бутадиен олиш мумкин.

Полимерларни ишлаб чикариш учун мухим хом-ашё каторида ароматик углеводородлар – бензол, толуол ва ксилоллар туради. Бензол ва ксилоллар асосида капролактам, полистирол, фенол-формальдегид полимерларини ишлаб чикариш мумкин.

Кўмирни кайта ишлаб олинадиган махсулотлар. Кўмирни термик кайта ишлаш йўли билан хам углеводородлар олиниши мумкин. Тошкўмирни кокслаш йўли билан коксдан ташкари кокс гази, аммиак, олтингугурт бирикмалари ва тошкўмир кора мойи олиниши мумкин.

Тошкўмир кора мойи кимёвий таркиби бўйича мураккаб аралашма бўлиб, ўз таркибида 400 дан ортик турли моддаларни мужассам килган. Лекин амалиётда бу моддаларнинг хаммаси хам ишлатилмайди. Саноат микёсида асосан бензол ва унинг гомологлари, нафталин, антрацен, кумарон-инденли полимерлар ва «хом бензол» деб ном олган тошкўмир кора мойи фракцияси кенг кўламда кўлланилиб келинмокда. Охирги фракция бензол, толуол, ксилол ва бошка кимёвий махсулотлар олиш учун манба бўлиб хизмат килади.

Кимё саноатида бензол ишлаб чикаришда кокс энг катта манба хисобланади. Кокс гази полимерларни синтез килиш, бир катор кимёвий моддалар олишда манба бўлиб хизмат килади, чунки унинг таркибида водород, этилен ва бошка моддалар бор.

Полимерларни ишлаб чикариш учун каттик ёкилғи (торф, ёғоч ва унинг чикинди) ларини кайта ишлаш натижасида олинган газлар хам хом-ашё сифатида ишлатилади.

2.2. Полимерлар классификацияси

Полимерлар классификациясини кимёвий таркиби ва асосий занжир тузилишига караб амалга ошириш кабул килинган. Агар макромолекуланинг асосий занжири углерод атомларидан, ён гурухлари эса водород атоми ёки органик радикаллардан таркиб топган бўлса, бундай полимер ***органик*** деб номланади.

Агар макромолекуланинг асосий занжири кремний, фосфор атомларидан бўлиб, уларга органик радикаллар бирлаштирилган бўлса, бундай полимерлар ***элемент органик*** деб номланади.

Агар асосий занжирда ва ён гурухларда углерод атомлари бўлмаса, бундай полимер ***ноорганик*** деб номланади.

Асосий занжири бир хил атомлардан таркиб топган полимерлар ***гомозанжирли***, турли атомлардан таркиб топганлари эса – ***гетерозанжирли*** деб номланади.

Энг кенг таркалган ва тўлик ўрганилган полимерлар бу органик полимерлардир. Биринчи каторда бу карбозанжирли полимерлар, яъни факат углерод атомли асосий занжирлар. Карбозанжирли полимерлар ён гурухлар таркибида водород, кислород, азот, олтингугурт атомлари бўлиши мумкин. Агар полимернинг асосий звеноси углерод ва кислород, углерод азот, углерод ва олтингугурт атомларидан таркиб топган бўлса, бундай полимерлар гетерозанжирли полимерлар каторига тааллукли бўлади.

Карбо- ва гетерозанжирли полимерлар номи кимёвий синфлар ва мономерлар номи асосида хосил бўлади, факат «поли» деган олд кўшимча кўйилади. Масалан, тўйинмаган углеводородлар – олефинлар (этилен, пропилен, бутен-1 ва хоказолар) дан олинган полимерлар умуман ***полиолефинлар*** деб номланади, аник номлари эса – полиэтилен, полипропилен, полибутен-1 ва хоказо.

Тўйинмаган метакрил кислота (метилметакрилат, этилметакрилат ва ҳоказо) эфирлари асосида полимерлар полиметакрилатлар номи билан маълум, аниқ номи эса – полиметилметакрилат, полиэтилметакрилат ва ҳоказо.

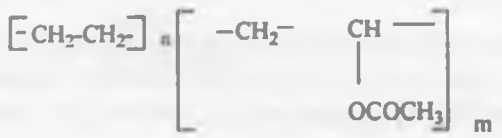
Гетерозанжирли полимерлар номи «поли» деган олд қўшимчадан сўнг қайтарилувчи звено номи қўйилади; масалан, этиленгликол ва терефталли кислота полиэфири полиэтилентерефталат деб аталади.

Гексаметилендиамин ва адипин кислотадан олинадиган полиамид эса полигексаметиленадипамид деб номланади.

Агар полимерлар асосий звеноси битта мономер занжиридан қурилган бўлса, улар ***гомополимерлар*** деб аталади. Полиэтилен $[-CH_2-CH_2-]_n$ этиленнинг карбозанжирли гомополимери бўлади. Индекс n полимерланиш даражаси деб номланади ва макромолекуладаги мономер звенолар сонини кўрсатади. Агарда индекс n нинг киймати маълум бўлса ва элементар звено молекуляр массаси $M_{зв}$ ни билсак, гомополимер молекуляр массасини аниқлаш мумкин:

$$M = nM_{зв} \qquad (2.1)$$

Макромолекулалар икки ва ундан ортик мономерлардан курилган бўлиши мумкин. Шундай килиб, ушбу бирикма



(2.2)

этилен ва винилацетатларнинг органик карбозанжирли сополимеридир. (2.2) даги n ва m индекслар сополимердаги этилен ва винилацетат занжирлар (звеньев) миқдорини кўрсатади.

Сополимер занжирида мономерлар жойлашиш характери унинг 3 турдаги таркибини белгилайди:

– статистик;
– блокли;
– тармокли.

Агар икки мономерлар А ва В звенолар макромолекула занжирида кетма-кет жойлашиши тасодифий бўлса, бундай полимер ***статистик*** деб аталади. Статистик сополимер макромолекуласини қуйидаги кўринишда тасвирлаш мумкин:

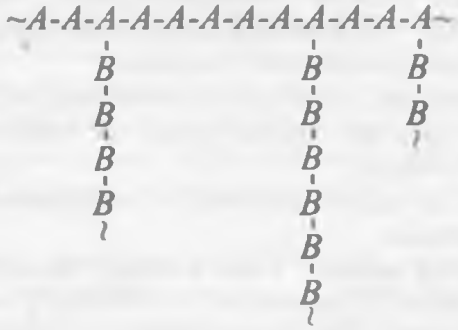
$$\sim A\text{-}B\text{-}B\text{-}A\text{-}A\text{-}B\text{-}A\sim \qquad (2.3)$$

Агар макромолекула занжирида мономерлар звенолари катта узунликдаги участка (блок) кўринишида тўғри кетма-кетликда жойлашган бўлса, бундай полимерлар ***блоксополимерлари*** деб номланади. Блоксополимер макромолекуласини схематик равишда қуйидагича тасвирлаш мумкин:

$$\underbrace{\sim A\text{-}A\text{-}A\text{-}A\text{-}A}_{\text{блок А}}\underbrace{\text{-}B\text{-}B\text{-}B\text{-}B\text{-}B\text{-}B\text{-}B}_{\text{блок В}}\underbrace{\text{-}A\text{-}A\text{-}A\sim}_{\text{блок А}} \qquad (2.4)$$

Асосий занжир битта мономер звеноларидан таркиб топган, унга эса катта ён томонлама шаҳобчалар кўринишида бошқа мономер звено блоклари бирлашган сополимер ***тармокли*** деб аталади.

уланган занжир



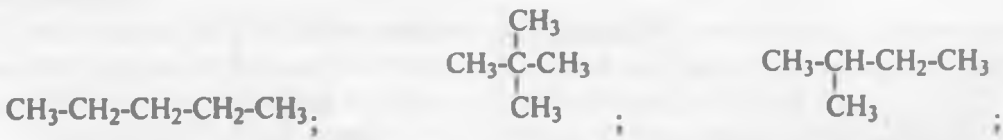
(2.5)

Турли хилдаги сополимерлар хоссалари макромолекуладаги мономер звенолари кетма-кет жойлашиш характери ва нисбатига, тармокчалар узунлиги ҳамда сонига ва ҳоказоларга боғлик.

2.3. Карбозанжирли полимерлар молекулали занжирининг тузилиши

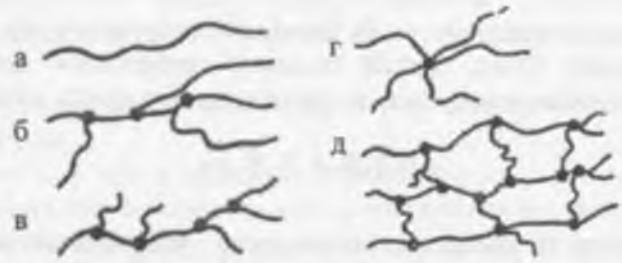
Гомополимер макромолекула ўлчамларининг катталиги уларда таркибий изомерлар сони кўплигидан далолат беради.

Агар пентанда 3 та изомер маълум бўлса,



(2.6)

углерод атомлари кўп микдорли олефинлар асосидаги карбозанжирли полимерларда ула жуда кўп бўлади. Полимернинг жуда катта макромолекуласи чизикли ва шаҳобчали бўлиши мумкин, яъни асосий занжирдан ён шаҳобчалар чиккан бўлади. Тармокланиш калта ва асосий занжир узунлигидек бўлиши мумкин ва унга бир шаҳобчада бир нечта тугунчада (узун шаҳобчали) бирлашиши мумкин ёки бир тугунда ҳар томонга таркалиб макромолекулага юлдузсимон шаклни беради (2.1-расм).

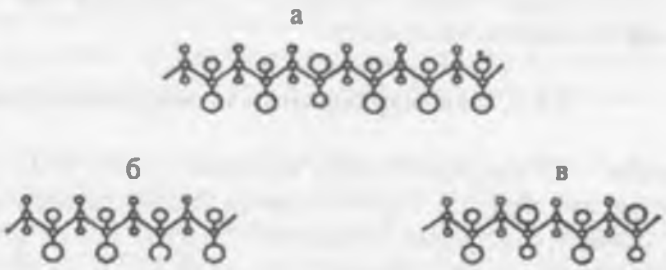


2.1-расм. Турли хил макромолекулалар схематик тасвири:
а – чизикли полимер; б – узун тармокланган полимер; в – калта тармокланган полимер, г – юлдузсимон шаклли полимер; д – тўрсимон полимер

Полимер молекулаои изомерларининг сони унинг чизикли участкасида мономер звеноларининг бирлашиш даражасини оширади (1.2-расм). Чизикли макромолекулаларда мономер звенолари тартибли (регуляр): бир звено охири – иккинчи звено боши ва ҳоказо, яъни «боши (Б) – думи (Д)» га принципида бўйича; ёки тартибсиз (норегуляр): бир звено охири – иккинчи звено боши - учинчи звено боши ва ҳоказо, яъни Б-Д-Д-Д-Б ва ҳоказо принципи бўйича бирлашиши мумкин.

Макромолекуланинг асосий занжири ён гурухлари тартибли ва тартибсиз фазовий жойлашиши мумкин. Ён гурухларнинг тартибли фазовий жойлашиши полимер занжирларининг

стереорегулярлигини белгилайди. Стереорегулярлиги бўйича полимерлар изотактик ва синдиотактикларга бўлади (2.2-расм).

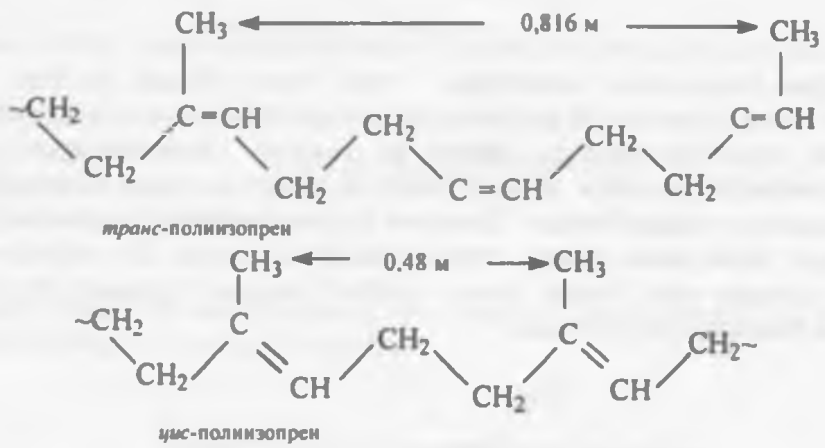


2.2-расм. Макромолекуладаги элементар звенолар бирлашиш схемаси:
а – Б-Д атактик полимер, б – Б-Д изотактик полимер, в – Б-Д синдиотактик полимер

Агар полимер макромолекуласининг Б-Д регуляр таркибида бир турдаги ўринбосарлар асосий занжирнинг бир томонида жойлашган бўлса, изотактик кўринишдаги занжир ҳосил бўлади.

Асосий занжирнинг иккала томони бўйлаб бир турдаги ён гуруҳлар жойлашишининг тартибли алмашиниши ***синдиотактик*** шаклни белгилайди. Ён томон ўринбосарлари тартибсиз фазовий жойлашишида полимер чизикли макромолекуласининг ***атактик*** таркиби ҳосил бўлади.

Асосий занжири кўшалоқ боғли ***стереорегуляр*** (стереотартибли) полимерлар шакли ***цис-транс***-изомерли бўлиши мумкин. ***Цис***-изомерларда бир хил ён гуруҳлар ҳар бир кўшалоқ боғ текислигига нисбатан бир томонида, ***транс***-изомерларда эса – ҳар хил томонида жойлашади.



Чизикли ва тармоқлаиган полимерлардан ташкари тўрсимон (фазовий, тўкилган) полимерлар бўлиши мумкин (2.1д-расм). Одатда тўрсимон полимерлар ўзаро кўндаланг ковалент боғли макромолекулалардан таркиб топган бўлади. Макромолекулалар орасидаги ўзаро кўндаланг боғнинг бўлиши бутун полимер намунасини битта йирик молекулага айлантиради ва унинг молекуляр массаси намуна массасига тўғри келади.

Тўрсимон полимерлар ўз хоссаларига караб чизикли ва тармокланган полимерлардан тубдан ажралиб туради. Мустаҳкам кимёвий кўндаланг боғларнинг мавжудлиги тўрсимон полимерни эримайдиган моддага айлантиради.

2.4. Синтетик полимерлар олиш усуллари

Синтетик полимерлаш ишлаб чиқариш полимерлаш ва поликонденсациялаш реакциялари натижасида амалга оширилади.

2.4.1. Полимерланиш ва поликонденсатлаш

Полимерланиш – бу карралик боғлар ҳисобига (*C=C, C=O, C≡N, C≡C* ва ҳоказо) мономер кўп сонли молекулаларини бир-бири билан бирлаштириш жараёни ёки гетероатом (*O, N, S*) лари мавжуд цикларни очишдир. Одатда, полимерлаш жараёнида қуйи молекулали иккиламчи маҳсулот ажралиб чиқмайди ва ҳосил бўлмайди. Шунинг учун полимер ва мономер бир хил элементар таркибли бўлади.

Поликонденсатлаш – кимёвий ўзаро таъсир қила оладиган икки ва ундан ортиқ функционал гуруҳ (*OH, COOH, COCl, NH_2* ва ҳ.) ли бир ёки бир неча мономерлар молекулаларини бир-бири билан бирлаштириш жараёнидир. Лекин шуни кайд килиш керакки, бу жараёнда паст молекулали маҳсулот (*H_2O, HCl* ва ҳ.) бўлиниб чиқмайди. Поликонденсатлаш усулида олинадиган полимерлар элементар таркиби бўйича бошланғич мономерларга мос келмайди. Шунинг учун улар макромолекуласининг таркиби мономерли звено сифатида эмас, балки кайтарилувчи звено деб караш максадга мувофик.

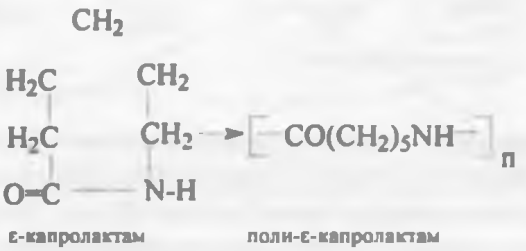
Каррали боғли мономерларни полимерлаш занжирли реакция конунлари асосида тўйинмаган боғларни узилиши окибатида рўй беради:



(2.8)

Занжирли полимерлаш жараёнида тезда ҳосил бўлади ва бир зумда охирги ўлчамларни олади, яъни жараён давомийдиги ортиши билан ўлчамлари ўзгармайди.

Циклик таркибли (лактон, лактам ва ҳоказо) мономерларни полимерланиш циклининг очилиши ҳисобига содир бўлади ва айрим ҳолларда занжирли эмас, балки поғонали механизм асосида кечади. Поғонали полимерланишда макромолекула аста-секин ҳосил бўлади, яъни аввал димер, кейин тример ва ҳоказо. Шу сабабли полимернинг молекуляр массаси вакт ўтиши билан кўпайиб боради. Шундай йўл билан поли-ε-капролактам (капрон) ҳосил бўлади:



(2.9)

Занжирли полимерланиш боскичма-боскич ва поликонденсациялашдан принципиал фарки шундаки, жараённинг турли боскичларида реакцион аралашма ҳар доим мономер ва полимердан таркиб топган ва унинг таркибида ди-, три-, тетрамерлар бўлмайди. Реакция кечиш давомийлиги ортиши билан фақат полимер макромолекулалар сони кўпаяди, мономер эса аста-секин сарфланади. Полимерларнинг молекуляр массаси реакция якунланганлик даражасига боғлик эмас.

2.4.2. Полимер занжирларидаги реакциялар

Кўпгина полимерларни полимерланиш ва ***поликонденсатлаш*** усулларида олиб бўлмайди, чунки бошланғич мономерлар номаълум ёки мономерлар юкори молекулали бирикмалар ҳосил килмайди. Бундай полимерлар синтези макромолекулалари реакцион кобилиятли функционал гурухлари бўлган юкори молекулали бирикмалардан келиб чиккан ҳолда бажарилади.

Полимерларда функционал гурухлар айланиши паст молекулали бирикмаларникига караганда кичик тезликларда кечади. Ушбу ҳолат полимерлар функционал гурухларининг реакцион кобилиятига полимер занжирларининг таркиби, макромолекула шакли ва фазавий таркиби каби хоссаларининг таъсири билан боғлик. Юкорида кайд этилган омиллар макромолекула функционал гуруҳларининг кимёвий реагент билан ўзаро таъсирда бўлишга мойиллигини кўрсатади.

Полимер занжирларидаги реакциялар унинг молекуляр массасининг ортикча ўзгаришисиз, молекуляр массаси ортиши (ёки камайиши, яъни молекуляр деструкцияси) билан ҳам кечиши мумкин.

2.4.3. Полимерга ўхшаш айланишлар

Полимерга ўхшаш айланишлар паст молекулали моддаларнинг полимерлар билан реакцияси бўлиб, натижада полимердаги бир функционал гуруҳнинг бошкаси билан алмаштирилиши макромолекула асосий занжири узунлигининг ўзгармаган ҳолатида рўй беради. Масалан, винил спирти мономерини полимерланиш йўли билан поливинил спиртини олиб бўлмайди, чунки охиргиси нотурғун ва олиш жараёнида ацетальдегидга изомерланади:

$$\left[CH_2{=}CH\text{-}OH\right] \longrightarrow CH_3{-}CHO \qquad (2.10)$$

Поливинил спирт одатда поливинилацетат гидролизи ёки алкоголиз реакциясидан олинади:

$$\left[-CH_2-\underset{\displaystyle OCOCH_3}{\underset{|}{CH}}-\right]_n + nCH_3OH \longrightarrow \left[-CH_2-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}-\right]_n + nCH_3OCOCH_3 \qquad (2.11)$$

Бу турдаги реакция ёрдамида саноат корхоналарида турли поливинилацетатли целлюлозалар эфирлари ва бошкалар олинади.

2.4.4. Полимерлар деструкция реакцияси

Макромолекула асосий занжирининг бузилиши полимер деструкциясини билдиради. Деструкция куйидагн: иссиклик, ёруглик, кислород, механик кучланишлар ва бошка омиллар таъсирида содир бўлади. Деструкция окибатида полимернинг молекуляр массаси камаяди, физик-механик хоссалари пасаяди. Полимерларнинг деструкцияга бардошлиги кимёвий таркиби, макромолекула шакли, кристаллилик даражаси, фазовий тўр частотаси каби омилларга боғлик.

Полимерлар деструкция реакцияси асосан радикал, камдан-кам ионли механизм бўйича кечади. Деструкциялар термик, фотокимёвий, радиацион, механик ва кимёвий бўлиши мумкин.

2.5. Полимерлар характеристикалари ва уларни аниқлаш усуллари

Исталган полимер молекуляр массаси бўйича турли даражада бир жинсли эмас, яъни полидисперсдир. Полимернинг полидисперслиги уларни олиш реакцияларининг турлича кечиши билан боғлик бўлиб, статистик конуниятларга бўйсунади. Полимерлар полидисперслиги туфайли уларни ўртача молекуляр масса кийматлари билан ифодалаш максадга мувофик. Молекуляр массалар икки хил усулда ифодаланади: ўртача кийматли $\bar{M}_n$ ва ўртача массавий $\bar{M}_w$. Битта полимер учун $\bar{M}_n$ ва $\bar{M}_w$ айрим холларда бир неча баробар фаркланиши мумкин.

Ўртача кийматли $\bar{M}_n$ молекуляр массасини аниклаш. Масалан, агар полимерда N та макромолекуладан таркиб топган бўлса, шундан n_1 таси M_1 молекуляр массали, n_2 таси M_2 молекуляр массали, n_3 таси M_3 молекуляр массали ва хоказо бўлса, унда хар бир фракциянинг улуши $N_1=n_1/N$, яъни $N_1=n_1/N$, $N_2=n_2/N$ ва хоказо.

Ўртача кийматли молекуляр масса куйидагича хисобланади:

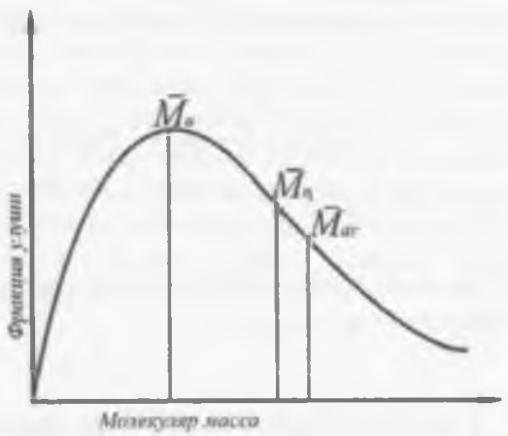
$$\bar{M}_n = M_1N_1 + M_2N_2 + M_3N_3 + \ldots = M_1\left(\frac{n_1}{N_1}\right) + M_2\left(\frac{n_2}{N_2}\right) + \ldots \qquad (2.12)$$

Ўртача массавий $\bar{M}_w$ молекуляр массасини аниклаш. Масалан, агар полимер макромолекуласининг массавий улушлари ω_1, ω_2, ω_3 ва хоказо бўлса, бу ерда $\omega_i=m_iM_i/N$, уларнинг молекуляр массалари ўз навбатида M_1, M_2, M_3 ва хоказо.

Ўртача массавий молекуляр масса куйидагича хисобланади:

$$\bar{M}_w = M_1\omega_1 + M_2\omega_2 + M_3\omega_3 + \ldots = M_1\left(\frac{n_1M_1}{N}\right) + M_2\left(\frac{n_2M_2}{N}\right) + \ldots = \frac{n_1M_1^2}{N} + \frac{n_2M_2^2}{N} + \ldots \qquad (2.13)$$

Молекуляр масса тўгрисида энг тўлик маълумотни молекуляр массалар таксимланиши (ММТ) нинг эгри чизиги беради (2.3-расм).



2.3-расм. Полимернинг молекуляр-массавий таксимланиши.

ММТ эгри чизигининг кўринишидан полимерни олиш реакциялар механизми тўгрисида фикр юритиш мумкин. Агар битта тор чўкки бўлса, намуна молекуляр массаси бўйича бир жинсли бўлади ва унда $\bar{M}_w/\bar{M}_n \approx 1$. Битта кенг чўкки бўлса, намуна полимернинг катта полидисперслигидан далолат беради. ММТ эгри чизигида бир нечта чўккилар бўлса, у нафакат полимернинг катта полидисперслигини кўрсатади, балки полимерни олишда турли иккиламчи реакция (занжирни полимерга узатиш ва хоказо) лар кечган бўлиши мумкин.

Полимерлар молекуляр массаси уларнинг суюлтирилган эритмаларининг турли хоссалари ўрганиб аниқланади. Бундай хоссалари каторига музлаш ва қайнаш температуралари, осмотнк босим, нурнинг таркалаши ва бошкалар кнрадн. Ўртача кийматли молекуляр масса $\bar{M}_n$ ни криоскопия, эбулиоскопия ва осмометрия, ўртача кийматли молекуляр масса $\bar{M}_w$ ни эса – нур таркатиш усулларида аникланади.

Криоскопия ва эбулиоскопия усулларида полимер молекуляр массаси ва концентрацияси C лар билан боғлик бўлган эритма ва эритувчиларнинг қайнаш ёки музлаш температураларининг фарки ΔT аникланади:

$$\Delta T = \frac{KC}{\bar{M}_n}; \qquad \bar{M}_n = \left(\frac{KC}{\Delta T}\right)_{C\to 0} \tag{2.14}$$

бу ерда, К – эритувчининг эбулиоскопия ёки криоскопия константаси.

Криоскопия ва эбулиоскопия усулларида полимер молекуляр массаларининг жуда тор оралиғи (5000…50000) баҳоланиши мумкин.

Осмометрия усулида полимер эритмасинннг бир нечта концентрацияси учун осмотик босим π ўлчанади. Ушбу кўрсаткич эриган полимернинг молекуляр массаси билан қуйидаги Вант-Гофф тенгламаси оркали боғлик:

$$\left(\frac{\pi}{C}\right)_{C\to 0} = \frac{RT}{\bar{M}_n} \tag{2.15}$$

бу ерда, R – универсал газ константаси; T – абсолют температура.

Осмометрик усулни полимерларнинг молекуляр массаси 10000…100000 га бўлганда қўллаш мумкин.

Полимер молекуляр массасини аниклашнинг абсолют усулларидан бири бу нур таркалиш усулидир. Ушбу усулда эритманинг турли концентрацияларида нур таркалиш интенсивлиги ўрганилади ва график экстраполяция килиб $\bar{M}_w$ топилади:

$$\left(\frac{HC}{\tau}\right)_{C\to 0} = \frac{1}{\bar{M}_w} \qquad \bar{M}_w = \left(\frac{\tau}{HC}\right)_{C\to 0} \tag{2.16}$$

бу ерда, H – эритманинг оптик ўзгармас катталиги.

Нур таркалиш усулини полимерларнинг молекуляр массаси 5000…2000000 гача бўлган ораликда қўллаш мумкин.

Соддалиги туфайли ўртача ковушкокли молекуляр масса M_η ни ўлчаш учун визкозиметрик усул кенг кўламда кўлланилмокда. У полимер эритмасинннг характеристик ковушкоклиги $[\eta]$ ни аниклайди. Ушбу параметр эритмада макромолекула эгаллаган ҳажмни аниклаш йўли билан топилади. Характеристик ковушкоклик ва полимер молекуляр массаси орасида куйидаги эмпирик боғликлик мавжуд:

$$[\eta] = K_\eta \cdot \bar{M}_\eta^{\alpha} \tag{2.17}$$

бу ерда, K_η ва α – полимер-эритма жуфтлик учун ўзгармас катталиклар.

Характеристик ковушкоклик кийматлари эритманинг ва тоза эритувчининг окиб чикиш вактлари фаркини ўлчаш йўли билан аникланади. Унда

$$[\eta]=\left[\frac{\frac{\tau-\tau_0}{\tau_0}-1}{C}\right]_{C\to 0} \qquad (2.18)$$

бу ерда, τ ва τ_0 – эритма ва тоза эритувчининг окиб чиқиш вақтлари

Ҳамма синтетик полимерлар учун ушбу нисбат ўринли бўлади

$$\bar{M}_w \phi \bar{M}_\eta \phi \bar{M}_n \qquad (2.19)$$

2.6. Полимерлар физик таркиби

2.6.1. Полимер занжирларининг эгилувчанлиги

Моддаларнинг физик хоссалари уларнинг кимёвий тузилишига боғлиқ. Полимерларнинг физик хоссалари ва кимёвий тузилиши орасидаги боғлиқлик жуда мураккаб ва макромолекулалар эгилувчанлиги орқали намоён бўлиб, уларнинг кимёвий тузилиши белгиланади.

2.6.2. Макромолекулалар эгилувчанлигининг асослари

Макромолекулалар катта узунлиги унинг эгилувчан бўлишининг заминидир. Аммо макромолекула узунлигининг кўндаланг кесимига нисбати пўлат торники билан бир хил бўлганда, полимер макромолекуласининг эгилувчанлик табиати пўлатникига караганда ўзгачадир. Турли физик изланиш усуллари ва тажрибалар асосида полимер макромолекулалари ҳеч қачон чўзилган занжир кўринишида бўлмайди.

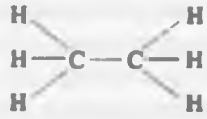
Макромолекуланинг энг аниқ шакли – бу ўлчамлари узлуксиз ўзгарадиган ёки чўзинчоқ эллипсоид кўринишидаги статистик ўрам (клубок) дир, яъни макромолекула йиғилиш ёки ўралаш қобилиятига эга. Ушбу ҳодиса унга деформацияловчи юклама таъсир этмаганда, полимернинг иссиқлик ҳаракати туфайли рўй беради. Полимер занжирининг эгилувчанлиги валент бурчаклари ёки атомларининг орасидаги масофаларнинг ўзгаришига боғлиқ бўлмай, атом ва атом гуруҳларининг боғловчи *C—C* боғлар атрофида айланиш қобилияти билан белгиланади. Ҳақиқий полимернинг занжирли молекулаларида атом ва атом гуруҳларининг айланиши эркин эмас, чунки асосий занжирдаги ҳар бир кейинги звенонинг ҳолати ундан аввалгисига боғлиқ. Бундай жуда секин айланиш макромолекула потенциал энергиясининг узлуксиз равишда ўзгаришига олиб келади. Шуни таъкидлаш керакки, потенциал энергиянинг ҳар бир қийматига макромолекуланинг маълум бир шакли тўғри келади.

Маълумки, потенциал энергиянинг энг кичик қийматига макромолекуланинг энг қулай ўралган ҳолати, аксинча, энг катта қийматига – чўзилган занжирнинг нокулайрок ҳолати тўғри келади (2.4-расм).



2.4-расм. Полимер занжирнинг чегаравий конформациялари.

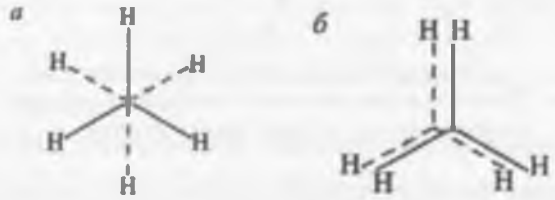
Молекуланинг потенциал энергия минимал захира ҳолатидан унинг максимал кийматли ҳолатига ўтиш учун зарур энергиясига ***ички айланишнинг потенциал тўсиғи*** деб номланади. Ички айланишни кўриш учун энг қулай ва содда молекула – бу этан C_2H_6 нинг молекуласидир:



(2.20)

Тузилиши бўйича этан полиэтилен (—CH_2—CH_2—) нинг элементар гуруҳчасига ўхшайди. *С—С* боғ атрофида айланишда метил гуруҳлари жуда якинлашган (*цис*-шакл) ёки жуда узоклашган (*транс*-шакл) бўлиши мумкин.

2.5-расмда этан молекуласини *С—С* боғга перпендикуляр текисликдаги проекциялари кўрсатилган.



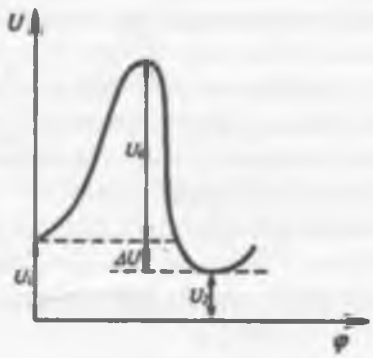
2.5-расм. Этан молекуласининг конформацияси.

Бир-биридан кочаётган метил гуруҳларининг максимал четлашганлиги сабабли *транс*–шакл энергетик жиҳатдан фойдалидир. Ушбу шаклга минимал потенциал энергия, *цис*–шаклга эса максимал энергия тўғри келади.

Иссиклик ҳаракати (ёки ташки майдон) таъсирида кимёвий боғлар узилмасдан молекула шаклининг ўзгаришига ***конформацион айланиш*** дейилади.

Ушбу молекула шакллари эса ***конформация*** деб номланади.

U_1 потенциал энергияга тегишли конформациядан, U_2 потенциал энергияга тегишли конформацияга макромолекуланинг ўтиши бир зумда кечмайди, балки қўшни атом гуруҳларининг ўзаро таъсирига боғлик маълум бир тезлик билан кечади. Ушбу ўзаро таъсирни енгиб ўтиш учун қандайдир фаоллаш энергияси $\Delta U = U_2 - U_1$ зарур (2.6-расм). Демак, макромолекуланинг эгилувчанлиги (ёки каттиклиги), яъни унинг конформацион айланиш қобилияти, ички айланиш потенциал тўсиғи U_0 нинг қиймати билан белгиланади. Бошқача килиб айтганда, конформацион айланиш тезлигини ички айланиш потенциал тўсиги белгилайди. Агар канчалик макромолекулалар ички айланиш потенциал тўсиғининг киймати полимерга таъсир қилаётган ташки (иссиқлик, механик) энергиясидан катта бўлса, шунчалик звенолар айланиши секинрок кечади. Натижада, полимер занжирининг эгилувчанлиги шунчалик кичик бўлади.



2.6-расм. Углеводород занжири айланишининг фаоллаш энергиясининг звено бурилиш бурчагига боғликлиги.

Полимерларда боглар атрофида айланиш, иссиклик ҳаракатни нафақат атом ва атом гуруҳлари, балки макромолекуланинг айрим участкалари ҳам амалга оширади. Шуни таъкидлаш лозимки, узокроқдаги занжир участкаларининг жойлашиши ўзгармайди. Шундай қилиб, макромолекулалар узлуксиз равишда ўз шаклини ўзгартиради. Макромолекуланинг айрим участкаларига тасодифий иссиклик турткилар таъсирида у эгилади, буралади ва кайтадан тўғриланади. Ушбу участкалар ўлчами аник эмас. 2.7-расмда эгилувчан макромолекуланинг бир қисми кўрсатилган. Бунда унинг турли участкаларига ҳар хил иссиклик импульслари таъсир этмокда. Ушбу импульслар турли узунликдаги участкалар силжишига олиб келади.



2.7-расм. Йўналтирилган иссиклик ҳаракат таъсирида макромолекула сегментининг силжиши.

Макромолекуланинг ўртача статистик участкасининг иссиклик ҳаракатида бир бутун, яхлит бўлиб силжиши ***сегмент*** деб аталади. Турли полимерлар сегменти ўз ичига макромолекулаларнинг бир канча қайтарилувчи звенолар сонини мужассам этган бўлиб, улар занжир эгилувчанлигини белгилайди.

2.6.3. Макромолекулалар эгилувчанлигини белгиловчи омиллар

Макромолекулар эгилувчанлигини белгиловчи асосий омил бўлиб қуйидагилар ҳисобланади: ички айланиш потенциал тўсиғининг қиймати; полимер молекуляр массаси; ён томон занжирдаги ўринбосарлар ўлчами; фазовий тўрнинг частотаси; температура.

Ички айланиш потенциал тўсиғи ички ва молекулалараро ўзаро таъсир энергиясига боғлик ва занжирга кирувчи атомларнинг кимёвий табиати ҳамда тузилиши билан белгиланади. Молекулалараро ўзаро таъсир ва конформацион ўтиш энергия (4,2...25,1 кЖ/моль) ларининг кичиклиги кутбсиз полиэтилен, полипропилен, полиизобутиленларни ***эгилувчан занжирли полимерлар*** каторига қўшиш имконини беради. Уларнинг статистик сегменти 10...40 та элементар звенони ташкил этади.

Макромолекулаларга поляр ўринбосарлар киритиш ички ва молекулалараро ўзаро таъсирнинг ортишига олиб келгани учун поливинилхлорид ва поливинил спирти ***қаттиқ занжирли полимерлар*** деб ҳисобланади. Бундай полимерлар статистик сегменти 100 ва ундан ортик звеноли бўлиши мумкин. Кучли молекулалараро водород боғлар ҳосил кила оладиган атоми бўлган полиэфир ва полиамидлар каттик занжирли полимерлардир. Агар макромолекула таркибида ҳажми ва массаси бўйича кўп ўринбосарлар бўлса, занжирлар каттиклиги ортади. Бу турдаги макромолекулаларда конформацион ўтишлар учун катта энергия ва узок муддат талаб этилади. Паст температураларда бундай ўтишлар содир бўлмайди, юкори температураларда эса занжирларнинг умумий кинетик эгилувчанлигининг ўсиши туфайли рўй беради.

Молекуляр массанинг макромолекула эгилувчанлигига таъсири шундан иборатки, молекуляр массанинг ўсиши билан конформацион ўтишлар сони кўпаяди. Бу ҳол шунга олиб келадики, ҳаттоки каттик занжирлар ҳам ўралиб колади ва макромолекула эгилувчан хоссага айланади.

Полимернинг эгилувчанлиги ва сегментал ҳаракатчанлиги макромолекулалар орасида кимёвий боглар мавжудлигига боғлик. Фазовий тўрнинг частотаси канчалик кам бўлса,

полимернинг каттиклиги шунчалик кичик бўлиши билан характерланади. Фазовий таркиби жуда тармокланган тўрсимон полимерда занжирларнинг эгилувчанлиги йўколиб боради.

2.7. Полимерлар агрегат ва фазавий ҳолатлари

2.7.1. Полимерларнинг физик ҳолати

Моддаларнинг асосан учта ***агрегат ҳолати*** мавжуд: ***қаттиқ, суюқ*** ва ***газсимон***. Ушбу классификация асосида жисмларнинг ўз ҳажми ва шаклини сақлаш ҳамда ташқи кучлар таъсирига қаршилик кўрсатиш қобилиятидир. Макромолекулалар занжирли таркиби ва эгилувчанлиги полимернинг фақат суюқ ёки каттиқ агрегат ҳолатини белгилайди. Газсимон агрегат ҳолат ҳеч қачон бўлмайди.

Термодинамик нуқтаи назардан моддаларнинг ***фазавий ҳолати*** бўйича ажратилади. ***Фаза*** – бу системанинг бир жинсли қисми, жуда кўп заррачалардан таркиб топган ва бошқа фазалар билан ажратиб турувчи юзали ва улар билан ҳар доим мувозанат ҳолатида бўлади.

Одатда, фазалар учга бўлинади: кристаллик, суюк ва газсимон. Кристаллик фаза фазани ташкил этувчи атом ёки молекулалар жойлашиши бўйича узоқ (дальным порядком) даражали, суюк фазалар – якин жойлашиши, газсимонда эса – атом ва молекулалар жойлашишининг даражаси умуман йўк. Фазаларнинг ҳолати ва моддаларнинг тузилиши ўртасида тўғридан-тўғри боғликлик бор.

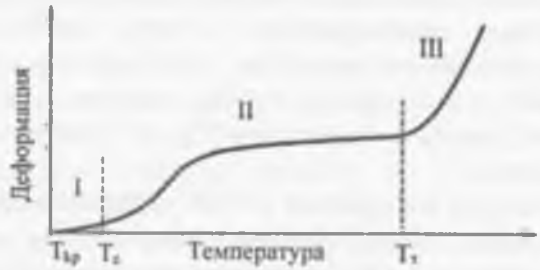
Полимерларнинг каттик ҳолатига иккита фазавий ҳолат тўғри келади: кристаллик ва суюк (аморфли).

Полимерларнинг суюк агрегат ҳолатига иккита фазавий ҳолат тўғри келади: каттик (шишасимон) ва суюк (куюлтирилган эритма).

Кўпчилик полимерлар (полистирол, поливинилхлорид, полиметилметакрилат, поливинилацетат ва бошқалар) суюк фазали ҳолатдадир. Булар – аморф полимерлар.

Аморфли полимерлар учта физик ҳолат бўлади: шишасимон, юкори эластик ва ковушкок окувчан. Ҳар бир физик ҳолат маълум деформацияланувчи хоссалар мажмуаси билан характерланади. Ушбу хоссаларни билиш полимерларни кайта ишлаш ва маҳсулотни ишлатиш даврида муҳим аҳамиятга эга. Полимер бир физик ҳолатдан иккинчисига температура ўзгариши билан ўтади. Температуранинг ўзгариши макромолекулалар иссиклик энергия (микроскопик хоссалар) захирасига таъсир этади ва механик (макроскопик хоссалар), яъни механик мустаҳкам- лик, деформацияланиш, кайтар ва кайтмас деформацияларни ривожлантириш кобилияти каби хоссаларини ўзгартиради.

Юкори молекулали, чизикли, аморф полимерларнинг ҳамма 3 та физик ҳолатини деформациянинг температурага функционал боғликлигининг термомеханик эгри чизиғида кузатиш мумкин (2.8-расм). Ҳар бир физик ҳолатга ўз табиати ва алоҳидалиги хосдир.



2.8-расм. Аморфли полимерларнинг термомеханик эгри чизиғи:
I – шишасимон ҳолат; II – ковушкок эластик ҳолат;
III – ковушкок окувчан ҳолат.

2.7.2. Полимерларнинг аморф ҳолати

Шишасимон ҳолат. Аморф полимернинг шишасимон ҳолатини ўта совутилган суюклик ҳолати билан таккослаш мумкин. Ўта совутилган суюклик ковушкоклигининг

юқорилиги унинг эркин оқишига йўл қўймайди ва шакл турғунлигини таъминлайди. Бундай ҳолат каттиқ жисм ташки кўрсаткичлари мос келади. Паст молекулали моддаларнинг шишасимон ҳолати ҳамма молекулаларнинг ҳаракатчанлигининг батамом йўқотганидан далолат беради. Макромолекулар ҳаракатчанлиги тўхтаганда полимерларда шишасимон ҳолат кузатилади. Бундай ҳолатга температурани пасайтириш йўли билан эришиш мумкин. Маълумки макромолекулалар яхлит, бир бутун бўлиб эмас, балки сегментлар бўлиб ҳаракатланади. Шунинг учун, бутун занжирни маҳкамлаш учун факат битта сегментни маҳкамлаш етарли бўлади, аммо шуни ҳам кайд этиш лозимки, бошка кисмлари кисман ҳаракат килиш эркинлиги сакланиб колади. Ушбу ходиса салмокли кучланиш берилган полимер ойналарнинг катта деформацияларининг сабабчиларидан биридир.

Шишасимон полимер (полимер ойна) – бу каттиқ, мўрт материал. Унинг макромолекулаларида атом ёки атом гуруҳлари мувозанат ҳолати яқинида тебранма ҳаракат килади. Муҳитнинг ковушкоклиги юкори бўлгани учун занжирнинг кўп кисм сегментларида ҳаракат йўклиги макромолекулалар конформацион ўтишларига йўл қўймайди. Иссиклик энергиясининг температураси ортиши, сегментларнинг бир ҳолатдан иккинчи ҳолатга силжишига етарли бўлиши мумкин. Ташки томондан куйидаги ҳолат, яъни каттиқ, мўрт материал хоссаларидан аста-секин нисбатан юмшоқ, пластик жисм хоссали материалга ўтиш кузатилиши мумкин. Температуралар оралиғининг кандайдир ўртача кийматида макромолекулалар сегментал силжишининг бошланиши ***шиша ҳосил бўлиш (стеклования) температураси*** деб номланади (2.8-расм). Занжир эгилувчанлиги ва сегмент ўлчамлари бир-бирига ҳамда полимердаги ички ва молекулалараро ўзаро таъсирга боғлиқ бўлганлиги учун унинг ўсишига масъул омиллар температура T_c ни оширади ва аксинча, молекулалараро кучлар сусайганда T_c паст температурали соҳага сурилади.

Чизиқли полимерларда шиша ҳосил бўлиш температураси молекуляр массага боғлиқ ва унинг ўсиши билан у ҳам ортади. Макромолекулаяр эгилувчанлиги кузатиб бошланишига мос молекуляр масса кийматига эришилганда, температура T_c ўзгармас кийматни олади. Фазовий полимерларда макромолекулаларнинг тикилиши (сшивание) ва тўрсимон тузилиш ҳосил бўлиши температура T_c нинг ортишига олиб келади. Агар фазовий тўрнинг канчалик кўп тармокланган бўлса, температура T_c шунчалик кўп ўсади.

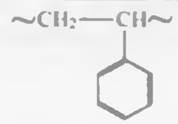
Шиша ҳосил бўлиш жараёни полимернинг кўпчилик хоссаларини ўзгариши билан кечади, яъни: иссиклик ўтказувчанлик, электр ўтказувчанлик, диэлектрик ўтказувчанлик, синдириш кўрсаткичи. Шуни таъкидлаш лозимки, температура t_c да юкорида кайд этилган хоссалар сакраб-сакраб ўзгаради. Полимернинг мўрт синиши ва бузилишига тўғри келадиган температура $T_{хр}$ ***мўртлик температураси*** деб аталади (2.8-расм).

Юқори эластик ҳолат. Полимернинг ушбу ҳолатига макромолекула сегментларининг нисбатан юкори ҳаракатчанлиги тўғри келади. Бу шунга олиб келадики, макромолекулалар фазода **звено**ларнинг турли ҳолатларига мос келадиган конформацияларни қабул килишга интилади. Энг четки иккита конформациялар, яъни бутунлай тўғриланган ва тўлик ўралганлардан ташқари, яна кўпгина макромолекулаларининг ўралганлик даражаси билан фаркланадиган конформациялар мавжуд (статистик ўрамлар).

Юкори эластик ҳолатда деформация кайтар характерга эга, чунки ушбу мувозанат шароит учун ташки механик таъсир этиш вақти макромолекуланинг конформация қабул килиш учун талаб этиладиган вақтига нисбатан камдир. Агар чизиқли полимернинг деформация жараёнини аста-секин амалга оширилса, макромолекулалар бир мувозанат конформациядан бошкасига ўтиб улгуради. Бунда, юкори эластик ҳолатни олиши керак бўлган полимер ковушкок оқувчан ҳолатга ўтиб колади.

Юкори эластик ҳолат температуралар фарк $T_c - T_m$ бўлганда кузатиш мумкин, бу ерда T_m – полимернинг ***оқувчанлик температураси*** (2.8-расм); T_m дан юкори температурада деформация кескин ортади ва окибатда полимер ковушкок оқувчан ҳолатда бўлади.

2.2-жадвал

№	Полимер	Формула	T_c, °C
1.	Политетрафторэтилен	$\sim CF_2—CF_2\sim$	-112
2.	Полиэтилен	$\sim CH_2—CH_2\sim$	-45
3.	Полипропилен	$\sim CH_2—CH(CH_3)\sim$	-18
4.	Поливинилацетат	$\sim CH_2—CH(OCOCH_3)\sim$	28
5.	Поли-ε-капролактам	$\sim NH—(CH_2)_5—CO\sim$	40
6.	Полиметилметакрилат	$\sim CH_2—C(CH_3)(COOCH_3)\sim$	80
7.	Полистирол		80
8.	Поливинилхлорид	$\sim CH_2—CHCl\sim$	80

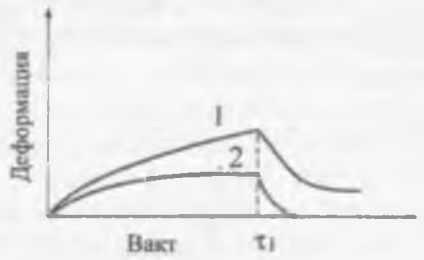
***Ковушқоқ оқувчан ҳолат**да полимер суюқлик агрегат ҳолатида бўлади ва жуда кичик ташки кучланишлар таъсири остида қайтмас оқиш қобилиятига эга, яъни пластик деформацияни намоён этади. Оқиш жараёнида бутун макромолекулаларни бир-бирига нисбатан силжиши рўй беради. Қовушқоқ оқиш ҳолатида деформация чексиз ривожланиши мумкин ва у қайтмас характерга эга. 2.8-расмда ушбу ҳолатга эгри чизикнинг III участкаси тўғри келади.

2.7.3. Полимерларда релаксация ходисаси

Системада статистик мувозанат ўрнатилиш жараёнига ***релаксация*** дейилади. Жуда кўп сонли атом ва атом гуруҳлардан таркиб топган макромолекулалар ҳаракати статистика қонунларига бўйсунади. Агар полимерга ташки кучланиш таъсир этмаса ёки ушбу таъсир киска муддатли бўлса, кинетик бирлик (атомлар, атомли гуруҳлар, статистик сегмент) лар иссиклик ҳаракати конформациялар турларини ҳосил қилади. ва улар маълум статистик мувозанатга тўғри келади. Ташки куч таъсири остида полимер системасидаги мувозанат бузилади ва нотурғун мувозанатдан мувозанат ҳолатга кинетик бирликлар иссиклик ҳаракати туфайли ўтишга интилади. Бундай ўтиш тез кечмайди, балки вакт бўйича аста-секин боради. Нотурғун ҳолатдан турғун мувозанат ҳолатига ўтиш вакти ***релаксация вақти*** деб аталади. Иссиклик ҳаракати туфайли бу турдаги ўтиш ҳодисаларига ***релаксацион ҳодисалар*** деб номланади.

Полимерга механик ва электр майдонлар таъсир этганда, эриш, бўкиш ва кристалланиш каби жараёнлар юз берганда релаксацион ҳодисалар рўй беради. Айникса механик релаксацион жараёнлар, чунончи силжувчанлик ва эластик гистерезислар муҳим аҳамиятга эга.

Полимер силжувчанлик маъноси қуйидагидан иборат (2.9-расм). Полимерга чўзувчи кучланиш таъсир этганда, унда ортиб борувчи деформациялар ривожланади. Агар τ_1 вактда чўзувчи кучланиш таъсири тўхтатилса, чўзилган намуна кискара бошлайди. Шуни таъкидлаш лозимки, у дастлабки ўлчамларига қайтмайди, чунки бир вактнинг ўзида қайтар юкори эластик деформация билан бирга қайтмас оқиш деформацияси кечади.



2.9-расм. Полимерларнинг силжувчанлик эгри чизиғи:
1 - чизиқли, 2 - тўрсимон.

Агар кучланиш канчалик узоқ муддат давомида таъсир этса, температура юкори ва полимердаги молекулалараро ўзаро таъсир энергияси кичик бўлса, ушбу қайтмас деформация шунчалик узоқ вакт давом этади.

Эластик гистерезис – бу ўзгарувчан (ўсиб борувчи ва камаювчи) ташки кучланишлар таъсири остида полимер деформациясининг вакт бўйича оркада колишидир (2.10-расм).



2.10-расм. Чизиқли аморф полимернинг гистерезис сиртмоғи.
(стрелка чизиклари деформация жараёнининг йўналишини кўрсатади)

Эластик деформация окибатида полимер кизийди, яъни деформацияга сарфланган (1-эгри чизиқ остидаги юза) ва юклама олингандан кейин қайтган (2 - эгри чизиқ остидаги юза) ишлар эквивалент эмаслиги туфайли йиғилган иссиклик энергия ҳисобига температура кўтарилади. Ушбу ишлар чўзилиш-сикилиш циклидаги механик кучланиш таъсирида содир бўлади. Йиғилган иссиклик миқдорини гистерезис сиртмоғининг юзаси бўйича аниклаш мумкин. Циклик юкламалар таъсири ишлатилаётган полимернинг кизиши унинг занжирларини деструкцияга дучор килиши ва маҳсулот хоссаларини ёмонлаштириши мумкин.

Гистерезис ҳодисасини паст температура ($<T_c$) ларда резинали маҳсулотларни эксплуатацияси даврида кузатиш мумкин. Бунда, релаксация вакти жуда катта ва кучланиш олингандан сўнг маҳсулот ўлчамларининг қайта тикланиш жараёни жуда секин кечади.

2.7.4. Полимерларнинг кристаллик ҳолати

Маълумки, кўпчилик полимерлар кристаллик агрегат ҳолатида бўлиши мумкин. Масалан, полиэтилен, полипропилен, табиий каучук, целлюлозанинг айрим эфирлари ва полиамидлар микроскопик кристаллар ҳосил қилиши мумкин.

Температура пасайтирилса, суюк агрегат ҳолати (эритма, куюк эритма) дан полимерлар кристаллик фазага ўтади.

Полимерларда кристалланиш жараёни амалга ошиши учун айрим шартларнинг бажарилиши керак. Ҳар бир шарт зарур, лекин етарли эмас.

Биринчидан – тўғри панжарали ва кристаллик тузилишни қуриш учун полимер молекулалари тартибли бўлиши керак.

Иккинчидан – фазавий айланиш даврида занжир ёки сегментларнинг ўзаро жойлашиши зич тахланиш асосида бўлиши зарур.

Учинчидан – кристалланишни амалга ошириш учун ҳамда занжирлар силжиши ва кристаллик тузилишда тахлана олиши учун полимер молекулалари маълум миқдорда силжувчанликка эга бўлиши даркор. Амалий жиҳатдан караганда, кристалланиш жараёни шиша ҳосил килиш температураси T_c дан юкори ва эриш температураси $T_э$ дан паст, яъни юкори эластик ҳолатда соҳада рўй беради. Юкорида қайд этилган шартлар бажарилганда ҳам полимерлар тўлик кристаллик бўлмайди. Агарда кристалланиш шартларидан бирортаси бажарилмаса, полимер моддалар аморф фазавий ҳолатда бўлади.

Ҳар доим полимерларда кристаллик билан бирга аморф участкалар ҳам бўлади. Масалан, юкори зичликка эга бўлган полимерларда 75...90%, паст зичликда эса ~ 60% кристаллик кисм ташкил этади. Ўз навбатида кристаллик таркиб ҳам нуксонли бўлиши мумкин. Кристаллик полимерлар таркибида нуксонлар мавжудлиги занжирли молекулалар эгилувчанлиги билан белгиланади.

Полимернинг кристаллилик даражаси, кристаллик таркиб мукаммаллиги ва эриш оралиги кристалланиш тезлиги (вакти) ва температурасига боглик. Ушбу богликликнинг намоён бўлиши кристалланиш жараёнининг релаксацион характери билан белгиланади. Масалан, бирор температурада кристалланиш жараёни аста-секин амалга оширилса, яъни релаксацион жараёнлар узок вакт давомида кечса, нуксонлар сони кам бўлган кристаллик таркиб ҳосил бўлади. Бу шакл таркиблари мукаммалрок, демак, полимернинг эриш температураси ҳам юкори бўлади. Қуйидаги 2.3-жадвалда айрим полимерларнинг эриш температуралари келтирилган.

Жадвалдан кўриниб турибдики, полимер элементар звенолар қутбланиши ва тузилишининг тартиблиги ортиши билан температура $T_э$ ортади. Ўз навбатида молекулалар эгилувчанлиги камайиши билан зич тахланиш ва кристаллик таркиб ҳосил килиш эҳтимолини белгилайди.

Эгилувчан занжирли полимернинг эриш температурасини ошириш учун нафакат кристалланиш тезлиги ва температурасини ўзгартириб, балки уни чўзиш йўли эришиш мумкин. Бундай ҳодиса, айникса аморфли кристалланувчи эластомерлар учун тааллукли бўлиб, полимерларнинг ***ориентацияланган*** деб аталади. Шунинг учун «кристаллик» ва «кристалланувчи» полимерлар деган тушунчаларни фарклаш керак. Ушбу фарк полимерлардаги релаксацион ҳодисалар билан боғликдир.

Полимерни синтез килиш жараёнида, яъни макромолекуляр билан бир вактда шаклланган кристаллик тузилишга ***кристаллик полимер*** деб аталади.

Кристалланувчи полимер деб синтез килиш жараёнида аморф полимер ҳосил бўлиб, кристаллик тузилиш эса макромолекулаларни деформация томон йўналтирилган деформация (чўзилиши)си даврида ҳосил бўлади.

Кристаллик ва кристалланувчи полимерларннг умумий хоссаси шундаки, намунани аморф ва кристаллик фазаларга ажратиб бўлмайди. Бунга сабаб, кристаллик тузилишнинг шаклланиши жараёнида битта макромолекула ҳам кристаллик, ҳам аморф соҳаларга кириши мумкин. Йўналтирилган полимерларннг нисбий чўзилиши ва мустаҳкамлиги, макромолекулалари (ориентацияланган) йўналтириб жойлашганлиги туфайли, кристаллик полимерларникига караганда юкорирок.

Аморф полимерлар учун $T_{хр}$ юкори, лекин T_c дан паст температураларда йўналтирилган тузилишни ёки кристаллик полимер учун T_c дан юкори температурада яратиш усули ***совук тортиш*** (вытяжка) деб номланади. Совук тортиш даврида макромолекулалар конформациялари шарсимон ўрамдан чўзинчок ҳолатга ўтади.

Натижада молекулалараро ўзаро таъсир ва полимер мустаҳкамлиги ортади. Одатда, йўналтирилган ҳолат фақат деформацияловчи куч таъсир этиб турганда турғун бўлади ва аксинча, ушбу куч олинса макромолекулалар эски, ўралган ҳолатига тезда қайтишга интилади. Буига паст температураларда секин кечадиган деформация каршилик кўрсата олиши мумкин, чунки бундай шароитларда макромолекулалар конформациясининг ўзгариши билан боғлик секин борадиган ***релаксацион жараёнлар*** кечиши мумкин. Шуни таъкидлаш лозимки, сегментлар фиксация бўлиб колади, яъни полимернинг йўналтирилган ҳолати ҳам фиксация бўлиб колади. Полимерларда ориентирланган (йўналтирилган) тузилиш ҳосил килиш усули мустаҳкам тола олиш учун асосдир.

2.3-жадвал

№	Полимер	Формула	$T_э$, °C
1.	Политетрафторэтилен (ФП-4)	$\sim CF_2—CF_2\sim$	327
2.	Полиэтилен	$\sim CH_2—CH_2\sim$	137
3.	Полипропилен	$\sim CH_2—\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\vert}{CH}}\sim$	176
4.	Изотактик полиметилметакрилат	$\sim CH_2—\underset{\displaystyle COCH_3}{\underset{\vert}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{\vert}{C}}}}\sim$	160
5.	Изотактик полистирол	$\sim CH_2—\underset{\displaystyle C_6H_5}{\underset{\vert}{CH}}\sim$	240
6.	Поливинилхлорид	$\sim CH_2—CHCl\sim$	212
7.	***транс***-Полиизопрен (гуттаперча)	$\begin{matrix} H_3C & & CH_2\sim \\ & C=C & \\ \sim H_2C & & H \end{matrix}$	74
8.	Полигексаметиленадипамид (найлон 66)	$\sim NH(CH_2)_6NHCO(CH_2)_4CO\sim$	265
9.	***цис***-Полиизопрен (натурал каучук)	$\begin{matrix} H_3C & & H \\ & C=C & \\ \sim H_2C & & CH_2\sim \end{matrix}$	28

Битта ўкга йўналтирилган полимерлар зарбага бардош бера олмайди ва унинг таъсирида макромолекула йўналтирилиши бўйлаб дарз кетиши мумкин. Мўрт полимернинг зарбага бардошлигини ошириш учун икки ўкли йўналтирилиши керак, яъни уни иккита ўзаро перпендикуляр йўналишда чўзилиши даркор. Мустаҳкам парда олишда ушбу усулдан фойдаланилади.

Кристаллик тузилиш кристаллик ва кристалланувчи полимерларнинг механик хоссаларига турлича таъсир кўрсатади. Кичик кучланишлар таъсир эттирилганда кристаллик полимерларнинг деформацияси жуда кам бўлади. Эриш температурасидан юкори температурада полимер ковушкок оқувчан ҳолатга бир зумда ўтади, лекин деформация кескин равишда ўсиб кетади (2.11-расм). Худди шундай кимёвий тузилишга эга бўлган кристалланаётган полимер бошкача термомеханик эгри чизик билан ифодаланади.

Агар кристалланаётган полимер куюклашган эритмасини тезда совутилса, у кристалл ҳосил килиб улгурмайди ва шишасимон ҳолатга ўтиб кетади. Шиша ҳосил килиш

температурасигача оддий аморф полимердек бўлади, яъни кайтар деформациялари камрок намоён бўлади.



2.11-расм. Кристаллик (1) ва кристалланаётган (2) полимерларнинг термомеханик эгри чизиклари.

Кристалланаётган полимерларда юкори эластик ҳолат соҳаси намоён бўлиши мумкин ва унда макромолекулаининг сегментал силжувчанлиги ортиши ҳисобига кристалланиш бошланади.

Кристалга айланиб, эриш температурасига етгандан кейин полимерда юкори кайтмас деформациялар ўз аксини топади.

Кристаллик ва кристалланаётган полимерлар чўзилганда ўзини турлича тутади. Аморф кристалланаётган полимерлар чўзилганда «юклама-чўзилиш» эгри чизиғи (2.12-расм) аморф кристалланмайдиган полимерларнинг худди шундай эгри чизиғи билан умумий кўриниши бир хил (2.8-расм). Фарки шундаки, аморф кристалланмайдиган полимерларнинг эгри чизиғида горизонтал участкалар мавжуд (2.8-расм). Бу участка макромолекулаларни йўналтириш натижасида кристаллик тузилиш ҳосил бўлишини ифодалайди. Йўналтириш билан бирга материал каттиклиғи ортади. Шу сабабли, намуналар деформацияланганда ундаги кучланишлар ҳам кўпаяди.



2.12-расм. Кристалланаётган полимерни чўзишдаги деформация эгри чизиғи.

Кристаллик полимерларнинг «юклама-чўзилиш» эгри чизиғида якқол кўзга ташланадиган учта соҳаси мавжуд (2.13-расм). Соҳа I да деформация чўзилишга пропорционал ва асосан полимер аморф кисмининг деформацияси ҳисобига рўй беради. Бунда материал тузилиши ўзгармайди. Соҳа I дан II га ўтиш даврида букилиш нуктасида намунада ингичкалашган (битта ёки бир нечта) участка ҳосил бўлади ва унинг узунлиги тезда ортиб боради. Ушбу участканинг номи ***бўйинча*** деб аталади.

Бўйинчанинг ўсиши жараёнида чўзилиш йўналишида кристаллик тузилишларни йўналтирилиши содир бўлади. Соҳа II да полимерга юкори мустаҳкамлик ва чўзилиш хосдир.

Полимердаги мавжуд кристаллик соҳаларнинг механик деформациялар таъсири остида эриш жараёнининг рўй бериши ва чўзилиш йўналишида янги, йўналтирилган соҳалар ҳосил бўлиш кучланнши ***рекристалланиш кучланиши*** деб номланади.

Рекристалланиш кучланиши III соҳада янги мустаҳкам материал-бўйинчанинг деформацияланишига олиб келади. Деформация оқибатида намунанинг (А нукта) да узилиши билан якунланади.



2.13-расм. Кристаллик полимернинг чўзиш эгри чизиги.
$\sigma_{рекр}$-рекристаллизация кучланиши

Кучланиш-чўзилиш боғликлигининг турини температура ва кучнинг таъсир этиш давомийлиги белгилайди. Масалан, деформациянинг юқори тезлигида ва паст температураларда кристаллик полимерларда рекристалланиш содир бўлмай, кўпинча мўрт парчаланиш ёки синиш кузатилади. Ушбу ҳодиса релаксацион жараёнлар билан боғлик.

2.7.5. Полимерларнинг молекула уст тузилиши

Полимернинг кимёвий таркиби, яъни кимёвий таркиб ва макромолекулада атомларнинг бирлашиш усуллари, макромолекулалардан тузилган материал табиатини белгиламайди. Бундай материал хоссалари унинг физикавий молекула уст (надмолекуляр) тузилишига боғлик. Молекула уст тузилиши агрегат ва фазавий ҳолати кандай бўлишидан қатъи назар, ҳамма полимерлар учун хосдир. Унинг барпо бўлишининг сабаби занжирлар ички ва молекулалараро ўзаро таъсир кучларининг нисбатидир. Полимернинг молекула уст тузилиши мураккаб, макромолекулаларни маълум тартибда тахлаб ҳосил килинган, турли ўлчам ва шаклли фазода ажралиб турувчи агрегатлардир. Молекула уст тузилишни яратишда эгилувчан занжирнинг фундаментал хоссалари- шарсимон шаклга, «ўзи-ўзига» ўралиш кобилияти намоён бўлади. Бунда сегмент ҳаракатчан тузилишли элемент бўлади.

Одатда, эгилувчан молекулалар ўралиб, сферик шаклни олишга интилади ва улар ***глобулалар*** деб номланади. Бундай шаклнинг турғунлиги энг кичик юза ва юзавий энергия билан белгиланади. Глобула битта ёки бир нечта макромолекулалардан таркиб топган бўлиб, бунда занжирнинг айрим участкалари унинг ичида тартибсиз жойлашган. Кўпчилик аморф полимерлар учун ***глобуляр тузилиш*** типикдир ва уларни олиш жараёнида шаклланади.

Юкорида кайд этилганлардан ташкари ***чизиқли тузилишли*** полимерлар ҳам кенг таркалган. Бу турдаги тузилишлар эритма ва қуюқлашган эритмаларда ёки битта макромолекула ёки унинг кисмларининг тахланиб йигилиши даврида молекулалараро кучларнинг таъсирида ёки айрим молекулаларнинг якинлашишида содир бўлади. Чизикли тузилишларда тахланиш («домен») лар чўзилган толасимон «супердоменлар» кўринишида йиғилган (2.14-расм).

Супердоменлар агрегирланиши мумкин ва бунда нисбатан йирикрок чизикли тузилишлар – ***фибриллалар*** ҳосил бўлади. Фибриллар тузилиш айрим аморф полимерларга хос бўлиб, глобулярга нисбатан камрок учрайди.



2.14-расм. Аморф полимерда фибрилла хосил бўлиш схемаси.

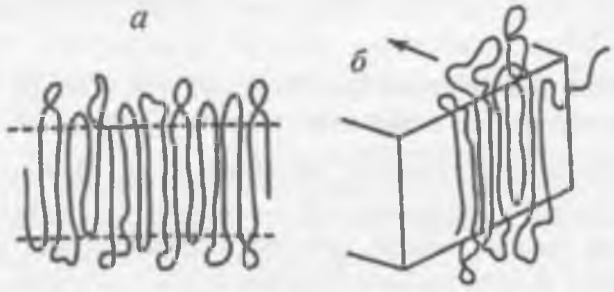
Мукаммал фибрилляр тузилишни аморф кристалланувчи полимерларда намоён бўлади (2.15-расм). Бу турдаги тузилиш йўналтирувчи механик таъсир ёрдамида барпо килинади.

Бундай фибрилляр агрегатларнинг юкори даражада тартибли ва зич жойлашиши полимер материалларнинг жуда мустаҳкамлик хоссаларини белгилайди.



2.15-расм. Йўналтирилган кристаллик полимерда макромолекулаларни тахлаш.

Кристаллик полимерлар учун молекула уст тузилишлар турлари жуда кўп ва ***кристаллик фибрилла*** – бирламчи чизикли ҳосиласи асосида яратилади. Бундай фибриллалар бир-бирига параллел жойлашган тартибли агрегатлардан шаклланади. Бундай агрегатлар ҳам бир-бирига параллел жойлаштирилган тартибли, эгилувчан макромолекулалар кисмларидан иборт (2.16-расм).



2.16-расм. Кристаллик фибриллаларнинг тузилиш схемаси (а) ва ламелага тахланган холати (б).

Кристалланиш шартларидан караб молекула уст тузилишлар фибрилляр (игнасимон) ҳолатда колиши ёки ламелярли (пластинасимон) ёки сферолит шаклга ўзгариши мумкин.

Полимерлар молекула уст тузилишларининг тури ва ўлчами электрон ва оптик микроскопия, рентген тузилишли таҳлил ва бошка усуллар ёрдамида аникланади. Агар полимер канчалик кичик ва бир жинсли тузилишли бўлса, унинг физик-механик хоссалари шунчалик юкори бўлади (2.4- жадвал).

Молекула уст тузилишлар тури ва ўлчамлари полимерларнинг хоссаларига таъсири

2.4-жадвал

№	Полимер	Тузилиш	Тузилиш ўлчами, мкм	Букилишдаги бузилиш кучланиши, МПа	Нисбий чўзилиш ε, %
1.	Полипропилен	Сферолитлар	2,0	10	200
			0,5	40	800
2.	Полиметилметакрилат	Глобулалар	Майда	8	0
		Кристаллик фибриллалар	Майда	12,5	20

2.8. Полимерлар реологияси асослари

Полимерлардан турли буюмлар ясашнинг энг кенг таркалган усуллари уларни ковушкок окувчан ҳолатга ўтказишга ва айнан шу ҳолатда полимерларга деформация ҳисобига маълум шакл ва кўриниш беришга асосланган. Оқувчанлик даврида материалларнинг деформацион хоссаларини ўрганувчи илмнинг соҳаси ***реология*** деб номланади.

Қовушкок окувчан ҳолатдаги деформация силжиш деформацияси кўринишида бўлиб, унга жисмнинг ҳажми ўзгармасдан шаклининг ўзгариши характерли. Ташки кучлар таъсирида ҳосил бўлган деформация қайтмасдир. Полимер эритмалари ва қуюқлаштирилган эритмаларининг ҳаракатланиши оддий суюкликларникидан тубдан фаркланади. Оддий суюкликлар ҳаракати Ньютон конунига бўйсунади ва унинг моҳияти қуйидагидан иборат: агар, суюқлик аста-секин деформацияланса, унда чексиз кичик микдордаги кучланишлар ривожланиб, яъни суюклик қатламлари бир-бирига нисбатан ҳеч кандай каршиликсиз ҳаракатлана бошлайди. Лекин қатламларнинг сурилиш тезликлари охирги кийматига етиши билан суюклик силжишига каршилик пайдо бўлади. Силжиш тезлиги ва кучланишлари орасида боғлиқлик Ньютон конуни ёки идеал ковушкок суюклик ҳаракатини ифодаловчи тенглама билан аникланиши мумкин:

$$\tau = \mu \cdot \dot{\gamma} \qquad (2.21)$$

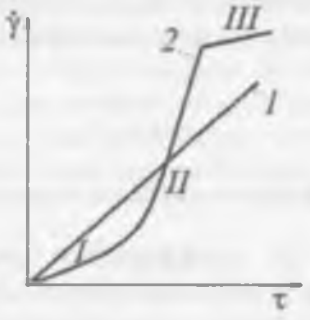
бу ерда τ – силжиш кучланиши. Па, $\dot{\gamma}$ – силжиш тезлиги, $с^{-1}$; μ – пропорционаллик коэффициенти ёки динамик ковушкоклик коэффициенти, Па с

Маълумки, исталган суюкликнинг ковушкоклиги температура билан узвий боғлиқ. Агар ўзгармас температурада суюкликнинг силжиш кучланиши ва силжиш тезлиги (деформацияси) орасида пропорционаллик сакланиб колса, яъни $\mu = \tau / \dot{\gamma}$ бўлса, бундай суюкликлар ***ньютон*** (идеал) ***суюқликлар*** деб номланади. Силжиш тезлигининг силжиш кучланишига боғлиқлик график тасвири ***ҳаракат эгри чизиқлари*** деб аталади. Ньютон суюкликларининг ҳаракат эгри чизиклари ўзгармас бурчак коэффициентли, сон жиҳатдан 1/μ га тенг тўғри чизикдир (2.17-расм, 1-эгри чизик).

Ньютон суюкликларга полимерларнинг паст концентрацияли эритмалари ва кўпчилик паст молекулали суюкликлари киради. Ньютон суюкликларининг ковушкоклиги деформацияланиш режимига боғлиқ эмас ва ташки кучланиш ортиши билан ўзгармасдан колади.

Кўпчилик полимер эритмалари ва қуюклашган эритмаларининг ҳаракати даврида силжиш тезлиги силжиш кучланишидан илгарилаб кетиши кузатилади (2.17-расм, 2-эгри чизик). Бундай системаларнинг ҳаракат эгри чизикларида 3 та участка мавжуд. Кичик (I участка) ва жуда катта (III участка) деформацияланиш тезликларида полимерларнинг

қуюклашган эритмалари ньютон суюкликларига ўхшайди, яъни уларнинг ковушкоклиги ўзгармасдир.



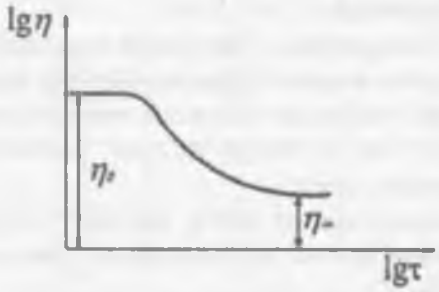
2.17-расм. Оқувчанлик эгри чизиклари.
1-ньютон суюкликлари. 2-ковушкок эластик жисм.

Силжиш тезлигининг оралик соҳаларида (2.17-расм, II участка) полимер эритма (ва қуюклашган эритма) ларининг ковушкоклиги ўзгармаслиги тугайди ва кескин равишда пасайиб бошлайди. Полимер ковушкоклиги нафакат температурага, балки деформацияланиш режимига ҳам боғликдир.

Суюклик системаларида силжиш тезлиги $\dot{\gamma}$ ўзгариши билан улар ковушқоклигининг ўзгариш ҳодисаси ***аномал қовушқоқлик*** деган ном олди. Полимер эритмаларининг ковушкоклиги ўзгарувчан бўлгани учун уни ***эффектив қовушқоқлик*** деб аталади, ушбу аномал хоссаларни намоён этувчи суюклик системалари ***ҳақиқий ёки аномал-қовушқоқ*** суюклик деб номланади.

Суюклик ковушкоклигининг аномаллиги полимерларда юкори эластик билан бирга пластик ва эластик деформацияларнинг йиғилиши ҳамда ривожланиши билан боғликдир. Эластикка ўхшаб юкори эластик деформация қайтар бўлиб, лекин эластикка караганда вакт ўтиши билан ривожланиб боради. Бунга сабаб, макромолекулалар корформацион айланишлари бўлиб, яъни релаксацион жараёнлар билан белгиланади. Релаксацион жараён тезлиги температура ва юкламанинг полимерга таъсир этиш давомийлигига боғлик.

Полимер эритмаларнинг кичик силжиш тезликларида Ньютон конунига бўйсуниши юкори эластик деформациялар йиғилиб улгурмаслиги ва шу туфайли занжирли молекулалар йўналтирилиши макромолекулаларнинг иссиклик броун ҳаракати билан бартараф килиниши белгиланади. Бундай деформация режимларида полимердаги релаксацион жараён тезлиги юкори эластик деформациялар йиғилиш тезлигидан кўп бўлади ва материал энг катта ўзгармас ньютон ковушкоклик η_0 да окади (2.17-расм, I участка). Жуда катта кучланиш ва силжиш тезликларида юкори эластик деформациялар йиғилиши оким ҳаракат томонига макромолекаларнинг энг кучли йўналтирилишига олиб келади. Бунда, деформацияга каршилик, яъни ковушкоклик кескин камаяди ва материал энг кичик ўзгармас ньютон ковушкоклиги η_∞ да окади (2.17-расм, III участка, 2.18-расм).



2.18-расм. Полимерларнинг силжиш ковушкоклиги η нинг ўзгариши.

Оралик деформацияланиш режимида силжиш тезлигининг ортиши йиғилаётган деформацияни релаксация килиб улгурмаслигига олиб келади. Қаидайдир бир кисми юкори эластик характерга эгадир. Буни деформацияга каршилик камайиши. яъни ковушкоклик пасайиши оркали кузатса бўлади (2.17-расм, II участка, 2.18-расм).

Ушбу эгри участкада полимер куюк эритмалари (эритмалари) нинг окиши даражали конунга буйсунади:

$$\tau = \eta \cdot \dot{\gamma}^{n-1} \qquad (2.22)$$

бу ерда, n – ковушкоклик аномаллик даражасини ифодаловчи окиш индекси.

Ньютон суюкликларида μ коэффициенти ковушкокликни англатса, полимер эритмалар эса аномал-ковушкок суюкликлар каторига киради ва уларда ушбу кўрсаткич η ковушкокликка ўхшаш бўлиб, консистенция коэффициенти деб аталади.

Аномал-ковушкокликнинг намоён бўлишига релаксацион жараёнлардан ташкари полимер эритмаларидаги молекула уст тузилишнинг бузилиши ҳам ўз ҳиссасини кўшади. Ушбу бузилиш силжиш тезлигининг маълум бир кийматларидан бошлаб кузатиш мумкин (2.17-расм, 1 участка). Молекуляр уст тузилиш эритмаларда жуда кичик силжиш тезликларида ҳам сакланиб колади, яъни бунга полимер окишидаги 1 участканинг бошланиш кисми тўгри келади ва аксинча, юкори тезликларда умуман йўколиб кетади, яъни бунга графикдаги III участка мос бўла олади. Шунинг учун, аномал-ковушкокликни тузилиш ковушкоклиги деган тушунча билан боғлаш максадга мувофик.

Силжиш тезлиги ўсиши билан ковушкоклиги камайиш хоссасига эга бўлган аномал-ковушкок системалар ***мавҳум пластик*** (псевдопластик) деб номланади.

Кўпчина полимерлар ковушкок окувчан ҳолатда мавҳум пластик юкори ковушкок суюкликлар каторига киради. Бундай полимерларнинг эффектив ковушкоклиги реал шароитларда кайта ишлаш даврида 100...1000 баробар пасаяди.

Полимерларнинг куюклашган эритмаларида силжиш тезлиги ортиши билан ковушкокликнинг ўсиши билан ҳам аномал-ковушкоклик ифодаланиши мумкин. Бундай ҳолат тузилиш элементлари ёки молекула уст тузилишларнинг йириклашиши орасидаги боғларнинг мустаҳкамланиши билан белгиланади ва уларнинг силжиши ҳаракат жараёнини ташкил этади.

Силжиш тезлиги ўсиши билан ковушкоклиги кўпайиш хоссасига эга бўлган аномал-ковушкок системалар ***дилатант*** деб номланади. Полимерларда бундай ҳолат жуда кам учрайди. Асосан, поливинилхлоридли пластизол типидаги полимерлар бу тургa кириши мумкин.

Кўпчилик полимерларнинг ковушкоклиги нафакат силжиш тезлигига, балки силжиш деформацияси давомийлигига ҳам боғликдир: турғун окиш даврида ковушкоклик ортиши ёки камайиши мумкин.

Турғун окиш жараёнида ковушкокликнинг камайиши ҳамма полимерларга хос бўлиб (айникса, тўлдирилган полимерларга) ***тиксотропия*** деб аталади.

Силжиш жараёнида ковушкоклининг ортиши ***реопексия*** деб аталади ва жуда кам учрайди. Реопектик суюкликларга ~95°С температурагача киздирилган эпоксид олигомерлари мисол бўла олади.

Полимерларнинг куюклашган эритмалар ковушкоклигига босим жуда салмокли таъсир этади. Уларни кайта ишлаш даврида, айникса термопластларни, ушбу кўрсаткич жуда юкори кийматларга эга бўлади. Масалан, температура 195°С ва силжиш тезлиги 70 $с^{-1}$ да босим 14 дан 175 МПа гача кўтарилса, полистиролнинг аникланган эффектив ковушкоклиги 135 маротаба ортади.

Шунинг учун, полимерларни кайта ишлаш технологик жараёнларини самарали ташкил этиш учун полимер эритма ва куюклашган эритмаларининг реологик хоссаларини билиш зарур.

2.9. Полимерлар пластификацияси

Полимер материалларнинг кайта ишлаш жараёнида пластификаторлар қўшиб унинг пластиклигини ва эластиклигини оширувчи технологик усулга ***пластификация*** дейилади. Пластификатор сифатида паст молекулали каттик ёки юкори кайнаш температурали, буғларининг босими паст суюк органик бирикмаларни қўллаш мумкин. Маълумки, улар полимерлар билан осон бирлашади, лекин кимёвий реакцияга киришмайди. Полимерга қўшилаётган пластификатор миқдори уларнинг ўзаро эрувчанлиги билан белгиланади. Агарда ўзаро эрувчанлик чексиз бўлса, термодинамик турғун система ҳосил бўлади.



2.19-расм. Полимер (1) га ортиб борувчи миқдор (2 дан 4 гача) да пластификатор киритилганда, термомеханик эгри чизикларининг ўзгариш характери.

Пластификация 2 хил, яъни ички ва ташки пластификациялар бўлади. ***Ташқи пластификация***нинг моҳияти шундаки, пластификатор молекулаларининг диффузиясида полимер занжирлари орасида молекулалараро кучларнинг ўзаро таъсири камаяди ва макромолекула звенолари пластификатор молекулалари билан қисман алмашинади. Пластификатор молекулалари полимер занжирларини суради ва пластификатор билан ўраб, оралик катлам ҳосил килади. Полимерларда оралик катламнинг мавжудлиги занжирлар силжишини осонлаштиради. Натижада, полимер пластиклиги ортади ва шиша ҳосил бўлиш температураси пасаяди. Бундай ҳолат полимерни қайта ишлаш жараёнини енгиллаштиради (2.19-расм).

Пластификатор сифатида органик бирикма (мураккаб эфирлар) лар, турли техник аралашма (турли миқдорда ароматик, нафтенли ва парафинли углеводородлар бўлган нефть ва минералли мойлар) лар қўлланилади. Кўпчилик полимер материалларга турли хилдаги икки, уч ва ундан ортик пластификаторлардан таркиб топган аралашмалар ишлатилади. Пластмассалар учун энг муҳим пластификаторлар каторига ортофтал ва себацин кислоталарнинг мураккаб эфирлар, форфор кислота эфирлари, эпоксидлашган бирикмалар ва бошкалар киради (2.5-жадвал).

Пластификаторларнинг физик хоссалари

2.5-жадвал

№	Номи	Молекуляр масса	Қайнаш температураси, °С	Эриш температураси, °С	Зичлик, кг/м^3 (20°С да)
1.	Диметилфталат	194	282	0	1190
2.	Дибутилфталат	278	315	-40	1045
3.	Диоктилфталат	390	-	-70	982
4.	Ди(2-этилгексил) адипинат	370	214	-70	927
5.	Дибутилсебацинат	314	344	-12	934
6.	Трифенилфосфат	326	407	43	1208
7.	Трикрезилфосфат	368	425	-60	990
8.	Диметилфталат	-	-	-	995

Қандайдир кимёвий реакция туфайли занжир тузилишининг ўзгариши окибатида полимер занжирлари орасидаги молекулалараро боғлар сусайса, ***ички пластификация*** содир бўлади. Ушбу пластификациялаш усулининг технологик мойиллиги паст, лекин махсус ҳолларда уни қўллаш мумкин.

2.10. Қуйи молекулали бирикмалардан полимерлар олиш

Юкори молекулали бирикмалар синтези ***полимерлаш*** ва ***поликонденсатлаш*** реакциялари натижасида амалга оширилади.

2.10.1. Занжирли полимерлаш

Полимерлаш – бу юкори молекулали бирикмалар олиш жараёни бўлиб, бунда макромолекулаларнинг ўсиши қуйи молекулали модда (мономер) лар молекулаларини ривожланаётган фаол марказга кетма-кет бирлаштириш йўли билан амалга ошади. Полимерлаш реакцияси схемасининг умумий кўриниши куйидаги тенглама ёрдамида ифодаланади:

$$nM \rightarrow (M)_n \qquad (2.23)$$

бу ерда M – мономер молекуласи, $(M)_n$- n та мономер звеносидан таркиб топган макромолекула; n – полимерлаш даражаси

Макромолекула таркибига кирган мономер молекулалари қўшалоқ боғларнинг очилиши ҳисобига унинг мономер звенолари бўлиб колади. Макромолекуланинг элементар таркиби мономер таркибидан фарқи йўк.

Полимерлаш жараёни каррали боғи бўлган бирикмалар учун хос. Бундай мономер молекуласидаги каррали боғлар сони ва характери турлича бўлиши мумкин. Полимерлаш жараёни ҳар доим ўзаро таъсир этаётган моддалар тўйиниш даражасининг пасайиши, молекулалар умумий сонининг камайиши ва ўртача молекуляр массасининг кўпайиши билан кечади.

Полимерлаш жараёни қуйидаги: фаол марказ ҳосил бўлиши, занжирни узатиш ва ўсиши ҳамда занжирнинг узилиши каби элементар реакциялардан иборат. Ушбу реакциялар турли усуллар билан амалга ошиши мумкин, лекин ҳамма ҳолатларда жараённинг қуйидаги схемаси сакланиб колади:

– фаол марказнинг ҳосил бўлиши $M \rightarrow M^{\bullet}$;

– занжирни узатиш ва ўсиши $M_1^{\bullet} + M_1 \rightarrow M_2^{\bullet} + M_1 \rightarrow M_3^{\bullet} + \ldots + M_1 \rightarrow M_n^{\bullet}$;

– занжир узилиши $M_n^{\bullet} \rightarrow P_n$

бу ерда M – мономер молекуласи, $M^{\bullet}$– фаол марказ. $M_1^{\bullet}, M_2^{\bullet}, M_3^{\bullet}, \ldots M_n^{\bullet}$ – ўсувчи радикал, P_n – полимер молекуласи

Полимерлаш механизми полимерлаш жараёнининг оралиқ маҳсулоти бўлган ўсувчи радикалларнинг кимёвий табиати билан белгиланади. Агарда ушбу заррачалар узок муддат давомида мавжуд ва етарли даражада мўътадиллик билан характерланса, бунга ***поғонали полимерлаш*** дейилади. Агарда оралиқ маҳсулотлар етарли даражада мўътадил бўлмаса, яъни киска муддат ичида мавжуд бўлса, бунга ***занжирли полимерлаш*** дейилади.

Занжирли полимерлаш натижасида ҳосил бўлаётган макромолекулалар молекуляр массаси ёки полимерлашнинг охирги даражаси бир зумда ўсиб кетади. Полимерлаш жараёнида бир вактнинг ўзида иккита ёки бир нечта турли мономерлар катнашиши мумкин. Бундай полимерлаш сополимерлаш деб аталади.

Полимерлаш жараёнида иштирок этаётган фаол марказларнинг кимёвий табиатига караб, радикалли ва ионли полимерлаш бўлиши мумкин.

2.10.2. Радикалли полимерлаш

Радикалли полимерлаш ҳар доим занжирли механизм асосида кечади ва қуйидаги реакциялардан таркиб топган: эркин радикаллар ҳосил бўлиши, занжирни ўсиши ва занжирнинг узилиши. Эркин радикаллар ҳосил бўлиш усулларига қараб полимерлаш қуйидаги усулларга бўлинади:

– термик;
– фотокимёвий;
– радиацион;
– инициранган.

Термик полимерлаш даврида иссиклик таъсири окибатида мономер каррали боғларининг очилиши ҳисобига эркин радикаллар

$$CH_2 = CHR \xrightarrow{\text{иситиш}} CH_2 - CHR \qquad (2.24)$$

ва бундай бирадикалнинг мономер молекуласи билан кейинги ўзаро таъсири ҳосил бўлади:

$$CH_2 - CHR + CH_2 = CHR \rightarrow CH_2 - CHR - CH_2 - CHR \qquad (2.25)$$

Термик полимерлаш жуда секин кечади ва унинг тезлиги температурага жуда катта боглик. Кейинчалик, бирадикаллар полимернинг монорадикалларига айланади.

Фотокимёвий полимерлашда мономер молекуласи ёруғлик энергиясининг квантини ютади ва ўта ҳаракатчан ҳолатга ўтади:

$$CH_2 = CHR + h\nu \rightarrow CH_2 = CR \qquad (2.26)$$

бу ерда $h\nu$ – ёруғликнинг битта квант энергияси бўлиб, Планк доимийси h ни тебраниш частотаси ν га кўпайтмасига тенг

Мономолекуляр айланиш натижасида ўта ҳаракатчан молекула бирадикал ҳосил килади:

$$CH_2 = CHR \rightarrow CH_2 - CHR \qquad (2.27)$$

Ушбу усул квант энергиясини тўғридан-тўғри ютиш оркали кечгани учун, бошка усулларда жараён бормайдиган температураларда ҳам, фотополимерлаш ўтказилиши мумкин. Фотокимёвий полимерлашда бирадикаллар монорадикалли полимерларга айланади.

Радиацион полимерлашда эркин радикалларнинг ҳосил бўлиши мономерларга ионлаштирувчи нурланиш (γ-нур, рентген нури, тезлаштирилган электронлар, нейтронлар, α-заррачалар) таъсирида рўй беради.

Энг кенг таркалган усуллардан бири бу ***инициранган полимерлаш*** бўлиб, мономер мухитига киритилган бардошлиги паст моддаларнинг термик гомолитик парчаланиши туфайли эркин радикаллар ҳосил бўлади. Бундай, бардошлиги паст моддалар қаторига пероксид ва гидропероксидлар, ноорганик пероксидлар, озонидлар, айрим азо- ва диазо бирикмалар киради. Полимерлаш жараёнида кўшиладиган бундай моддалар миқдори мономер массасининг 0,1...1% ни ташкил этади.

Радикалли полимерлашда ***занжирни узатиш реакция***си муҳим ўрин тутади ва унинг моҳияти шундаки, ўсиб бораётган радикалли атом ёки атомлар гуруҳларини қандайдир молекулага богланишидан узишга асосланган. Натижада, радикал тўйинган валентли молекулага айланади ва кинетик занжирни давом эттириш кобилиятли янги радикал ҳосил

бўлади. Занжирни узатиш жараёни реакцион системада ҳосил бўлган мономер молекуласи, эритувчи, полимерли молекулалар оркали содир бўлиши мумкин. Охирги ҳолатда тармокланган макромолекулалар ҳосил бўлади.

Радикаллар ингибиторлар билан ўзаро таъсирда бўлганида ҳам занжирлар узилади. Ингибитор сифатида ароматик ди- ва тринитро бирикмалар, молекуляр кислород, олтингугурт, ўзгарувчан валентли металлар ва бошкалар кўлланилади.

Полнмерланаётган системага моддаларни киритиш оркали занжирни осон узатиш амалга оширилиши ва шу йўл билан полимер ўртача молекуляр массасини ростлаш мумкин. Бундай моддалар ***ростлагич***лар деб аталади. Ростлагичлар сифатида хлорланган углеводород (тўрт хлорли углерод, тетрахлоэтилен ва бошка) лар, меркаптанлар, тиогликолли кислота ва бошкалар (мономер массасидан 2...6%) ни ишлатиш мумкин.

2.10.3. Ионли полимерлаш

Полимерларни нафакат занжирли радикал полимерлаш реакцияси билан, балки занжирли реакция ёрдамида олиш мумкин. Бундай реакцияларда ўсаётган занжир эркин макродикал эмас, одатда макроион бўлади. Полимерлар олишнинг бундай усули ***ионли полимерлаш*** дейилади. Ионларга диссоциация бўлаётган ва ион механизми бўйича мономерларни полимерлашга кўзгатувчи моддалар ***катализатор***лар деб номланади.

Ўсиб бораётган микроион зарядининг ишорасига караб катионли ва анионли полимерлаш жараёнлари мавжуд. Катионли полимерлаш жараёнида ўсаётган занжирнинг охирида углерод атомида мусбат (карбкатион) заряд $K(M)_nM^+$ жойлашган. Инициpлаш боскичида заряд ҳосил бўлади ва занжирни узатиш ёки узилиш даврида йўқолади. Анионли полимерлашда ўсиб бораётган макроион (карбанион) заряди $A(M)_nM^-$.

Ионли полимерлаш жараёни ҳам радикалли полимерларга ўхшаш: занжирнинг инициаторланиши, ўсиши, узилиши ва узатилиш каби боскичлардан иборат. Ионли полимерлаш радикаллига караганда юкори тезликларда рўй беради ва каттарок молекуляр массали полимер олишга сабабчи бўлади.

Қаттиқ катализатор юзасида мономерни координация қилиш йўли билан полимерлаш ҳам ионли полимерлашга тааллукли. Айрим адабиётларда ушбу усул координацион-ионли полимерлаш деб юритилади.

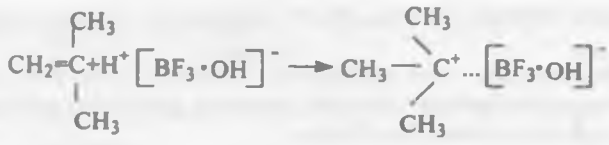
Кучли электрон акцепторли бирикмалар ***катионли полимерлаш*** катализаторлари деб ҳисобланади. Ушбу турдаги катализаторлар каторига протонли кислота (H_2SO_4, $HClO_4$, H_3PO_4 ва бошка) лар ва нопротон кислота (BF_3, $ZnCl_2$, $AlCl_3$, $TiCl_4$ ва бошка) лар киради. Оз микдордаги сув ёки бошка моддалар (протон донорлари) иштирокида катализаторлар фаоллигини намоён этади. Юкорида кайд этилган моддалар ***сокатализатор*** деб номланади.

Винил ва дивинил каторидаги кўшалоқ богда электрон донор ўринбосарли мономер (пропилен, α-метилстирол, акрил ва метакрил кислоталар эфирлари ва бошка) лар катионли полимерлашга осон киришиб кетади. Катионли полимерлашда айрим гетероциклик мономерлар: олефинлар оксидлари, лактонлар, формальдегид ва бошкалар ўз фаоллигини намоён этади.

Катионли полимерлашда катализатор билан сокатализатор ўзаро таъсирда бўлиб комплекс бирикма, яъни кучли кислота ҳосил килишдан бошланади. Реакцион мухитда у дйссоциацияга учрайди, масалан:

$$BF_3 + HOH \xrightarrow{BF_3 H_2O} H^+ ..[BF_3 \cdot OH]^- \rightarrow H^+[BF_3 \cdot OH]^- \qquad (2.28)$$

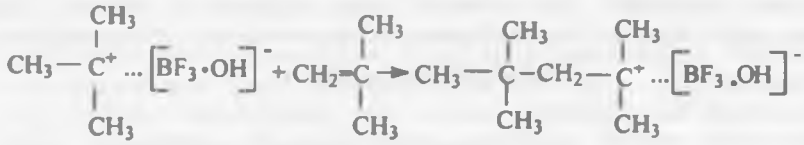
Ҳосил бўлган протон мономер молекуласига бирлашади ва натижада ионли жуфтлик пайдо бўлади. Ушбу жуфтлик карбонийли ион ва ионга карши мажмуасидан таркиб топган:



изобутилен карбонийли ион ионга карши

Ушбу иккита реакция катионли полимерлашнинг инициаторлаш боскичини ташкил этади.

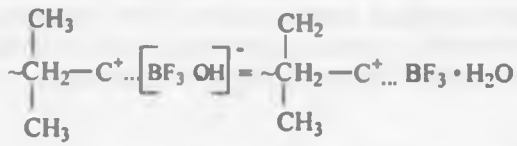
Занжирнинг ўсиши карбонийли ионга мономер молекулаларининг кетма-кет бирлашишидан иборат бўлиб, занжирнинг охирида ҳар доим мусбат заряд сакланиб колади:



(2.29)

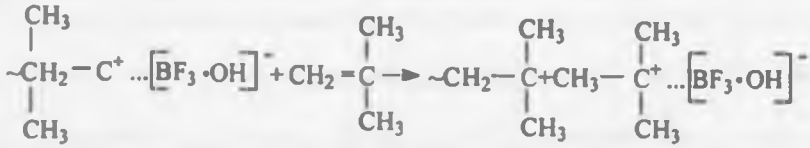
Карбонийли ион мономер молекуласини қутблаштиради, шунинг учун у занжирга маълум тартибда киради ва ҳосил бўлган макромолекула ҳар доим «*Д—Б*» типидаги регуляр таркибга эга.

Ушбу ҳолатда рекомбинациялаш ёки диспропорциялаш йўли билан занжир узилиши мумкин эмас, чунки бир хил зарядланган ионлар бир-биридан узоклашади. Занжир узилиши ион жуфтликни кайта қуриш йўли билан амалга ошади. Бунда охирида қўшалоқ *C=C*-богли полимернинг нейтрал молекуласи ва бошлангич каталитик мажмуа барпо бўлади.

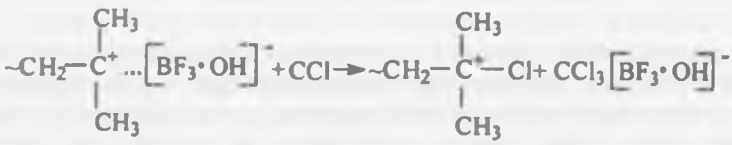


(2.30)

Катионли полимерлаш жараёнида худди радикалдаги каби занжирни мономерга ва эритувчига узатилиш кузатилади:



(2.31)



(2.32)

Катионли полимерлаш ионли жуфтликни ҳосил килиш ва диссоциацияси билан боғлиқ бўлгани учун жараённинг тезлигига мухитнинг диэлектрик ўтказувчанлиги таъсир этади. Диэлектрик ўтказувчанликнинг ортиши жараённи салмокли равишда тезлаштиради, аммо полимернинг молекуляр массасига таъсири сезиларли эмас. Радикалли полимерлашга караганда катионли полимерлашнинг фаоллашиш энергияси паст. Шунинг учун, катионли

полимерлаш юкори тезликда кечади, лекин температура ўсиши билан жараён тезлиги пасаяди.

Анионли полимерлаш учун катализатор сифатида электрон донорлари бўлмиш қуйидаги моддалар хизмат қилади: ишқорий металлар, ишқорлар, ишқорий металлар амид ва гидридлари ва металлоорганик бирикмалар.

Анионли полимерлаш реакцияларида электрон акцептор ўринбосарли винил мономерлари энг фаол бўлади. Масалан, стирол $CH_2 = CH — C_6H_5$; акрилонитрил $CH_2 = CH — C \equiv N$. Анионли полимерлашда фаол марказ сифатида карбанион – уч валентли углерод билан бирикмаси хизмат қилади, аммо ўсиб бораётган занжир макроанион кўринишида бўлади.

Ишқорий металл амидлари ва металлоорганик бирикмалар иштирокида анионли полимерлаш механизми бир схемалар билан ифодаланади. Масалан, суюк аммиак муҳитида натрий амид катализатор ёрдамида стиролни полимерлаш қуйидагича кечади:

$$NaNH_2 \rightleftharpoons Na^+ + NH^-_2 \qquad (2.33)$$

$$CH_2=\underset{\displaystyle C_6H_5}{\underset{|}{CH}} - Na^+ + NH^-_2 \rightarrow NH_2CH_2 - \underset{\displaystyle C_6H_5}{\underset{|}{\overline{C}HNa}} \qquad (2.34)$$

Занжир ўсиши:

$$NH_2CH_2 - \underset{\displaystyle C_6H_5}{\underset{|}{\overline{C}HNa^+}} + CH_2=\underset{\displaystyle C_6H_5}{\underset{|}{CH}} \rightarrow NH_2 - CH_2 - \underset{\displaystyle C_6H_5}{\underset{|}{CH}} - CH_2 - \underset{\displaystyle C_6H_5}{\underset{|}{\overline{C}HNa^+}}$$

ва хоказо (2.35)

яъни мономер молекуласи ион жуфтликнинг ионлари орасига кириб боради.

Ушбу ҳолатда, худди катионли полимерлашдек, ўсиб бораётган макроанионларни бирлаштириш йўли билан занжир узилиши мумкин эмас, чунки улар бир хил зарядланган. Эритувчи ёки мономерга занжир узатиш реакцияси натижасида кўпроқ занжирнинг узулиши кузатилади:

$$NH_2\left[-CH_2-\underset{\displaystyle C_6H_5}{\underset{|}{CH}}-\right]_{n-1}CH_2-\underset{\displaystyle C_6H_5}{\underset{|}{\overline{C}HNa^+}} + HNH_2 \rightarrow NH_2\left[-CH_2-\underset{\displaystyle C_6H_5}{\underset{|}{CH}}-\right]_{n}CH_2-\underset{\displaystyle C_6H_5}{\underset{|}{CH_2}} + NaNH_2 \qquad (2.36)$$

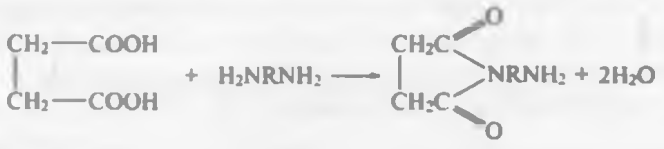
$$NH_2\left[-CH_2-\underset{\displaystyle C_6H_5}{\underset{|}{CH}}-\right]CH_2-\underset{\displaystyle C_6H_5}{\underset{|}{\overline{C}HNa^+}} + CH_2=\underset{\displaystyle C_6H_5}{\underset{|}{CH}} \rightarrow NH_2\left[-CH_2-\underset{\displaystyle C_6H_5}{\underset{|}{CH}}-\right]_{n}CH=\underset{\displaystyle C_6H_5}{\underset{|}{CH}} + CH_3=\underset{\displaystyle C_6H_5}{\underset{|}{CHNa^+}} \qquad (2.37)$$

Агар аноинли полимерлашнинг катализатори ишқорий метал (*Li, Na*) лар бўлса, инициrлаш боскичида мономернинг ***ион-радикал***лари ҳосил бўлади. Ушбу ион-радикаллари бирлашиш натижасида иккита марказли металл органик бирикма – ***бианион***га айланади.

Занжирнинг ўсиши, бианионнинг иккита марказида ион жуфтлигининг ионлари орасига мономерни жойлаш оркали боради, яъни занжир иккала томонга бирданига ўсади. Бундай йўл билан металли натрий таъсирида бутадиенни полимерлаш амалга оширилади:

инициrлаш

Ушбу жараён, масалан, диаминнинг фтал ёки каҳрабо кислоталарнинг ўзаро таъсирида рўй беради:



(2.64)

2.11.2. Поликонденсатлашнинг техник усуллари

Поликонденсатлаш жараёнини эритмада, куюк эритма, эмульсия, фазаларни ажратиб турувчи чегара юзасида ва каттик фазаларда катализатор иштирокида ёки катализаторсиз ўтказиш мумкин.

Қуюқ эритмада поликонденсатлаш жараёни поликонденсацион полимерларни саноат микёсида синтез килишнинг энг кенг таркалган усулидир.

Аввал, синтез қилинаётган полимернинг эриш температураси (одатда, 200...300°С) дан 10...20°С юкорирок температурада инерт газ муҳитида ва реакцион фазодан иккиламчи маҳсулотларни чикариб ташлаш учун охирги боскичда вакуум остида реакция ўтказилади. Жараён даврий ёки узлуксиз бўлиши мумкин. Технологик схеманинг соддалиги ва олинаётган полимернинг юкори сифатлилиги бу куюк эритмада поликонденсатлашнинг афзалликларига тааллуклидир. Лекин ишларни вакуум остида ва юкори температураларда ташкил этиш зарурлиги технологик жараённи курилмалар билан жиҳозлашни кийинлаштиради.

Эритмада поликонденсатлаш жараёни ҳам саноатда кўп ишлатиладиган жараён бўлиб, айникса, эриш температураси юкори бўлган полимерларни олишда кенг қўлланилади. Поликонденсатлаш жараёни битта эритувчида ёки эритувчилар аралашмасида ўтказилиши мумкин. Қуйи молекулали иккиламчи маҳсулот эритувчи билан кимёвий ҳолга келтирилиб, эритувчи буғлари билан бирга ҳайдалади.

Аввалги усулга караганда, эритмада поликонденсатлашни нисбатан пастрок температурада олиб бориш мумкин, бу эса жараённи курилмалар билан жиҳозлашни осонлаштиради. Лекин технологик схемаси анча мураккаб, чунки эритувчини регенерация килиш талаб этилади.

Қуюк эритма ва эритмада поликонденсатлаш жараёнлари катализатор иштирокида ташкил этилса, жараён тезлашади. Масалан, фенолформалдегидлар синтез килинганда органик ва минерал кислоталар ёки уларнинг асосларидан катализатор сифатида фойдаланилади.

Эмульсияда поликонденсатлаш нисбатан камрок ишлатиладиган усул бўлиб, агар иккала мономер ҳам сув эримайдаган ҳолатларда қўллаш максадга мувофикдир. Поликонденсатлаш реакцияси мономер аралашмасининг мўътадиллашган томчиларида кечади ва куйи молекулали иккиламчи маҳсулот унда эриб сувли фазага ўтиб кетади.

Фазаларни ажратиб турувчи чегара юзасида (фазалараро) поликонденсатлашнинг моҳияти шундаки, реакция иккита ўзаро аралашмайдиган суюкликларнинг ажратиб турувчи чегаранинг юзасида кечади. Одатда, фазалардан бири сув бўлиб, суюкликларнинг ҳар бири мономерларнинг факат биттасини эритади. Ажратиб турувчи юзада юпка катлам кўринишида полимер ҳосил бўлади ва уни ердан узлуксиз равишда чикариб олинади. Қуйи молекуляр иккиламчи маҳсулот суюкликларнинг бири (кўпинча, сув) да эрийди ва реакция кечаётган жойдан чикариб олинади. Шунинг учун, фазалараро поликонденсациялаш қайтмас жараён бўлиб, ҳосил бўлаётган полимерлар юкори молекуляр массага эгадир. Фазалараро поликонденсатлаш усулида полиамид, поликарбонат ва бошка полимерларнинг айрим турлари олинмокда.

$$2CH_2{=}CH{-}CH_2{-}CH{=}CH_2 + 2Na^{\cdot} \rightarrow \underset{\text{ион-радикал}}{Na^{+}\,{}^{-}CH_2{-}CH{=}CH{-}CH_2} + \underset{\text{ион-радикал}}{CH_2{-}CH{=}CH{-}{}^{-}CHNa^{+}} \rightarrow$$

$$\rightarrow \underset{\text{бианион}}{{}^{-}CHNa^{+}{-}CH{=}CH{-}CH_2{-}CH_2{-}CH{=}CH{-}{}^{-}CHNA^{+}} \qquad (2.38)$$

занжир ўсиши (бианион иккала учида)

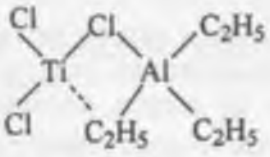
$$^{+}Na^{-}CH_2{-}CH{=}CH{-}CH_2{-}CH_2{-}CH{=}CH{-}{}^{-}CHNa^{+} - 2CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2 \rightarrow \qquad (2.39)$$

$$\rightarrow {}^{-}Na^{+}CH{-}CH{=}CH{-}CH_2{-}CH_2{-}CH{=}CH{-}CH_2{-}CH_2{-}CH{=}CH{-}CH_2{-}CH_2{-}CH{=}CH{-}{}^{-}CH_2Na^{+}$$ ва хокозо

Ион-радикаллари ҳосил бўлиш билан кечадиган полимерлаш шу билан қизикки, «жонли» полимер занжирини олиш имконини беради, яъни янги порция мономер қўшиб турилса, ўсиб борувчи макробианион узоқ муддат давомида полимерлаш жараёни тўхтамаслигини таъминлайди. Мономер ёки эритувчига узатиш йўли билан ҳам занжирнинг узилиши мумкин эмас. Полимерлаш жараёни мономер умуман колмагандан кейин тўхтайди. Ушбу усулда олинган полимерларнинг молекуляр массаси жуда катта ва полидисперслиги кичик.

Паст температурали, ҳаводан батамом тозаланган (деаэрацияланган) ва намсизлантирилган эритувчиларда анионли полимерлаш самарали кечади.

Координацион-ионли полимерлаш юкори селективликка эга бўлган комплекс катализаторлар таъсири остида ўтказилади. Бу турдаги катализаторлар Д.И.Менделеев жадвалидаги I-Ш гуруҳ металл алкиллари ва IV-VШ гуруҳлардаги металл галогенидларининг ўзаро таъсирида ҳосил бўлган комплекслардир. Бу гуруҳ типик катализаторига уч этилалюминий ва уч хлорли титанларнинг комплексини келтириш мумкин:



(2.40)

Инициpлаш боскичида катализатор комплексининг титан атоми маълум бир тартибда мономерни координация килади. Бундай координация жараёнида мономер боғлари ғоваксимон ҳолатга ўтади ва катализатор комплексида боглар қайта таксимланиши рўй беради. Шундай қилиб мономер ва катализатор ўртасида π-комплекс барпо бўлади.

2.10.4. Сополимерлаш

Икки ва ундан ортик мономерли аралашмалардан юкори молекулали моддалар олиш сополимерлаш деб аталади. Жараён натижасида олинган модда эса – сополимер деб номланади. Сополимер макромолекулалари бошланғич реакция аралашмасида иштирок этувчи ҳамма мономерларнинг элементар звеноларидан таркиб топган. Сополимер таркибига кирувчи ҳар бир сомономер унга ўз хоссаларини беради, лекин сополимер айрим гомополимерлар хоссаларининг оддий арифметик йигиндиси эмас. Масалан, поливинилацетат занжиридаги оз миқдордаги стирол унинг шиша ҳосил қилиш температурасини оширади, совук оқувчанлик хоссасини бартараф килади ва юзасининг каттиклигини кўтаради.

Сополимерланиш конуниятлари гомополимерлашга караганда анча мураккаб. Агар гомополимерлаш бир турдаги ўсувчи радикал ва битта мономер бор бўлса, бинар

Иккинчидан, турли полимерларга интенсив механик таъсир этилса, занжирлар деструкцияси ва макрорадикаллар ҳосил бўлиши содир бўлади. Макрорадикаллар ўзаро таъсири натижасида блоксополимерлар шаклланади.

Блоксополимерлар олигомерлар четки гуруҳларнинг ўзаро таъсири оқибатида ҳам ҳосил бўлиши мумкин.

Уланган сополимерлар одатда, мономерни полимер билан таъсир эттириб ҳамда иккита турли полимерларни ўзаро таъсир қилиши ҳисобига олиш мумкин. Полимер молекулаларининг макрорадикалларга айланиш жараёнида занжир узатиш реакцияси қўлланилгани учун, занжир узатиш реакциясини тезлаштириш мақсадида, макромолекула таркибига ҳаракатчанлиги юқори (масалан, бром) бўлган атом ва гуруҳлар киритилади. Агар реакцион муҳитда $CH_2=CHX$ мономер асосли полимер, $CH_2=CHY$ мономер ва инициатор бўлса, уланган сополимер ҳосил бўлиш жараёни қуйидагича кечади. Аввал макрорадикал пайдо бўлади:

$$\sim \dot{R} + \sim CH_2 - CHX - CH_2 - CHX \sim \rightarrow RH + \sim CH_2 - C\dot{X} - CH_2 - CHX \sim \qquad (2.49)$$

Сўнг, ушбу макрорадикал ён томонга тармокланган мономер полимерланишига сабабчи бўлади:

$$\begin{array}{l} \sim CH_2 - CX - CH_2 - CHX \sim \\ \quad\quad | \\ \quad\quad CH_2 - CHY - CH_2 - CHY \sim \end{array} \qquad (2.50)$$

Блок ва уланган сополимер олиш ҳар доим реакция зонасидаги мономердан гомополимер ҳосил бўлиш билан бирга кечади.

2.10.5. Босқичма-босқич полимерлаш

Босқичма-босқич полимерлаш реакцияси занжирли полимерлаш реакциясининг тенгламаси орқали ифодаланиши мумкин:

$$nM \rightarrow M_n \qquad (2.51)$$

яъни полимер мономери ва макромолекулалари таркибида ҳеч қандай фарк йўқ. Лекин занжирли полимерлашдан фаркли, босқичма-босқич полимерлаш оралиқ жуда турғун бирикма: ди-, три-, тетра-, пента-, гексамерлар ва ҳоказолар ҳосил бўлиш орқали кечади. Шунинг учун, полимерлар массаси вақт ўтиши билан ортиб боради. Босқичма-босқич полимерлаш реакциясида нафақат бир жинсли, балки турли жинсли мономер молекулалари иштирок этиши мумкин. Мисол тарикасида, сувни ε-капролактамга каталитик таъсири натижасида ҳосил бўладиган ε-аминокапрон кислотаси иштирокида ε-капролактамни полимерлаш жараёнини келтириш мумкин:

$$CO(CH_2)_5NH \xrightarrow{H_2O} H_2N(CH_2)_5COOH \rightarrow H_2N(CH_2)_5CONH(CH_2)COOH \qquad (2.52)$$

$$H_2N(CH_2)_5COOH + NH(CH_2)_5CO \rightarrow H_2N(CH_2)_5CONH(CH_2)_5COOH \qquad (2.53)$$

$$H_2N(CH_2)_5CONH(CH_2)_5COOH + NH(CH_2)_5CO \rightarrow$$

$$\rightarrow H_2N(CH_2)_5CONH(CH_2)_5CONH(CH_2)_5COOH \quad \text{ва хоказо} \qquad (2.54)$$

Боскичма-боскич полимерлаш реакциясинииг кечиши бўйича поликонденсатлашга ўхшашлиги бор, чуики бунда ҳам димер, тример, тетрамер ва ҳоказоларнинг кетма-кет ҳосил бўлиши билан характерланади. Полимернинг молекуляр массаси ва маҳсулот чикиши реакция давомийлига боғлик. Юкори молекуляр массали полимерга фақат реакциянинг тамомланиш даражаси жуда юкори (~99%) бўлганда эришиш мумкин. Шу билан бирга, поликонденсатлаш боскичма-боскич полимерлашдан жараён кечиши даврида қуйи молекулали маҳсулотлар ажралиб чиқиши билан фаркланади.

2.10.6. Полимерлашнинг техник усуллари

Саноат микёсида полимерлаш бир неча усулда ўтказилади: блокда (массада), эритмада, эмульсияда (латексли) ва суспензияда. Ҳар усулнинг ўзига яраша афзаллиги ва камчиликлари мавжуд. Полимерлаш усулини танлаш унга қўйиладиган талаблар, уни кейинги кайта ишлаш ва қўллаш соҳалари шартларидан ҳамда иқтисодий ва экологик талаблардан келиб чиккан ҳолда танланади.

Блок (масса)да полимерлаш реактор ёки махсус шаклларда ўтказилади. Агар ҳосил бўлаётган полимер бошлангич мономерда эримаса, унда маҳсулот кукун ёки говаксимон заррача кўринишида олинади. Агар полимер бошланғич мономерда эриса, унда вакт ўтиши билан реакцион аралашма ковушкоклиги ортади ва полимерланиб, яхлит блок (масса) кўринишидаги маҳсулот ҳосил бўлади.

Ушбу усулда полистирол, поливинилхлорид, полиметилметакрилат каби материаллар ишлаб чикарилади. Полимерлаш жараёни даврий ва узлуксиз бўлиши мумкин.

Блокда полимерлашнинг асосий камчилиги шундаки, жараён даврида реакция иссиклигини ажратиб олиш кийин, чунки куюклашган эритманинг иссиклик ўтказувчанлик коэффициенти жуда кичик кийматга эга.

Ушбу усулнинг афзалликлари: тоза, шаффоф, юкори диэлектрик ва оптик хоссаларга эга материал олиш мумкин.

Эритмада полимерлашни гомоген ёки гетероген усулларда ўтказиш мумкин. Биринчи усулда ҳосил бўлаётган полимер ва мономер эритувчида эрийди, тайёр маҳсулот эса полимер эритмаси (лок) кўринишида бўлади. Эритмада полимерлашнинг бу турини ***локли полимерлаш*** деб аталади.

Иккинчи усулда мономер эритувчида эрийди, полимер эса эримайди ва ҳосил бўлишига караб чўкмага тушади. Эритмада полимерлашнинг бу турига суюлтиргичда полимерлаш деган ном берилган.

Эритмада полимерлаш аралаштиргичли ва иситиш учун ташки гилофи бўлган реакторларда ташкил этилади. Эритувчи реакцион мухит ковушкоклигини пасайтиради, натижада эритмани аралаштириш ва реакция иссиклигини ажратиб олиш осонлашади. Эритмада синтез килиб олинган полимернинг блокда полимерлаш усулига караганда молекуляр массаси паст, полидисперслиги эса юкори бўлади. Эритма концентрацияси ва эритувчи турларини алмаштириб полимернинг молекуляр параметрларини жуда кенг ораликда ўзгартириш мумкин.

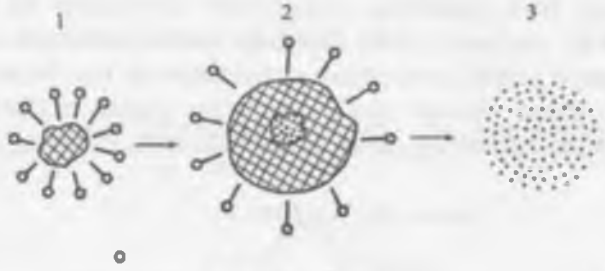
Эритмада полимерлаш саноат микёсида ўртача ва кўп тоннажли синтез усул бўлиб, радикалли ва ионли реакциялар асосида полимерлар олинади. Радикалли усулда поливинилацетат ва айрим полиакрилатлар, ионли ва координацион-ионли механизларда эса полиэтилен, полипропилен ва бошка олефинлар ишлаб чикарилади.

Усулнинг камчиликлари: эритувчини регенерация килиш зарурлиги, жараённинг мураккаблашиши ва кимматлашишига олиб келади ҳамда енгил ёнувчан органик эритувчилар ишлатилса, корхонанинг портлаш ва ёнғин хавфи ортади.

Эмульсияда полимерлаш саноат микёсида энг кенг таркалган усул. Бу усулда мономер (дисперс фаза) аввал сув (дисперсион фаза) да аралаштирилади. Маълумки, сув мономерни ҳам, ҳосил бўлаётган полимерии ҳам эритмайди ва окибатда мономер эмульсияси олинади. Мономер томчиларининг ўлчами 1...1000 мкм. Эмульсия турғун бўлиши учун эмулгатор-сирт фаол модда (олеатлар, ишкорий металлар палмиат ва лауратлари, ароматик ва юкори молекуляр сулфокислоталар натрийли тузлари ва бошка) лар киритилади.

Эмулгатор молекулалари ҳам мономер, ҳам сувга нисбатан кириши кобилиятига эга.

Мономер-сув томчисини ажратиш юзасида адсорбцияланиб, эмульсия сиртий таранглигини пасайтиради ва мономер томчиларининг қўшилиб кетмаслиғи (коалесценция) учун мустаҳкам ҳимояловчи катлам ҳосил қилади (2.20-расм).



2.20-расм. Эмульсион полимерлаш схемаси:
1-эмулгатордан ҳосил қилинган ҳимояловчи коплами мономернинг дисперс заррачаси (айланали таёкчалар-эмульгатор; айланалар – сувга караган кутблашиш гурухлари, штрихланган кисм – мономернинг эриган молекулалари); 2-полимерланиш бошланиши (нукталар – полимернинг майда заррачалари); 3- ҳамма мономер полимерга айланган ҳолат.

Реакцион муҳитда эмулгатор концентрацияси юкори бўлганда эмулгатор мицеллалари пайдо бўлади. Мономер мицеллада қисман эрийди, кисман эса эмулгатор ёрдамида мўътадилланган йирик томчилар кўринишида системада колади. Системадаги мицеллалар сони мономер томчиларига караганда 10^8 баробар кўп. Полимерланиш ўлчами 10 мкм бўлган мицеллаларда бошланади, тезда ўлчами 0,1 мкм ли эмулгатор катлами билан ўралган полимер заррачалари, яъни латекс заррачаларига айланади. Жараённинг бошланғич боскичларида латекс заррачаларининг сони ва ўлчами кўпаяди, сўнг эса мицелляр эмулгатор тамом бўлса, латекс заррачалар ўлчами ортади. Полимерланиш жараёни мономер томчилари тамом бўлиши билан тўхтайди.

Ушбу усул катта тезликда кечади ва молекуляр массаси юкори полимернинг чикиши кўп. Шу билан бирга, сувнинг кўплиги ва интенсив аралашиш окибатида жараён давомида иссикликни ажратиб олиш осонлашади. Ушбу ҳолат эмулсион полимерлаш усулининг техник афзаллигидир.

Эмульсион полимерлаш билан поливинилацетат, поливинилхлорид, полиакрилат, полиметакрилат ва бошқалар олиниши мумкин.

Усулнинг камчиликлари: полимер ҳар доим эмулгатор колдиклари билан ифлосланган ва эмулгатор электролит бўлгани учун полимер таркибида бўлиши унинг диэлектрик хоссаларини пасайтиради.

Суспензияда полимерлаш – технологик жиҳозлаш бўйича эмульсион полимерлашга ўхшаш, лекин полимернинг ҳосил бўлиши мицеллада эмас, балки мономернинг тоза томчиларида ҳосил бўлади. Мономерни сув билан интенсив аралаштириб, мономер томчилари 10...500 мкм бўлган ҳолатда суспензияда полимерлаш ўтказилади. Томчилар

бир-бирига қўшилиб кетмаслиги учун сувда эрувчан мўътадиллагичлар: поливинил спирти ёки пропилен ёки этилен оксиди сополимерлари иштирокида жараён олиб борилади.

Суспензияли полимерлашда мономер муҳитида эрувчан инициаторлар ишлатилади. Ҳосил бўлган полимер шарсимон заррача (гранула, бисер) кўринишида бўлиб, аралаштириш тўхташи билан осонгина қурилма тубига чўкади. Суспензияли полимерлашни айрим ҳолларда ***бисерли*** ёки ***гранулали полимерлаш*** деб аталади.

Ушбу усулда олинган полимерлар мўътадиллагичлардан холос бўлганлиги учун диэлектрик хоссалари яхши, бундай полимердан олинган маҳсулотлар шаффофлиги юкори. Суспензияли полимерлаш поливинилхлорид, полистирол, полиметилметакрилат ва поливинилацетатларни синтез қилишда қўлланилади.

2.11. Поликонденсатлаш

Полимерлаш билан бир каторда поликонденсатлаш усули полимерлар олишнинг асосий усуллардан биридир.

Икки ва ундан ортик полифункционал бирикмалардан боскичма-боскич жараёнида қуйи молекулали модда (сув, спиртлар, водородли галогенлар ва бошка) лар ажралиб чикиши билан кечадиган полимер ҳосил килишга ***поликонденсатлаш*** дейилади. Ушбу жараён кечишининг зарур шарти, реакцияда қатнашадиган ҳар бири икки ва ундан ортик функционал гуруҳли, ўзаро таъсир қила оладиган молекулаларнинг мавжудлигидир. Умуман, поликонденсация жараёни қуйидагича кўринишда ёзилиши мумкин:

$$aAa + bBb \rightarrow aABb + ab \qquad (2.55)$$

$$aABb + aAa \rightarrow aABa + ab \text{ ва ҳоказо} \qquad (2.56)$$

$$aABAa + bBb \rightarrow aABABb + ab \text{ ва ҳоказо} \qquad (2.57)$$

бу ерда A ва B – ўзаро таъсирдаги молекулалар колдиклари; a ва b функционал гуруҳлар, ab – қуйи молекулали маҳсулот

Юкорида келтирилган схема поликонденсатлаш жараёнининг боскичма-боскич кечишини кўрсатади, яъни: аввал мономер молекулалари ўзаро таъсирда бўлади ва димерлар ҳосил бўлади, сўнг димерлар тримерларга айланади, тримерлар-тетрамерларга ва ҳоказо, яъни олигомерларга айланади. Функционал гуруҳлар мавжудлиги туфайли олигомерлар ҳам ўзаро, ҳам мономерлар билан ўзаро таъсирда бўла олади. Бундай ҳолат полимер занжирининг ўсншини белгилайди. Агар бошланғич мономер молекулаларида иккитадан функционал гуруҳлар бўлса, полимер занжирининг ўсиши бир томонлама боради ва чизиқли макромолекулалар ҳосил қилади. Агар бошланғич мономер молекулаларида иккитадан ортик функционал гуруҳлар бўлса, тармокланган ёки тикилган (*уч ўлчовли*) тузилишли макромолекулалар барпо бўлади. Бифункционал моддалар бир ёки турли хил тузилишли функционал гуруҳларга эга бўлиши мумкин. Жараённинг ҳар бир боскичида кейинги ўзаро таъсирга кобилияти бор функционал гуруҳлар ҳосил бўлади. Масалан, диамин ва дикарбонли кислота ёки аминокислоталардан олиш мумкин. Реакциянинг биринчи боскичида димерлар ҳосил бўлиб, кейин эса юкори молекулали маҳсулотларга айланади:

$$\underset{\text{гексаметилендиамин}}{H_2N(CH_2)_6NH_2} + \underset{\text{адипин кислота}}{HOOC(CH_2)_4COOH} \rightarrow$$
$$H_2N(CH_2)_6NHCO(CH_2)_4COOH + H_2O \qquad (2.58)$$

$$H_2N(CH_2)_6NHCO(CH_2)_4COOH + H_2N(CH_2)_6NHCO(CH_2)_4COOH \rightarrow$$
$$H_2N(CH_2)_6NHCO(CH_2)_4CONH(CH_2)_6NHCO(CH_2)_4COOH + H_2O \text{ ва ҳоказо}$$

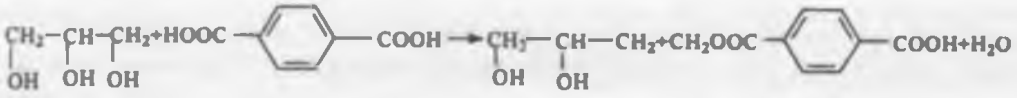
$$H_2N(CH_2)_5COOH + H_2N(CH_2)_5COOH \rightarrow H_2N(CH_2)_5CONH(CH_2)_5COOH + H_2O \qquad (2.59)$$

аминокапроилн кислотаси

$$H_2N(CH_2)_5CONH(CH_2)_5COOH + H_2N(CH_2)_5CONH(CH_2)_5COOH \rightarrow \qquad (2.60)$$
$$\rightarrow H_2N(CH_2)_5CONH(CH_2)_5CONH(CH_2)_5CONH(CH_2)_5COOH + H_2O$$ ва хокази

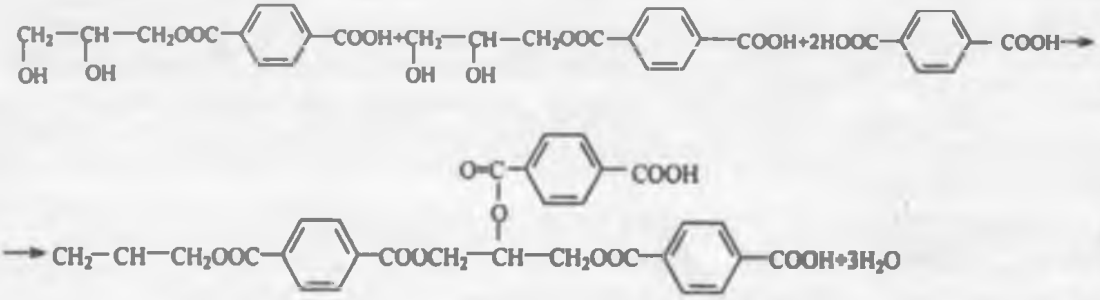
Три- ва тетрафункционал моддалар ҳамда уларнинг бифункционал бирикмалари билан аралашмалари поликонденсациялаш жараёнида тармокланган ёки уч ўлчовли маҳсулотлар ҳосил килади. Масалан, глицеринни фтал кислота билан конденсацияланиши ушбу схема бўйича боради:

1. Димернинг ҳосил бўлиши:



(2.61)

2. Тармокланган маҳсулотлар ҳосил бўлиши:

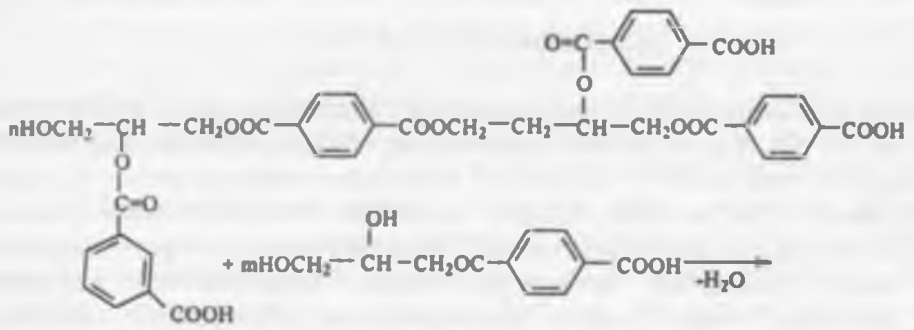


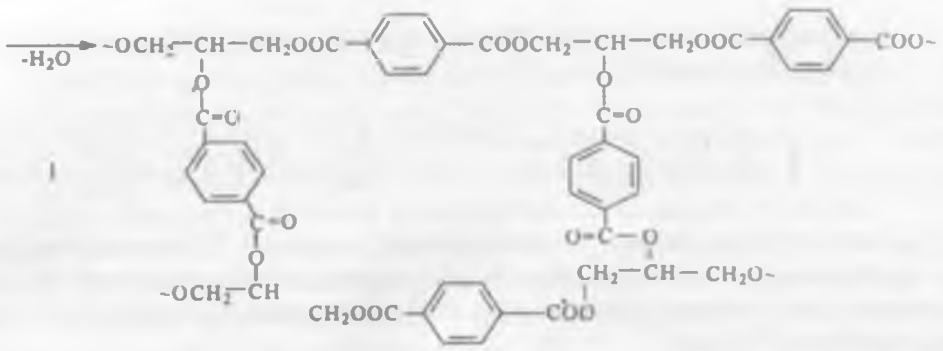
(2.62)

3. Тармокланган маҳсулотлардан уч ўлчовли тузилиш ҳосил бўлиши:

Поликонденсатлашни полимерлашдан ажратиб берувчи бир нечта ҳолатлар мавжуд:

– полимерлаш – занжирли жараён ва қўшиб олиш механизми бўйича кечади; поликонденсатлаш эса – боскичма-боскич бўладиган жараён бўлиб, ўрин босиш механизми бўйича кечади. Ушбу жараённинг айрим боскичларида оралиқ маҳсулот ажратиб олиниши мумкин.





(2.63)

Поликонденсатлашни полимерлашдан ажратиб берувчи бир нечта ҳолатлари мавжуд:

– полимерлаш жараёнида қуйи молекулали маҳсулотлар ажралиб чиқмайди; поликонденсатлашда эса қуйи молекулали маҳсулотлар кўпчилик ҳолларда ажралиб чиқади;

– қуйи молекулали маҳсулотлар ажралиб чиқиши, ўз навбатида қуйидаги ҳолатларга олиб келади: биринчидан, поликонденсатлашда олинган полимернинг молекуляр занжир қайтарилувчи звеносининг кимёвий тузилиши бошланғич мономер таркибига тўғри келмайди; иккинчидан, реакциянинг ажралиб чиқаётган қуйи молекулали маҳсулоти ҳосил бўлаётган полимер молекуласи билан ўзаро таъсирга кириб бошлангич моддалар барпо қилиши мумкин. Бу дегани, реакция турғун мувозанатининг бузулганлигидан далолат беради. Полимер ҳосил қилиш томонига суриш учун реакция жойидан қуйи молекулали маҳсулотларни ажратиб олиш даркор;

– полимерлаш жараёнида полимернинг молекуляр массаси реакциянинг давомийлигига боғлик эмас; поликонденсациялашда эса реакция кечиши билан ушбу параметр ортиб боради.

Бошланғич моддалар тузилишига қараб, поликонденсатлаш жараёни турли хилдаги кимёвий жараёнлар билан ифодаланиши мумкин: амидлаш (амидирование), этерификациялаш, амидирлаш (амидирование), циклламш (циклизация) ва ҳоказо. Гетерозанжирли полимерлар олишнинг асосий усули – бу поликонденсатлашдир.

2.11.1. Полимер молекуляр массаси ва поликонденсатлаш тезлигига турли омилларнинг таъсири

Поликонденсатлаш жараёнида мономерлар орасидаги стехиометрик нисбатга риоя қилиш муҳим аҳамиятга эга, чунки бу юқори молекуляр массали полимер олишга асосий омиллардан биридир. Агар аралашмадаги мономерлар нисбати эквимолекуляр, яъни иккала турдаги функционал гуруҳлар тенг миқдорда бўлса, поликонденсатлаш жараёни иккала мономер тамом бўлмагунча давом этади. Агар реакцион аралашмада мономерлардан бири ортикча бўлса, поликонденсатлаш жараёни кам миқдордаги мономер тугамагунча давом этади. Бундай ҳолатда, реакция тамом якунланганда ҳосил бўлаётган макромолекуланинг иккала учида реакцион муҳитда ортикча компонентнинг бир хил функционал гуруҳлари жойлашган бўлади. Бу поликонденсатлаш жараёнини тўхташига, демак, полимернинг молекуляр массасининг пасайишига олиб келади.

Жараён давомида, агар моддалар учувчанлиги турлича бўлса, бошланғич моддаларнинг стехиометрик нисбати ўзгариши мумкин.

Температуранинг кўтарилиши поликонденсатланиш реакциясини тезлаштиради ва қуйи молекуляр маҳсулотни ажратиб олишни осонлаштиради. Айрим ҳолларда температуранинг ўсиши реакция кечишини ва ҳосил бўлаётган маҳсулот характерини ўзгартиради.

Поликонденсатлаш жараёни кўпинча циклламнинг иккиламчи реакциялари билан мураккаблашади ва унга бошланғич мономерлар ҳам, полимерлар ҳам киришиши мумкин.

Қаттиқ фазаларда поликонденсатлаш усули бошқа усулларга нисбатан кам ишлатилади, лекин амалий ва назарий жиҳатдан муҳим ўрин тутади.

2.11.3. Кўп компонентли поликонденсатлаш

Кўп компонентли поликонденсатлаш функционал гуруҳлар бўйича уч ва ундан ортиқ турли мономер ёки полимер ва бошқа мономернинг ўзаро таъсир реакциясидир. Ушбу жараён полимер хоссаларини модификациялаш, белгиланган хоссали полимер материаллар олиш учун қўлланилади. Масалан, гексаметилендиамин, адипин ва терефталли кислоталарни кўп компонентли поликонденсатлаш усулини қўллаб аралаш полиамид олинади:

$$(m+p)H_2N(CH_2)_6NH_2 + mHOOC(CH_2)_4COOH + pHOOC(C_6H_4)COOH \rightleftarrows$$

гексаметилендиамин — адипин кислота — терефталли кислота

$$\rightleftarrows \sim NH(CH_2)_6NHCO(CH_2)_4CONH(CH_2)_6NHCO(C_6H_4)CONH \sim \qquad (2.65)$$

Кўп компонентли поликонденсатлашда аралаш тузилишли полимер олинади.

Ушбу усулда икки ва ундан ортиқ полимер (олигомер) лар кўп компонентли поликонденсатлаб блоксополимерлар олиш мумкин.

2.12. Полимерлар эскириши ва мўътадиллаш

2.12.1. Полимерларда эскириш жараёнлари

Полимер материалларни кайта ишлаш ва сақлаш даврида ҳамда полимерлардан ясалган маҳсулот ва буюмларни ишлатиш жараёнида уларга: иссиқлик, ёруғлик, радиация, кислород, намлик, агрессив кимёвий элткичлар, механик юклама каби турли хил омиллар таъсир этади. Ушбу омиллар алоҳида ёки ҳаммаси бирга таъсир этиб, полимерларда 2 хилдаги кайтмас кимёвий реакцияларни келтириб чиқаради: деструкция, бунда макромолекуланинг асосий занжирида узилиш рўй беради ва таркибий ўзгариш оқибатида занжирлар бирикиши ҳосил бўлади. Полимерда молекуляр таркибий ўзгаришлар унинг эксплуатацион хоссаларининг ҳам ўзгаришига: эластиклиги йўқолади, каттиклик ва мўртлиги кўпаяди, механик мустаҳкамлик пасаяди, диэлектрик кўрсаткичлар ёмонлашади, ранги ўзгаради, текис юзаси ғадир-будур ҳамда айрим ҳолларда полимер юзасида кукунсимон моддалар пайдо бўлишга олиб келади. Полимерлар ва ундан ясалган буюмларнинг вакт ўтиши билан хоссаларининг ўзгаришига ***эскириш*** дейилади.

Эскириш жараёнида реакциялар радикалли, ионли ва камдан-кам молекуляр механизм бўйича кечиши мумкин. Полимерлар табиий атмосфера шароитида, космосда, радиация таъсирида эксплуатация килинса радикалли жараёнлар ривожланади. Агар полимерлар агрессив муҳитларда эксплуатация килинса, унда ионли жараёнларга дучор бўлади.

Полимерлар эскиришининг асосий сабаби – унинг молекулаларининг кислород билан оксидланишидир. Агар температура юкори бўлса, масалан, полимерларни кайти ишлаш даврида, эскириш жараёни жуда тез боради. Ушбу жараён ёруғлик нури таъсирида тезлашади. Полимернинг парчаланиши ва бузилишига сабабчи бўлган омилларнинг турига

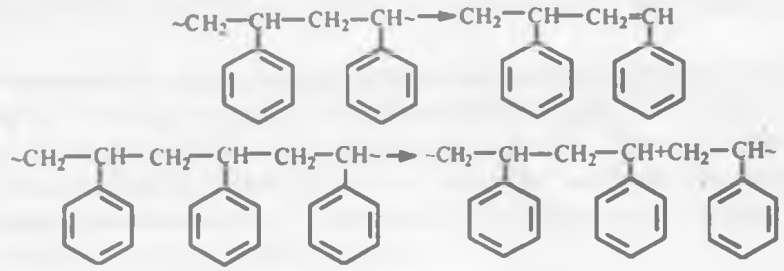
караб эскириш усуллари қуйидаги турларга бўлинади: иссиклик, термик-оксидлаш, ёруғлик нури, атмосферали (озонли), радиацияли ва механик юкламалар таъсирида эскириш.

Полимерлар эскириши даврида деструкция ёки таркибланиш (структурирования) занжирли реакцияларининг кечиши занжирнинг кимёвий тузилишига боғлиқ. Маълумки, винилли полимерлар деструкцияга, айрим диенли полимерлар эса – таркибланишга мойил. Эскириш жараёнининг ҳамма турларида, макромолекуланинг деструкцияси занжирларнинг айрим кисмларида оддий *C—C*-боғ (305 кЖ/мол) энергиясидан ортикча энергия мужассам бўлгандагина содир бўлади.

Термик деструкция – юкори температуралар таъсиридан макромолекулаларнинг парчаланиш жараёнидир. Ушбу деструкция даврида айрим полимерлар турли тузилишли калта занжир (полиэтилен, полипропилен) лар, бошқалари эса – мономер (полиметилметакрилат, полиизобутилен, поли-ε-метилстирол) ҳосил килиб парчаланади. Биринчисининг деструкцияси статистик конун асосида кечади:

$$\sim CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2\sim \longrightarrow \sim CH_2-CH_3+CH_2=CH-CH_2\sim \qquad (2.66)$$

Иккинчисиининг деструкцияси деполимерлаш конуни бўйича боради, яъни қуйи молекулали моддалар-бошланғич мономер (камрок, ди- ва тример) ҳосил бўлиши билан кечади:



(2.67)

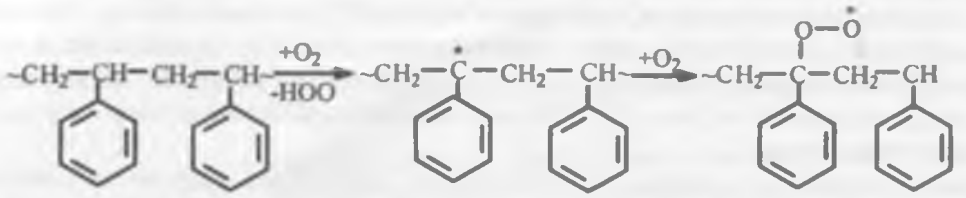
Деполимерлаш жараёни полимерларнинг эскириш тури бўлишига карамасдан, термопластли чикиндиларни утилизация килиб, мономер олиш учун қўлланиши мумкин ва уни кайтадан полимер синтез циклига йўналтирилади. Қуйидаги 2.6-жадвалда айрим полимерларнинг термик деструкция маҳсулотлари келтирилган.

2.6-жадвал

№	Полимер номи	Деструкция маҳсулоти
1.	Полиэтилен	мономер (1%), занжирларнинг катта бўлаклари
2.	Полипропилен	мономер (10%), занжирларнинг катта бўлаклари
3.	Поливинилхлорид	хлорли водород (>95%)
4.	Поливинилиденхлорид	хлорли водород (>95%)
5.	Политетрафторэтилен	тетрафторэтилен (>95%) ва унинг циклли димери
6.	Полистирол	мономер (~65%) димер, тример, тетрамер
7.	Поли-ε-метилстирол	мономер (>90%)
8.	Полиметилакрилат	мономер (~1%), занжирларнинг катта бўлаклари
9.	Полиметилметакрилат	мономер (>90%)

Термик оксидловчи деструкция – полимерга бир вақтда юкори температура ва кислороднинг таъсиридан макромолекулаларининг парчаланиш жараёнидир. Кислороднинг иштироки полимернинг иссикликка бардошлигини кескин равишда пасайтиради, чунки вакуумда полистиролнинг парчаланиш температураси 220°С дан ҳаво муҳитида 100°С гача тушади. Термик оксидлаш деструкциясининг бирламчи маҳсулоти полимерли

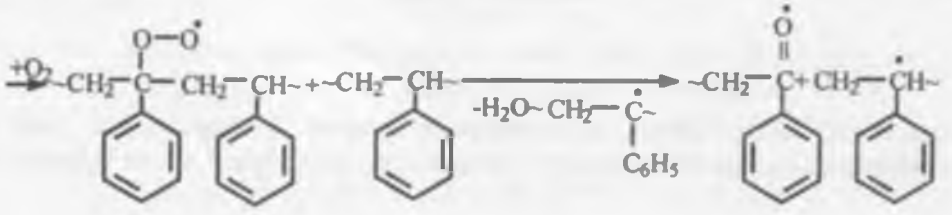
гидропероксидлар бўлиб, бузилиш вактида эркин радикаллар ҳосил килади. Натижада, жараён занжирли механизм бўйича кечади ва автокаталитик ҳисобланади:



(2.68)

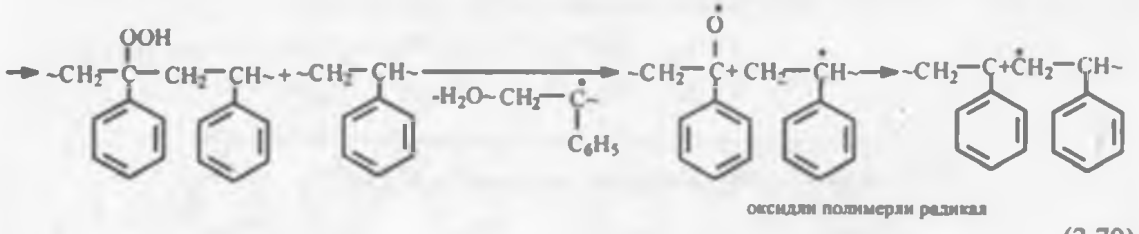
полимерли радикал $R\bullet$

пероксидли полимерли радикал $ROO\bullet$



(2.69)

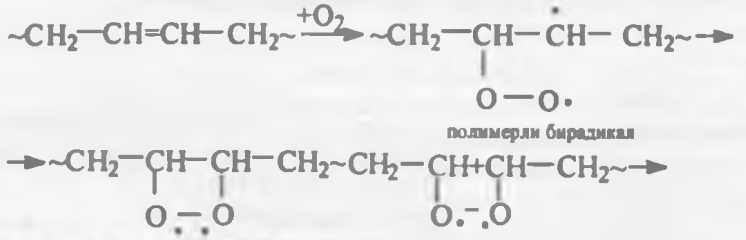
полимерли гидропероксид $ROOH$



оксидли полимерли радикал

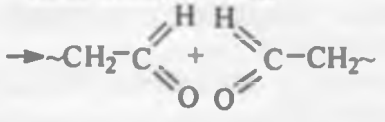
(2.70)

C—C-боғлари бўлмаган макромолекулали полимерлар тўйинмаган боғли (масалан, полидиен) ларга караганда термик оксидловчи деструкцияларга бардошлиги юкорирок. Бунга сабаб, *C=C*-боғларга кислороднинг тўғридан-тўғри осон бирлашиши ва ўта нотурғун, кучланишли циклик пероксидларнинг ҳосил бўлишидир:



полимерли бирадикал

циклик полимерли пероксид



(2.71)

алдегидли четки гуруҳли занжир бўлаклари

Термик оксидловчи деструкция жараёнида жуда катта миқдорда таркибида кислород саклаган қуйи молекуляр моддалар: сувлар, кетонлар, алдегидлар, спиртлар ва кислоталар ҳосил бўлади.

Фотокимёвий деструкция – бу ёруғлик нури таъсирида полимер макромолекулаларининг парчаланишидир. Айникса, тўлкин узунлиги λ=40 нм ли ультрабинафша (УБ) нурларнинг таъсирида полимерда чуқур деструкция содир бўлади. УБ-нурланиш квантининг энергияси макромолекуланинг ***C—C*** – боғидаи кучли ва температурага боғлик эмас. Шунинг учун, фотокимёвий деструкция жуда паст температураларда, кислород микдорига караб тез ёки секин, кечиши мумкин. Агар полимерда ёруғлик нурини ютиш қобилияти бўлган атом гуруҳлари бўлса, деструкция жараёни жуда жадал суръатлар билан боради. Ушбу гуруҳлар ***хромофорли*** деб аталади. Ушбу гуруҳга қуйидаги: ***C=C, C≡C, C=C—C=C, C=O*** ва бошкалар киради.

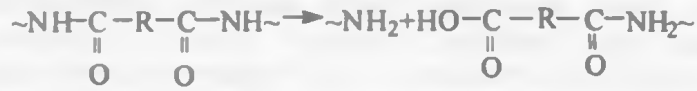
Фотокимёвий деструкция радикал-занжирли жараён ва УБ-нурланиш ўтиш қобилияти кичик бўлгани учун деструкция асосан полимернинг юза қатламларида боради.

Радиацион деструкция – полимерга γ-нурлар, α- ва β-заррачалар, нейтронлар таъсир этганда рўй берадиган жараён. Маълумки, ушбу нурларнинг энергияси макромолекулалардаги кимёвий боғлар энергиясидан анча катта. Нурлар энергияси таъсирида эркин радикаллар полимер билан «ушлаб олинади» ва унда узок муддат давомида бўлиб, уни аста-секин парчалай бошлайди.

Механик кучланишлар остида полимер деструкцияга учрайди. Механик кучланишлар полимердаги атом боғлар энергиясидан катта бўлганда ***механик деструкция*** бошланади. Полимернинг механик деструкцияси уни кайта ишлаш жараёнида, масалан, узоқ муддат давомида жувалашда, ўта майин майдалашда, тезкор механик аралаштиришда ҳосил бўлиши мумкин. Механик майдонда ҳосил бўладиган полимернинг эркин радикаллари макромолекулалар билан бирикиши мумкин ва тармокланган ёки тикилган маҳсулотлар барпо килади.

Кимёвий деструкция – полимер макромолекулаларини кимёвий моддалар ёрдамида парчалаш жараёни. Ушбу деструкция гуруҳнинг асосий занжирида кимёвий айланишларга мойил кўпчилик гетерозанжирли полимерлар учун хосдир. Деструкция чуқурлиги қуйи молекуляр реагент микдори ва унинг табиатига ҳамда ўзаро таъсир шароитларига боғлик.

Кимёвий деструкцияга мисол тарикасида полиамиднинг кислота ва ишкорлар таъсиридан парчаланишини келтириш мумкин:



(2.72)

Кимёвий фаол муҳитларда эксплуатация килинадиган полимерлар кўпрок кимёвий деструкцияга дучор бўлади.

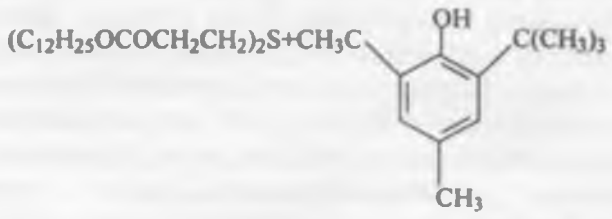
2.12.2. Полимерларни ташқи таъсирлардан ҳимоялаш

Маълумки, кўпчилик полимерларнинг эскириши асосан занжирли радикалли реакциялар механизми бўйича кечади. Албатта, полимерларни эскиришдан ҳимоялаш учун, биринчи галда, ушбу реакцияни тўхтатиш ёки бартараф килишдан келиб чиккан ҳолда ҳал этиш керак. Саноат микёсида ишлаб чикарилаётган полимерларни эскиришдан ҳимоялаш ва сақлаш учун кайта ишлаш боскичида оз микдорда (5% гача) қуйи молекуляр қўшимча моддалар – ***мўътадиллагичлар*** киритилади. Мўътадиллагичлар умумий вазифаси ўзининг молекулаларида полимерни парчаловчи маълум турдаги энергияни тарқатишдир.

Деструкция занжирли реакциясининг ривожланишини тўхтатиб турувчи мўътадиллагичлар ***ингибиторлар*** деб номланади. Демак, мўътадиллагич – ингибиторлар радикал ҳосил бўлиши билан парчаланувчи моддадир.

Оксидловчи реакцияларни кечишига тўскинлик килувчи мўътадиллагичлар ***антиоксидант*** деб аталади.

Термик оксидловчи эскиришдан полимерларни самарали ҳимоялашни антиоксидант жуфтлигини қўллаш таъминлайди, чунки улар турли механизмлар бўйича таъсир ўтказади. Икки антиоксидант аралашмасининг ўзаро кучайган мўътадилловчи самараси ***синергизм*** дейилади. Масалан, полиолефинларни мўътадиллашда синергетик таъсир қобилиятига дилаурилтиодипропионат (оддий таъсирли антиоксидант)–ионол (антиоксидант-ингибитор) аралашмаси мисол бўла олади:



(2.73)

Кўпчилик антиоксидантлар температура 280°С дан ошмаганда ўз фаоллигини яхши намоён этади. Бундан юқорироқ температураларда полимерларни термик оксидланишдан металлар, оксидлар ва ўзгарувчан валентли металл тузлари билан ҳимояланади. Ушбу қўшимчаларнинг кукуни кислородни ютади ва термик оксидлаш деструкцияси термик деструкцияга айланади. Маълумки, термик деструкция ҳар доим жуда кичик тезликда боради.

Полимерларни ёруғлик нуридан ҳимоялаш учун ёруғлик-мўътадиллагичлар ишлатилади. Уларнинг ишлаш принципи қуёш нури (УБ-абсорберлар) ни ютишга асосланган. УБ-абсорберларнинг ҳимоя функцияси шундаки, ютилган энергиянинг ҳаммаси молекулаларни қайта қуришга сарфланади. Бошлангич тузилишга қайтиш иссиқлик ажраб чиқиши билан кечади, аммо полимер учун хавфли эмас.

Кўпчилик полимерлар учун фаол ёруғлик-мўътадиллагичлар сифатида ноорганик пигмент (***TiO_2, ZnS***), коракуя, резорцин ҳосилалари, бензотриазол ва ҳоказоларни келтириш мумкин.

Мўътадиллагичлар самарадорлигини баҳолашда нафақат кимёвий реакциялардаги фаоллигини, балки арзонлиги, етарли миқдорда мавжудлиги ва заҳарлилиги каби кўрсаткичлар ҳам инобатга олиниши даркор. 2.7-жадвалда саноат миқёсида қўлланиладиган айрим мўътадиллагичлар тўғрисида маълумотлар келтирилган.

2.7-жадвал

№	Номи	Кимёвий номи	Қўлланиши
1	Алкофен БП (ионол)	2,6-Ди-*трет* бутил-4метил-фенол	Антиоксидант
2	Бензазол П (тинувин П)	2(2'-гидрокси-5'-метилфенил) бензотриазол	Ёруғлик-мўътадиллагич, антиоксидант
3	Диафен ФФ (ДФФД)	N,N'-Дифенил-п-фенилендиамин	Антиоксидант, антиозонант
4	Карбамид БНИ	Дибутилдитиокарбамат никеля	Термо-мўътадиллагич, антиоксидант, ёруғлик-мўътадиллагич,
5	Неозон Д	N-Фенил-β-нафтиламин	Антиоксидант

Полимерларни эскиришдан унинг физик тузилишини ўзгартириб ҳам эришиш мумкин. Бунинг учун полимер махсус механик ёки термик ишлов ёки унга таркиб ҳосил килувчи қўшимчалар киритилади.

2-боб. Полимерлар кимёси ва физик-кимёси бўйича

Мустақил тайёрланиш ва қайтариш учун саволлар

1. Макромолекула нима?
2. Нефтни қайта ишлаб олинадиган газларга нима киради?

3. Каталик крекинг нима?
4. Полимерлар классификациясини келтиринг.
5. Полимер, сополимер, гомополимерлар нима?
6. Карбозанжирли полимерлар молекулали занжирнинг тузилиши.
7. Полимер занжирларининг стереорегулярлиги нима?
8. Стереорегуляр полимерлар цис- ва транс-изомерлар структура формулаларини келтиринг.
9. Полимерланиш жараёнини изохлаб беринг.
10. Поликонденсатлаш жараёнини таърифлаб беринг.
11. Полимернинг молекуляр-массавий таксимланиш графигини келтиринг ва изохлаб беринг.
12. Конформация ва конформацион айланиш нима?
13. Сегмент нима?
14. Полимерларнинг физик ҳолатини изоҳланг.
15. Полимерларда релаксация жараёни нимани англатади?
16. Кристаллик полимер деб нимага айтилади?
17. Глобула, глобуляр тузилиш ва фибрилла нима?
18. Мавҳум пластик системалар деб нима тушунилади?
19. Занжирли полимерлаш тавсифи.
20. Радикалли полимерлаш нима?
21. Ионли полимерлаш жараёнининг структура формулаларини ёзинг.
22. Сополимерлаш константаси.
23. Термик оксидловчи деструкция нима?
24. Ингибитор ва антиоксидант мўътадиллагичлар нима?
25. Синергизм нимани англатади?

3-боб. ТЎЙИНМАГАН АЛИФАТИК УГЛЕВОДОРОДЛАР ПОЛИМЕРЛАРИ ВА УЛАРНИНГ ҲОСИЛАЛАРИ

Полимерлар гуруҳига полиэтилен, полипропилен, полиизобутелен ва уларнинг сополимерлари ҳамда айрим бошқа α-олефинларнинг полимерлари киради. Саноат микёсида полиэтилен ва полипропиленларни ишлаб чикариш муҳим аҳамиятга эга.

3.1. Полиэтилен

Этиленни полимерлаш жараёнини илк бор А.М.Бутлеров ўрганган. 1884 йили Россияда Г.Г.Густавсон томонидан этиленнинг қуйи молекулали полимери синтез килинган. Лекин кўп йиллар давомида факат куюк ковушкок суюклик кўринишидаги қуйи молекулали полимер (<500) олиш имконияти бўлган ва у синтетик мойловчи сифатида ишлатилган.

Ўтган асрнинг 30-йилларида лаборатория шароитида Буюк Британия ва Россияда 50 МПа босим ва тахминан 180°С температурада каттик агрегат ҳолатидаги юкори молекулали полиэтилен олишга эришилди. Саноат микёсида юкори молекулали полиэтилен ишлаб чикариш 1937 йилда Буюк Британияда амалга оширилди.

1952 йили Циглер томонидан титан триэтилалюминий ва тетрахлоридли мажмуа асосли катализаторлар ихтиро килинди. Ушбу катализатор, нисбатан паст босимда этиленни полимерлаб, юкори молекуляр массали каттик маҳсулот олиш имконини берди.

Бир неча йилдан сўнг, «Филипс» (АҚШ) алюмосиликатга жойланган ўзгарувчан валентли металл оксид (хром оксиди) лари асосида ўрта босимда этиленни полимерлаш учун янги катализатор яратди. Этиленни полимерлаш инерт углеводород (пентан, гексан, октан ва бошка) лар муҳитида 3,5…7 МПа босимда ўтказилган.

1970-75 йилларда Россия ва ГДР мутахассислари ҳамкорлигида конденсатланган газ муҳитида юкори босимда полиэтилен олиш усули («Полимир» жараёни) яратилди ва саноатга татбиқ килинди.



Ундан ташкари, турли катализаторлар иштирокида полиэтилен олишнинг бир нечта юкори самарали жараёнлари яратилган. Булардан энг самаралиси, 2,2 МПа босим ва тахминан 85...100°С температурада силикат ташувчидаги хромнинг органик бирикмали катализатори ёрдамида газ муҳитида полиэтилен чикаришдир. Ундан ташқари, 0,68...2,15 МПа босим ва 100°С температурада хром бирикмалари асосидаги юкори самарали катализатор иштирокидаги мавҳум қайнаш қатламли газ муҳити («Юнипол» жараёни) да

чизикли полиэтилен олишдир. Иккала жараён ҳам бир хил курилма ва жиҳозларда ишлаб чикарилади.

Охирги пайтда саноат микёсида қуйидаги полиэтилен ишлаб чикаришнинг усуллари кенг кўламда қўлланилмокда:

1) юкори босим 150...350 МПа ва 200...300°С температурада инициатор (кислород, органик пероксидлар) иштирокида конденсатланган газ фазада этиленни полимерлаш. Олинган полимер зичлиги ρ=916...930 кг/м^3. Бундай полиэтилен юкори босимли (ПЭВД) ёки паст зичликка эга (ПЭНП) полиэтилен деб номланади;

2) паст босим 0,2...0,5 МПа ва ~80°С температурада металл органик катализатор иштирокида суспензия (органик эритувчилар мухити) да этиленни полимерлаш. Олинган полимер зичлиги ρ=959...960 кг/м^3. Хром органик катализаторлар иштирокида этиленни полимерлаш 2,2 МПА босим ва 90...105°С температурали газ фаза (эритувчисиз) да ўтказилади. Бундай полиэтилен паст босимли (ПЭНД) ёки юкори зичликка эга (ПЭВП) полиэтилен деб номланади;

3) ўрта босим 3...4 МПа ва 150°С температурада ўзгарувчан валентли металл оксид (хром оксиди) ли катализаторлар иштирокида эритмада этиленни полимерлаш. Олинган полимер зичлиги ρ=960...970 кг/м^3. Бундай полиэтилен ўрта босимли (ПЭСД) ёки юкори зичликли полиэтилен деб номланади.

Юкорида кайд этилган усуллардан ташкари, принципиал янги, яъни электр разряди ёки ўтувчи нурлар ва бошка усулларда полимерлаб полиэтилен олиш мумкин. Аммо бу усуллар саноатда айрим сабабларга кўра татбик этилмади.

3.1.1. Полиэтилен ишлаб чиқариш учун хом-ашё

Полиэтилен ишлаб чикариш учун олефинлар синфидаги оддий тўйинмаган углеводород, рангсиз газ этилен $-C_2H_4-$ хизмат қилади. Этиленнинг қайнаш температураси $t_{қай.}$ = −103,4°С ва ҳавода ўз-ўзидан ёниб кетиш температураси $t_{ёниш.}$ = 546°С. Ҳаво билан аралашмасининг портлаш концентрацияси 3...34% (ҳажмий). Этилен 350°С температурагача тургун, лекин бундан юкори температурада метан, ацетилен, водород ва каттик углеродларга парчаланади. Этилен спирт, дихлорэтанларда эрийди, эфирларда яхши эрийди ва сувда ёмон эрувчан хоссаларга эга. Реакцион кобилияти яхши, айникса, бирикиш реакцияси бўйича юкоридир.

Саноат микёсида этиленни олиш учун тўйинган углеводородлар 780...830°С да пиролиз килинади. Бунинг учун, нефтни казнб олишда чикадиган ва уни заводларда мўътадиллашда хосил бўладиган (этан, пропан, бутан фракциялари ва газли бензин) ва нефтни кайта ишлаш маҳсулотлари ва табиий углеводородли газ (таркибида этан ва пропан бўлган газлар, суюлтирилган газлар – пропан ва бутан фракциялар ҳамда паст октан сонлн тўғридан-тўғри ҳайдашда олинган бензин) лар йўловчи газлар ишлатилади. Пиролиз жараёни трубали ўтхоналарда ўтказилади ва ундан пиролиз гази, кокс ва чакичсимон маҳсулотлар олинади.

Жуда тоза этилен олиш учун пиролиз гази тозаланади. Тозалаш жараёни 0,5...4,9 МПа босим ва −100...130°С температурали шароитда амалга оширилади. Натижада, асосий маҳсулот 95% дан кам бўлмаган этилен олинади. Этилен бўлмаган 5%ли маҳсулот таркиби метан ва этандан иборат, ҳамда жуда оз миқдорда ацетилен ва бошка аралашмалар бўлади. Ушбу моддалар полимерлаш жараёнининг кечишига салбий таъсир этади.

Тозалаш колонналари тизимидан ўтган этилен тозалик даражаси 99,9% ни ташкил этади ва таркибида фаол аралашмалар бўлмайди.

Оз миқдорда, юкори даражада тоза этилен олиш учун этил спиртни Al_2O_3 иштирокида 300...400°С температурада дегидратлаш усули қўлланилади:

$$C_2H_5OH \rightarrow C_2H_4 + H_2O \qquad (3.1)$$

Ушбу усул содда бўлгани билан жуда кўп миқдорда этил спиртни талаб этади. Шунинг учун ҳам, шу кунда полиэтилен ишлаб чиқаришда нефть ва йўловчи газлардан фойдаланилади. Юкорида қайд этилганларни инобатга олган ҳолда, замонавий корхоналар нефть ва йўловчи газлардан фойдаланишга асосланган ҳолда лойиҳаланади.

Нефтни 400...500°С температурада крекинг ва 700°С температурада пиролиз килинганда нефть газлари ҳосил бўлади ва унинг таркиби этилен, водород, метан, этан, пропан, пропилен, бутан, изобутилен ва ҳоказолардан иборат. Нефтни казиб олишда ажраб чикадиган йўловчи газлар асосан парафинли углеводородлар: метан, этан, пропан, бутан ва ҳоказолардан иборат бўлиб, юкори температурали крекинг қилинади ва окибатда кўп кисми этиленга айланади.

Газ аралашмаларидан концентрланган этиленни ажратиб олиш учун қуйидаги усуллар қўлланилади:

– ректификация (чукур совитиш) – бунда газ аралашмаси босим остида сикилади ва –100 дан –118°С температурагача совутилиб ректификацион колонналарда фракцияларга ҳайдалади (3.1-расм);

– абсорбцион-ректификация – бунда бошланғич аралашмадан метан ва водороддан ташкари ҳамма компонентлар эритувчилар ёрдамида абсорбцияланади, сўнг абсорбцияланган компонентлар ректификация килинади.

Ушбу усул –20 дан –30°С оралигидаги температуралар билан чегараланиш имконини беради (3.2-расм);

– абсорбцион-десорбцион (гиперсорбция) усул – бунда узлуксиз равишда ҳаракатланаётган адсорбент гранулалари катламида газ аралашмасининг ажралиши содир бўлади.

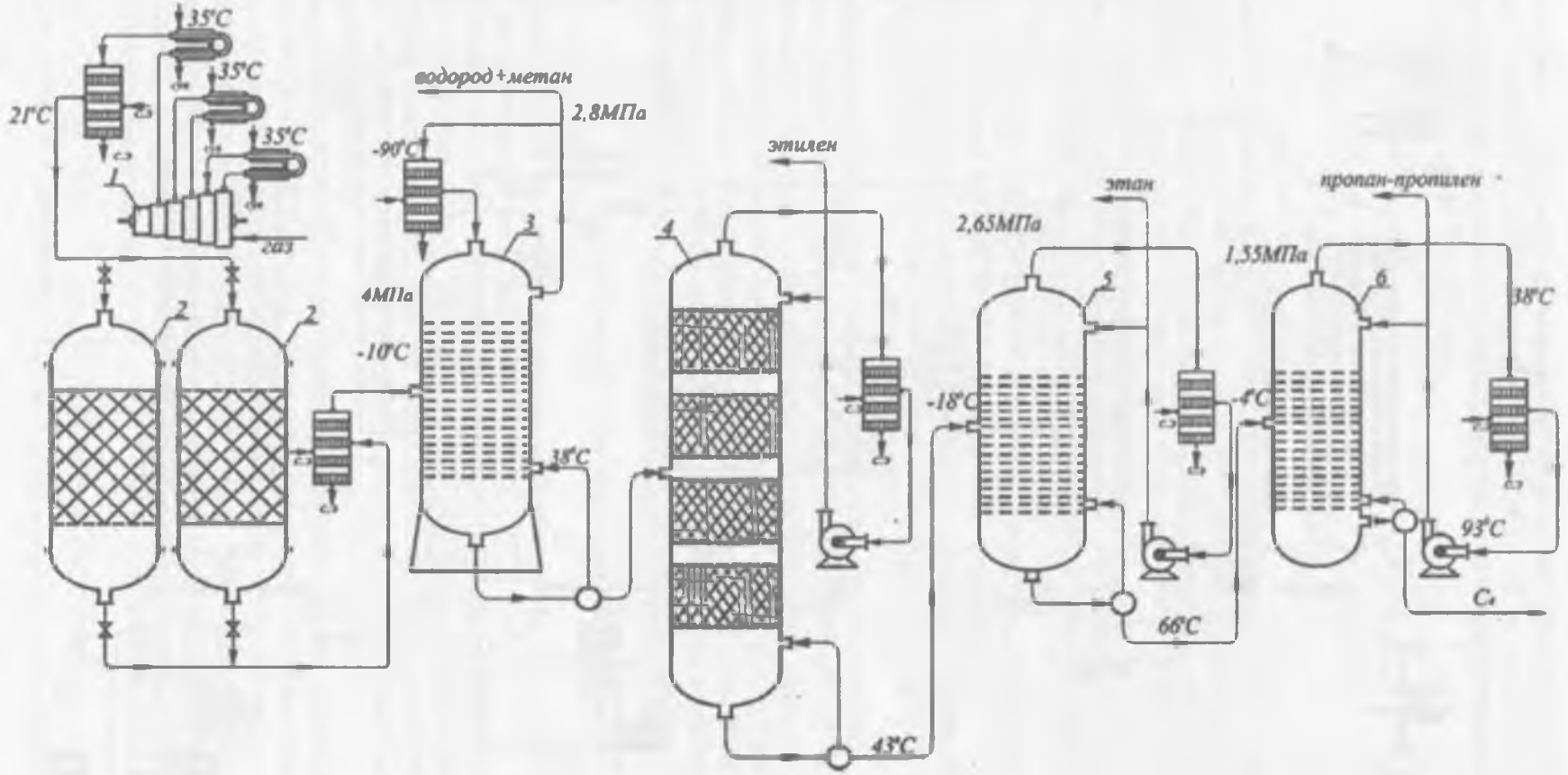
Тоза этилен қуйидаги физик-кимёвий хоссаларга эга (3.1-жадвал):

3.1-жадвал

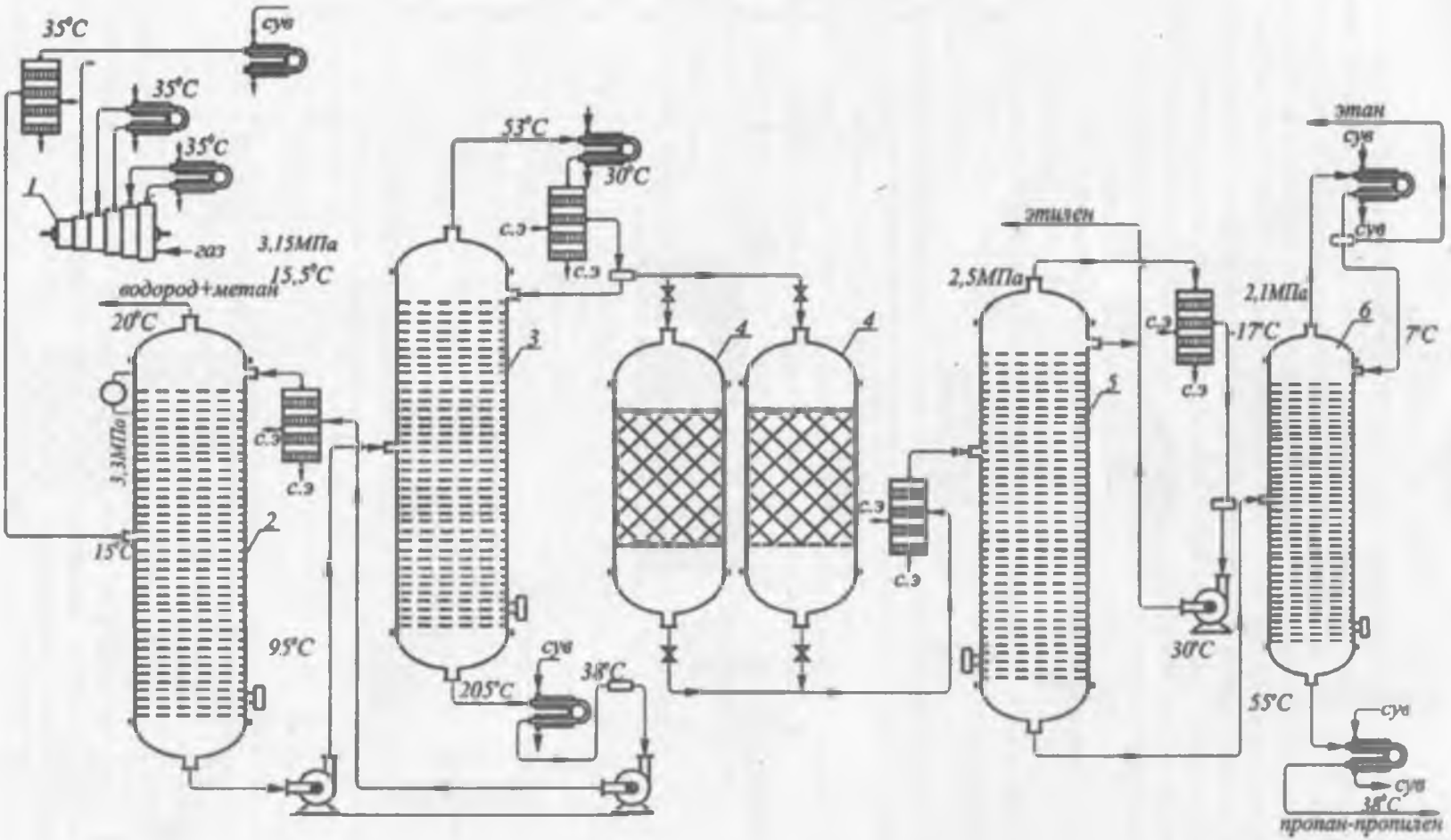
№	Кўрсаткич	Сон киймати	Ўлчов бирлиги
1	Қайнаш температураси	–103,4	°С
2	Эриш температураси	–169,2	°С
3	Зичлик, қайнаш температурасида	570	кг/м^3
4	Синиш константаси n_D	1,363	–
5	Критик температура	9,7	°С
6	Критик босим	5,09	МПа
7	Ҳид	Кучсиз эфир	
8	Ҳажмий масса (газсимон), 0°С да	1,260	кг/м^3
	25°С	1,200	кг/м^3
	10 МПа да	3,319	кг/м^3
	140 МПа да	5,575	кг/м^3
9	Иссиклик сигим, 0,1 МПа да	1,63	кЖ/кг·К
	30 МПа да	2,50	кЖ/кг·К
10	Ҳаво билан портлаш концентрациялар		
	оралик чегаралари		
	пастки	3...3,5	%
	юкори	16...19	%

Шуни алоҳида қайд этиш керакки, унинг наркотик таъсири ҳам бор.

Полиэтилен $[-C_2H_2- C_2H_2-]_n$ – бу олефинли катордаги алифатик тўйинмаган углеводороди бўлган этиленнинг карбозанжирли полимеридир. Полиэтилен макромолекулалари ён томонга оз миқдорда тармокланган чизикли тузилишга эга. Полимерлаш усулига қараб унинг молекуляр массаси ўн мингдан бир неча миллион оралиғида бўлиши мумкин.



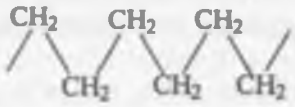
3.1-расм. Ректификацион усулда этилен олишнинг технологик схемаси:
1- компрессор, 2- абсорбцион колонна, 3- регенерацион колонна, 4 – кисман қуритиш колонналари, 5- этилен колоннаси, 6-пропан-пропилен колонна



3.2-расм. Абсорбцион-ректификацион усулда этилен олишнинг технологик схемаси:

1- компрессор, 2- кисман куритиш колонналари, 3- метан колоннаси,
4 - этилен колоннаси, 5- этан колоннаси, 6-пропан-пропилен колонна

Полиэтилен – бу кристаллик полимер. Атроф-муҳит температурасида полимернинг кристаллик даражаси 50..,90% (олиш усулига караб) ни ташкил этади. Кристаллик соҳаларда полиэтилен макромолекулалари ясси илонсимон кўринишидаги конформацияга эга бўлиб, ўхшашлик даври $2{,}53\cdot10^{-4}$ мкм.



(3.2)

Полиэтилен ўзининг жуда қимматли хоссалари билан бошқа термопластлардан ажралиб туради. Ундан тайёрланган буюм ва маҳсулотлар жуда юқори мустаҳкамликка эга, радиация ва коррозион фаол моддалар таъсирига бардошли, заҳарлимас, диэлектрик хоссалари яхши. Полиэтиленни кайта ишлаш термопластларни кайта ишлашга оид ҳамма маълум усулларида амалга ошириш мумкин.

Хом-ашёнинг етарли ва кўплиги, қимматли хоссалари ва ишлаб чикаришга кетадиган сарф-харажатларнинг кам бўлганлиги сабабли пластмассалар ичида биринчи ўринда туради.

Юқори босимда этиленни радикал полимерлаш йўли билан, паст ва ўрта босимларда эса ионли полимерлаш йўли билан полиэтилен ишлаб чикарилади.

Полимерлаш усулига караб полиэтиленнинг хоссалари турлича бўлади. Юкори босим (радикал полимерлаш)да олинган полимернинг зичлиги ва эриш температураси ионли

полимерлаш усулиникига нисбатан паст. Радикал механизмли полимерлашда занжирдаги тармокланган звенолар сони кўп бўлган маҳсулот ва ион механизмли полимерлашда эса, чизикли тузилишга эга ва юкори кристаллик даражали полимер ҳосил бўлади. Олинаётган полимерлар хоссалари бўйича фаркланади. Бу эса, ўз навбатида, кайта ишлаш режимларининг ўзгаришига сабабчи бўлади ва албатта, маҳсулот ва буюмларнинг сифатига ҳам таъсир кўрсатади. Бундай ҳолат полимер занжирининг тузилишига, полимерлаш жараёнининг кечиш шароитларига бевосита боғлиқ бўлади.

3.2. Юкори босимда полиэтилен олиш механизми

Юкори босимда радикал инициаторлар ёрдамида олинган полиэтилен ***юқори босимли полиэтилен*** деб аталади.

Этиленни юкори босимда полимерлаш занжирли жараён кўринишида бўлиб, эркин радикалли механизм бўйича кечади. Фаолланиш энергиясини камайтириш учун инициаторлар, яъни кислород, водород пероксидлар, айрим нитрил бирикмалар ва ҳоказолар ишлатилади. Полимерлаш жараёни уч босқич: инициралаш, занжир ўсиши ва занжир узилишида боради.

Инициралаш жараёни – бу инициаторни киздириш даврида парчаланиши ҳисобига эркин радикаллар ҳосил бўлишидир. Ҳосил бўлган радикал этиленнинг молекуласи билан ўзаро таъсир этади. Температура таъсири ва бириккан эркин радикал ҳисобига этилен молекуласи зарур фаолланиш энергиясини олади. Натижада, у ўзига янги этилен молекулаларини бириктириб олади ва уларга ўз фаолланиш энергиясини узатади. Шундай килиб, полимер занжирининг ўсиши бошланади. Ушбу реакцияни схематик равишда куйидагича ифодалаш мумкин:

$$И \rightarrow R^{\cdot}; \qquad R^{\cdot} + CH_2 \rightarrow R - CH_2 - CH_2^{\cdot}; \tag{3.3}$$

бу ерда $И$ – инициатор, $R^{\cdot}$ – эркин радикал

Кислород инициаторининг самарадорлиги шундаки, у тезда этиленни гидропероксидгача оксидлайди. Температура таъсирида гидропероксиднинг парчаланиши автоматик равишда бошланғич углеводородларнинг кейинги оксидланишига олиб келади ва занжирли реакциянинг эркин радикаллари ҳосил бўлади.

Занжирнинг ўсиши – шундан иборатки, мономернинг фаол молекуласига кетма-кет этиленнинг янги молекулалари бирикади ва тўйинмаган четки фаол гуруҳли ўсувчи занжир ҳосил килади:

$$\begin{aligned} &R-CH_2-CH_2+CH_2=CH_2 \rightarrow R-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2+ \\ &+CH_2=CH_2 \rightarrow R-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2 \end{aligned} \qquad (3.4)$$

Занжирнинг узилиши – рекомбинация ёки диспропорционаллаш туфайли четки фаол гуруҳларни йўк килишдан иборат. Рекомбинациялаш бу тўйинмаган четки гуруҳли икки занжирни бирлаштириш туфайли полимер молекуласининг ҳосил бўлишидир:

$$\begin{aligned} &R-(-CH_2-CH_2-)_n-CH_2+CH_2-(-CH_2-CH_2-)_m-R_1 \rightarrow \\ &\rightarrow R-(-CH_2-CH_2-)_n-CH_2-CH_2-(-CH_2-CH_2-)_m-R_1 \end{aligned} \qquad (3.5)$$

Диспропорционаллаш бу водород атомини бериб, тўйинган ва тўйинмаган четки гуруҳлар билан полимернинг иккита молекулаларини ҳосил килишдир:

$$\begin{aligned} &R-(-CH_2-CH_2-)_n-CH_2+CH_2-CH_2-(-CH_2-CH_2-)_m-R_1 \rightarrow \\ &\rightarrow R-(-CH_2-CH_2-)_n-CH_3+CH_2=CH-(-CH_2-CH_2-)_m-R_1 \end{aligned} \qquad (3.6)$$

Занжирни бериш ҳисобига ён томонга тармокланган полимер молекулаларини ҳосил килиб узун ва калта занжирли бўлиши мумкин.

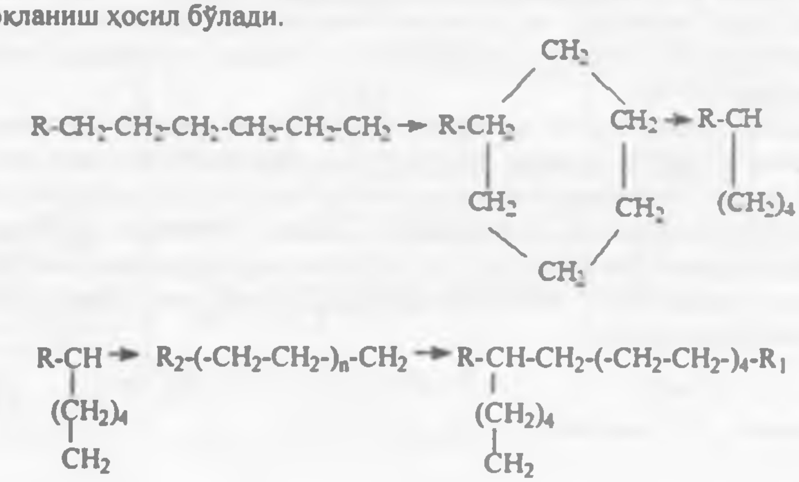
Узун занжирли тармоклар ушбу схема бўйича барпо бўлади:

$$R(-CH_2-CH_2-)_n-CH_2+R_1-CH_2-(-CH_2-CH_2-)_m-R_1 \rightarrow$$

$$\begin{aligned} &R-(-CH_2-CH_2-)_n-CH_2+R_1-CH_2-(-CH_2-CH_2-)_m-R_1 \rightarrow \\ &\rightarrow R-(-CH_2-CH_2-)_n-CH_3+R_1-CH-(-CH_2-CH_2-)_m-R_2; \\ &R_1-CH-(-CH_2-CH_2-)_m-R_2+R_3-(-CH_2-CH_2-)_k-CH_2 \rightarrow \\ &\rightarrow R_1-\underset{\displaystyle CH_2-(-CH_2-CH_2-)_k-R_3}{\underset{|}{CH}}-(-CH_2-CH_2-)_m+R_2 \end{aligned} \qquad (3.7)$$

Ушбу схема бўйича молекула ўртаси тармокланган полимер занжирлари ҳосил бўлади. Ён томондаги занжир узунлиги асосий занжир узунлигидек бўлиши мумкин.

Молекулалар ичида занжир узатиш ҳисобига олтита ҳалка кўринишидаги калта занжирли тармокланиш ҳосил бўлади.



(3.8)

3.2.1. Юқори босимли полиэтиленни трубали реакторда ишлаб чиқариш

Саноат миқёсида юқори босимли полиэтиленни олиш асосан икки турдаги қурилмадан фойдаланилади, яъни этиленни полимерлаш реактор конструкциялари билан фарқланади. Конструкциясига караб реакторлар идеал сиқиб чиқариш принципида ишлайдиган трубали ёки идеал аралаштириш принципида ишлайдиган ичида аралаштирувчи мосламаси бўлган вертикал цилиндрик қурилма-автоклав бўлиши мумкин.

Зичлиги ва молекуляр массаси катта полиэтилен олиш учун полимерлаш жараёни юқори босимда ўтказилиши керак. Бу эса, ўз навбатида калин деворли труба ва обечайкалар қўллашни такозо этади. Ундан ташқари, этиленнинг полимерланиш иссиқлиги энг катта бўлиб, тахминан 100 кЖ/моль миқдордаги иссикликни ажратиб олишни талаб килади.

Жараён юқори тезлиги (яъни реакторнинг юқори унумдорлиги) ни таъминлаш учун полимерлаш рухсат этилган температура (200...300°С) нинг максимал кийматларида ўтказилади. Температуранинг тепа чегараси реакторда босимга, зарур молекуляр масса, молекуляр-массавий таркалиш ва портлаш хавфсизлиги (критик температураларда этиленнинг парчаланиши) шартлари билан белгиланади. Трубали реактор ва автоклавдаги полимерлаш жараёнлари температура режимлари ва реакцион массанинг қурилмада бўлиш вакти билан фарқланади. Турли қурилмаларда олинадиган юқори босимли полиэтилен хоссалари билан ажралиб туради.

Трубали реакторда юқори босимли полиэтилен ишлаб чиқариш. Саноат миқёсидаги реактор-полимеризаторлар кетма-кет уланган «труба ичида труба» иссиқлик алмашиниш қурилмаси кўринишида бўлади. Реактор трубалари ўзгарувчан диаметр (50...75 мм) ли бўлади. Трубаларнинг айрим звенолари оғир, ички бўш плита-ретурбентлар ёки калачлар билан бирлаштирилади. Труба ва калачлар ғилофли бўлиб, ўзаро кетма-кет уланган. Ушбу қурилмада этиленни иситиш учун иссиқлик элткич сифатида температураси 190...230°С ли ўта киздирилган сув ишлатилади. Иссиқлик элткич этилен ва реакцион массалар окимига карама-карши йўналишда трубали реактор ғилофига узатилади. Юқори температураларни қўллашдан максад, труба деворларида полимер парда ҳосил бўлмаслигини таъминлашдир. Реакторда ўзгармас ва бир хил температурани ушлаб туриш ва самарали равишда реакция иссиқлигини четга ажратиб олиш учун қурилманинг узунлиги бўйича турли зоналарига янги этилен ва инициатор киритилади. Бир зонали реакторга караганда кўп зонали қурилма унумдорлиги анча юқори. Бир зонали реактор реакциянинг максимал температураси 300°С да бир ўтишда этиленга айланиш 15...17% ни ташкил этади. Икки зонали реакторда ўша температурада айланиш 21...24% гача кўпаяди. Уч зонали реакторда иккита ён томонидан газ узатилганда айланиш 26...30% гача ортади. Тўрт зонали қурилманинг унумдорлиги уч зоналига караганда сезиларли даражада ортмайди.

Ишлаб чиқарилаётган полимер хоссаларининг ўзгармас бўлиши учун реакторнинг ҳамма зоналарида температурани бир хиллигини таъминлаш даркор.

Маълумки, реакторнинг унумдорлиги унинг ўлчамларига боғлик. Шунинг учун трубасининг узунлиги ва диаметри турли хил бўлган трубали реакторлар ишлатилади. Қуввати катта реакторлар трубасининг узунлиги 1000 м ва ундан ортик бўлади. Юқори босимли полиэтиленни трубали реакторда олишнинг технологик жараёнлари қуйидаги боскичлардан иборат: қайтарилган газ ва кислород билан янги этиленни аралаштириш, газни икки боскичли сиқиш, конденсатланган фаза (этиленнинг зичлиги 400…500 кг/м^3) да этиленни полимерлаш, юқори босимли полиэтилен ва рециклга узатилаётган реакцияга киришмаган этиленларни ажратиш ва маҳсулотни грануллаш. Юқори босимли полиэтиленга ранг бериш, мўътадиллаш ва тўлдириш учун тегишли қўшимчалар киритилади, сўнг эса эритилади ва грануллаш жараёни амалга оширилади.

3.3-расмда узлуксиз усулда трубали реакторда юкори босимли полиэтилен олиш технологик схемаси келтирилган.

Газни ажратиш цехидан янги полиэтилен 0,8...1,1 МПа босимда коллектор 1 га узатилади ва ундан аралаштиргич 2 юборилади. Бу курилмада янги ва жараёндан кайтган паст босимли этиленлар аралаштирилади. Ундан сўнг, ушбу аралашмага кислород қўшилади ва уч боскичли биринчи каскад компрессори 3 га ҳайдалади ва у ерда 25 МПа гача сикилади. Ҳар бир боскичдан сўнг этилен совуткичларда температураси пасайтирилади ва сепараторда мойлардан ажратилади.

Сўнг, ажратгич 7 дан кайтган юкори босимли этилен билан аралаштиргич 4 да аралашади. Ҳосил бўлган аралашма икки боскичли иккинчи каскад компрессори 5 га узатилади ва 245 МПа гача сикилади. Биринчи боскичдан сўнг этилен совутилади ва мойлардан сепараторда тозаланади. Иккинчи боскичдан 70°С да чиккан этилен полимерлаш учун трубали реактор 6 га узатилади.

Реактор-полимеризатор учта зонадан таркиб топган бўлиб, ҳар бир зонадан аввал газ ёки реакцион аралашмани киздириш учун иситкичлар ўрнатилган. Қўлланилаётган инициатор турига караб газ ёки аралашма температураси 120...190°С гача кўтарилади. Учинчи зона охирида совуткич ўрнатилган бўлиб, унда реакцион масса температураси 200...250°С гача пасайтирилади.

Трубали реакторда этиленни полимерлаш қуйидаги режимларда олиб борилади (3.2-жадвал):

3.2-жадвал

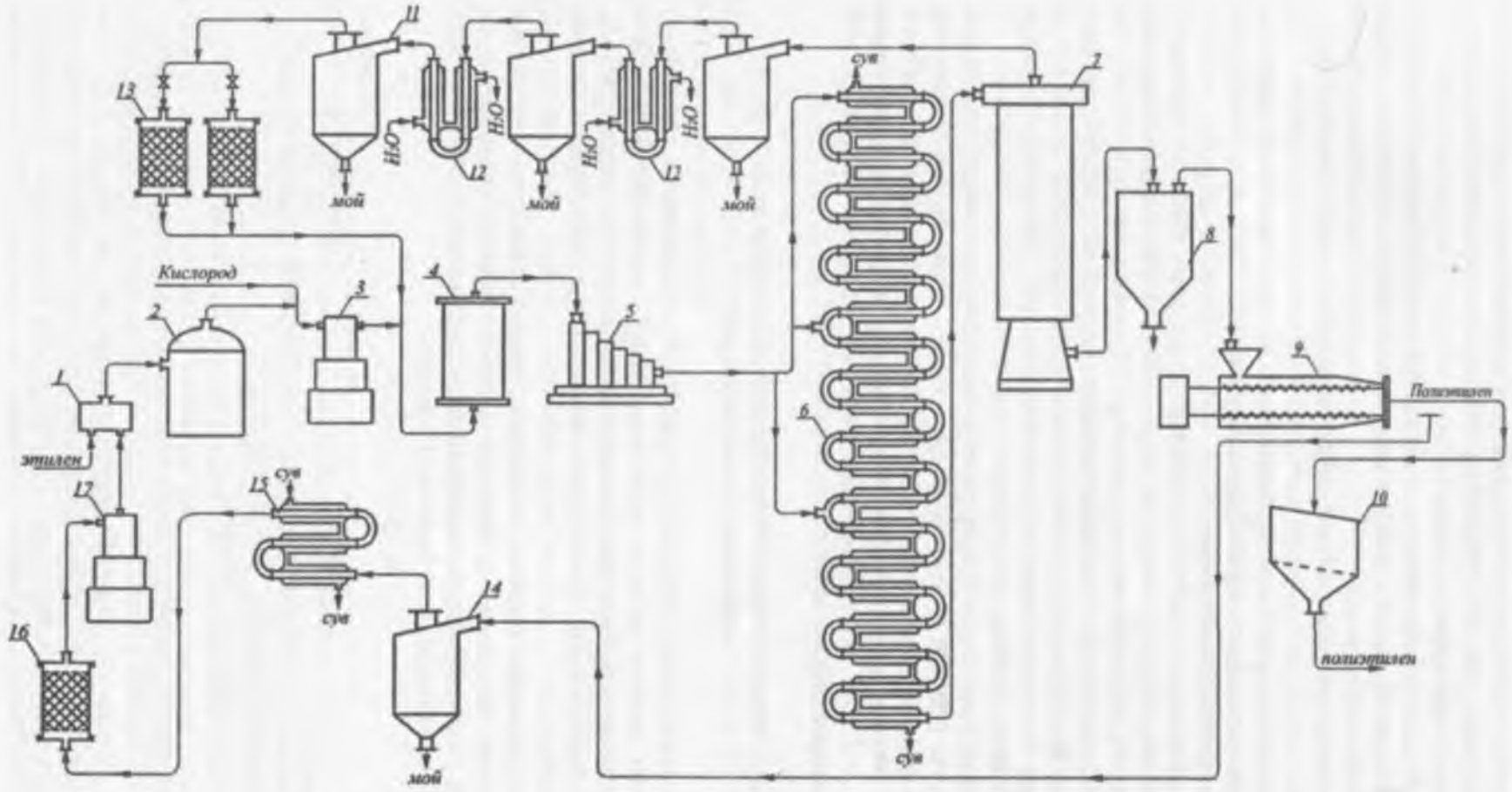
№	Кўрсаткич	Сон киймати
1	Температура, °С	190...250
2.	Босим, МПа	245
3.	Кислород концентрацияси, %	0,002...0,008
4.	Бир циклда этиленнинг конверсия бўлиш даражаси, %	26...30
5.	Этиленнинг жами конверсия бўлиш даражаси, %	95...98

Трубали реактор 6 да полимернинг реакцияга киришмаган мономер аралашмаси 24,5...26,3 МПа босимда редукцион клапан оркали юкори босимли ажратгичга юборилади ва у ерда этилен ва полиэтиленларнинг зичлари фарки туфайли фракцияларга ажралади. Реакцияга киришмаган этилен юкори босимли ажраткич 7 нинг тепа кисмидан циклонли сепаратор 11 ва совуткич 12 ларга узатилади ва у ерда этилен билан илакишиб кетган полиэтилен ажратиб олинади. Ундан кейин этилен совутилади ва аралаштиргич 4 га юборилиб янги газ билан аралаштирилади ва яна циклга қайтарилади.

Эриган полиэтилен ажраткич 7 нинг пастки кисмидан дросселловчи вентил оркали паст босимли ажраткич 8 узатилади. Бу курилмада ҳар доим бир хил 0,15...0,59 МПа босим ушлаб турилади. Эриган этилен қолдикларидан тозаланган 180...190°С ли полиэтиленнинг куюклашган эритмаси юкловчи штуцер оркали гранулятор 9 га йўналтирилади.

Паст босимли ажраткич 8 дан чиккан этилен циклонли сепаратор 14 да тозаланади ва совуткич 15 температураси пасайтирилади. Сўнг, фильтр 16 дан ўтиб дастлабки босим (0,9...1,7 МПа) гача сикиш учун компрессор 17 га узатилади. Ундан кейин янги этилен коллектори 1 дан ўтказилади ва циклга қайтарилади.

Гранулятор 9 га узлуксиз равишда мўътадилловчи аралашма (дифенил-*п*-фенилендиаминли фенил-*α*-нафтиламин) ва бошқа қўшимчалар узатилади. Мўътадиллагич билан аралашган полиэтилен грануляцияга йўналтирилади.



3.3-расм. Газ фазада юқори босимли полиэтилен олишнинг технологик схемаси:

1 - коллектор; 2 - паст босимли этилен аралаштиргичи; 3 - биринчи каскад компрессори; 4 – юқори босимли этилен аралаштиргичи; 5 - иккинчи каскад компрессори; 6 - трубали реактор; 7 - юқори босимли ажраткич; 8 - паст босимли ажраткич; 9 - гранулятор; 10-тебранма элак; 11,14-циклонли сепараторлар; 12,15 - совуткичлар; 13,16 - фильтрлар; 17 - дастлабки сикиш компрессори

Гранулаларни тезда совитиш учун грануловчи каллакка тузсизлантирилган сув юборилади. Температураси 60...70°С гача пасайган полиэтилен гранулалари сув билан тебранма элак 10 га олиб чиқилади.

Тебранма элак 10 да каттик полиэтилендан асосий сув сиркиб тушгандан кейин илик ҳаво ёрдамида тўлик куритиб олинади. Тайёр полиэтилен маҳсулоти копларга юкланади ва ***конфекционирования***га жўнатилади.

Юкори босимли полиэтилен табиий кўринишда ёки турли ранглар бериб чикарилиши мумкин.

Трубали реакторда юкори босимли полиэтилен олишда инициатор сифатида кислородни қўллаш реакцион аралашманинг температураси 180...200°С бўлганда, жараён реакциясининг зарур тезлигини таъминлайди.

Жараённинг экзотермик эканлиги реактор узунлиги бўйича массанинг температураси ортиб боради ва реакция якунида 240...250°С чикади. Максимал температура ва конверсия инициатор концентрацияси ва босимга боғлик.

Девор оркали ажратиб олинаётган иссиклик миқдори умумий иссиклик миқдорининг 30% ни ташкил этади. Бундай ҳолат иссиклик ўтказиш коэффициентининг кичиклиги ва иссиклик алмашиниш юзасининг камлиги билан белгиланади. Шу сабабли, трубали реакторларда конверсия 26...30% ни ташкил этади.

Трубали реакторда этиленнинг конверсиясини ошириш учун инициатори бўлган янги этиленни қўшимча равишда курилмага юбориш керак. Оқимларнинг маълум бир нисбатида реакцион аралашма температурасини 200°С гача камайтириш мумкин ва янги инициатор ҳисобига реакция яна бошланиб кетади. Жараён кўрсаткичларини ўзгартириш оркали зичлиги 916...935 кг/м^3 ва қуюк эритма оқувчанлик кўрсаткичи 0,2 дан 200 г/10 мин. бўлган маҳсулотларни олиш мумкин.

3.2.2. Юкори босимли полиэтиленни аралаштиргичли автоклавда ишлаб чикариш

Саноатда ишлатиладиган узлуксиз ишлайдиган автоклавлар винтсимон аралаштиргичли калин деворли вертикал курилмалар бўлиб, ташки томони совутувчи гилоф билан копланган. Одатда, бу турдаги реакторлар баландлиги 6 м, днаметри 0,3 м, ҳажми 0,5 м^3 ва юкори сифатли пўлатлардан ясалади. Полиэтилен бўйича реактор унумдорлиги 15000 т/йил.

Автоклав-реакторда юкори босимли полиэтилен олишда полимерлаш инициатори сифатида ди-*трет*-бутил пероксиди, лаурил персоксиди ва *трет*-бутилпербензоатлар қўлланилади. Одатда, улар 4...25% ли эритма кўринишида киритилади.

Полимерлаш қуйидаги режимларда олиб борилади (3.3-жадвал):

3.3-жадвал

№	Кўрсаткич	Сон киймати
1.	Температура, °С	250...270
2.	Босим, МПа	196...245
3.	Инициатор концентрацияси, %	0,2...0,4
4.	Этиленнинг конверсия бўлиш даражаси, %	15...19

Автоклавда полимерлаш жараёнида этиленнинг реакторда бўлиш вакти тахминан 2 мин. Девор оркали иссикликни ажратиб олинмайди. Умуман олганда, реактор адиабатик режимда ишлайди. Реакциядан ажралиб чиқаётган иссиклик дастлаб 35...40°С гача совутилган янги этиленни иситиш учун сарфланади. Адиабатик жараёнда мономернинг конверсияси реакторга кириш ва чикишдаги температуралар фарки билан белгиланади. Ишчи босим 196 МПа бўлганда жараённинг максимал температураси 250°С га чикиши

мумкин. Бунда, максимал конверсия 19% ни ташкил этади. Юкори молекулали маҳсулот олишда жараённинг температурасини пасайтириш керак, бунинг учун эса реакторга узатилаётган инициатор миқдорини камайтириш керак. Автоклав аралаштиригичининг айланишлар сонини 1000 дан 1500 айл/мин. кўтариш этиленни узатиш тезлигини 20...30% га ва реактор унумдорлигини оширади. Бунда, мономер таркибида инициаторнинг таксимланиши бир текисда бўлади.

Аралашиш реакторида температура майдони бир хил бўлганлиги сабабли олинаётган маҳсулотнинг молекуляр-массавий таркалиши нисбатан тор ораликда бўлади.

Автоклавга караганда трубали реактор бир катор афзалликларга эга:

– биринчидан, автоклавга караганда трубали реакторда девор оркали кўп миқдорда иссиклик ажратиб олинади. Шунинг учун полимерлаш ўзгача режимларда кечади. Автоклавда этиленни полиэтиленга айланиши (конверсияси) нисбатан пастрок, чунки трубали реакторда маҳсулот чикишининг адиабатик кўшилувчисининг улуши нисбатан кам (температуралар фарки 70°С, автоклавда эса 200...220°С). Трубали реакторда узунлиги бўйича температура майдони бир хил бўлганлиги сабабли олинаётган маҳсулотнинг молекуляр-массавий таркалиши жуда кенг ораликда бўлади, бу эса пардалар, кабелларнинг уст копламаларини ишлаб чикаришда аҳамиятга эга;

– иккинчидан, трубали реакторда полимерлаш жараёнида инициатор сифатида арзон кислородни кўллаш мумкин. Бу эса, пероксид инициаторли парафин мойларини жараёнда кўллашдан озод килади.

Реакторнинг турли зоналарига хилма-хил инициатор бериш мумкинлиги олинаётган полиэтилен хоссаларини ўзгартириш имконини беради.

3.3. Паст босимда полиэтилен олиш механизми

Полиэтилен молекуляр массаси кўлланаётган катализатор ва олиш усулига караб 60000 дан 80000 гача бўлади. Циглер-Натт катализаторларида молекуляр масса 2…3 миллионгача етиши мумкин.

Саноат микёсида ишлаб чикариладиган полиэтиленнинг молекуляр массаси 80000…500000 бўлади.

Паст босимда полиэтилен олиш учун хом-ашё сифатида тозаланган этилен ва аралаш металлорганик катализатор (триэтилалюминий ва тўртхлорли титан) лар хизмат қилади. Триэтилалюминий ўрнига диэтилалюминийхлорид, этилалюминийдихлорид ёки триизобутилалюминий каби катализаторлар ҳам кўлланиши мумкин.

Триэтилалюминий икки боскичда олинади: алюминийнинг хлорли ёки бромли этил билан таъсирида оралик маҳсулот-сесквигалоид ҳосил бўлади:

$$2Al + 3C_2H_5X \rightarrow Al_2(C_2H_5)_3X_3 \qquad (3.9)$$

бу ерда X – галоид (Cl ёки Br)

Металл натрийни сесквигалоидга таъсир эттириб триэтилалюминий олинади:

$$Al_2(C_2H_5)_3X_3 + 3Na \rightarrow Al_2(C_2H_5)_3 + 3NaCl + Al \qquad (3.10)$$

Триэтилалюминий – бу рангсиз суюклик. Қайнаш температураси $t_к$=194°С; Зичлиги ρ=840 кг/м^3; Ҳаво иштирокида ўз-ўзидан ёниб кетиши мумкин. Сув, спирт ва бошка моддалар билан ўзаро таъсири натижасида портлайди. Заҳарли модда бўлиб, терига томса куйдириши ва заҳарлаши мумкин.

Саноат микёсида паст босимли полиэтилен ионли ва ион-координацион полимерлаш усулида газ ва суюклик муҳитларида олинади. Жараён 0,3…2,5 МПа босим, 70…105°С температурада, Циглер-Натт катализатори, юкори фаол хроморганик ва хром оксидли

катализаторлар иштирокида кечади. Ушбу катализатор уч ёки тўрт хлорли титаннинг алюминийалкил ёки алюминийалкилгалогеиид (масалан, триэтилалюминий ёки диэтилалюминийхлорид) лар билан ўзаро таъсирида ҳосил бўлган маҳсулотдир. Саноат миқёсида кўпинча тўртхлорли титан-диэтилалюминийхлорид ишлатилади.

Тўртхлорли титан $TiCl_4$- кескин ҳидли, рангсиз суюқлик. Қайнаш температураси $t_қ$=138°С; эриш температураси $t_эр$ = -23°С; температура 20°С даги зичлиги ρ=1720 кг/м^3; сув таъсирида гидролизга учрайди.

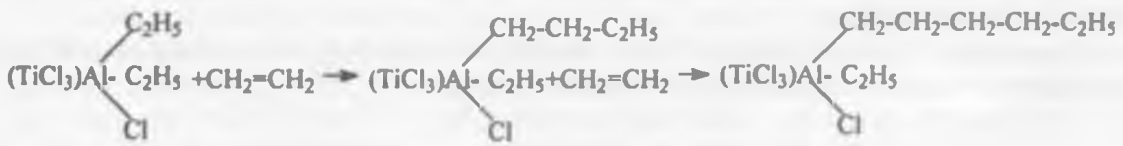
Диэтилалюминийхлорид $Al(C_2H_5)_2Cl$ – рангсиз суюқлик. Қайнаш температураси $t_қ$=125°С; кислород ва намлик таъсирида ўз-ўзидан ёниб кетиши мумкин.

Паст босимда этиленни полимерлаш анион-координацион механизм бўйича кечади:

– катализаторни фаоллаш (катализатор мажмуасини ҳосил қилиш):

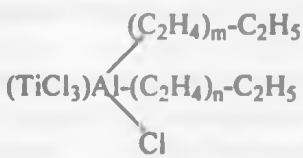
$$2Al(C_2H_5)_3+2TiCl_4 \rightarrow \underbrace{2Al(C_2H_5)_2+2TiCl_3}_{\text{мажмуа}}+C_2H_4+C_2H_6 \qquad (3.11)$$

– занжир ўсиши – эритмадан чўкмага тушган учхлорли титан кукунлари ўз юзасига хлорэтилалюминийни адсорбциялайди ва окибатда фаоллик марказлари ҳосил бўлади; мономер звенолари катализатор мажмуасига бирикади ва алюминий ва алкил атомлари орасига этиленни жойлаб ўсувчи занжир ҳосил килади:



ва ҳоказо (3.12)

– занжир узилиши – фаол марказни регенерация қилиш ҳисобига, яъни мономер ёки эритувчига занжирни узатиш туфайли бўлади. Ушбу кўринишдаги бирикма ҳосил бўлади



(3.13)

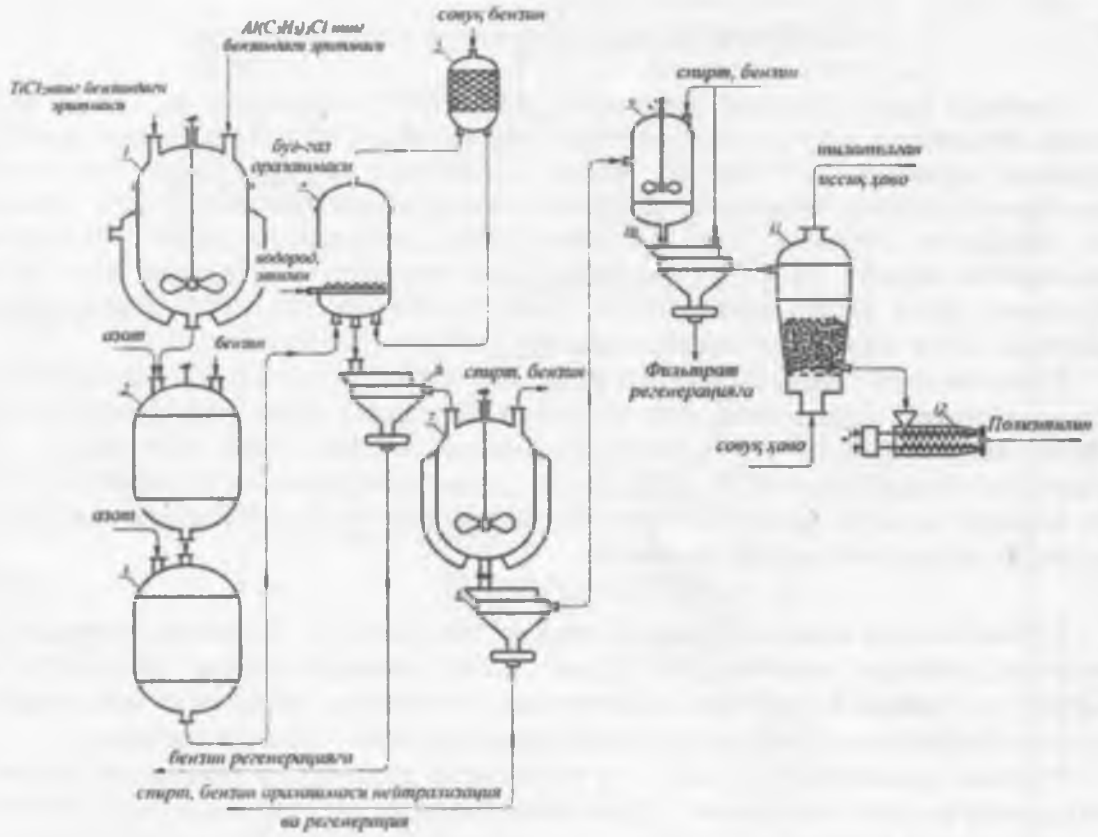
ва парчаланганда, полиэтилен, алюминий гидрати ва тўртхлорли титан аралашмасини ҳосил килади.

$$\left.\begin{matrix} CH_2=CH-(CH_2-CH_2-)_{m-1}-C_2H_5 \\ CH_2=CH-(CH_2-CH_2-)_{n-1}-C_2H_5 \end{matrix}\right\}+AlH_3+TiCl_4 \qquad (3.14)$$

Полимер хоссалари ва жараён кечишига тўртхлорли титан $TiCl_4$ ва диэтилалюминийхлорид $Al(C_2H_5)_2Cl$ ларнинг нисбатлари (одатда 1:1 дан 2:1 гача) катта таъсир килади. Тўртхлорли титан $TiCl_4$ нинг миқдори ўсиши билан полимерланиш тезлиги ва полимернинг чиқиши ортади, лекин молекуляр массаси камаяди.

Паст босим остида полиэтилен ишлаб чиқариш технологияси. Даставвал аралаштнргич 1 да тўртхлорли титан ва диэтилалюминийхлоридларнинг бензинли аралашмаларининг аралаши туфайли катализатор мажмуаси [$Al(C_2H_5)_2Cl\cdot TiCl_4$] тайёрланади (3.4-расм). Идиш 2 да катализатор мажмуаси бензин ёрдамида концентрацияси 1 кг/м^3 гача пасайтирилади. Катализатор мажмуасининг суспензияси

оралиқ идиш 3 оркали насос ёрдамида реактор-полимеризатор 4 га узатилади. Бир вактнинг ўзида у ерга этиленнинг водород билан аралашмаси (полимер молекуляр массасининг ростловчиси) ҳайдалади. Полимерлаш жараёни 70...80°С температура ва 0,15...0,2 МПа босим остида 6 соат давомида кечади. Этиленнинг конверсияси 98% ни ташкил этади. Полимерлаш реакциясининг иссиклиги бензиннинг интенсив равишда буғланиши ва бир қисм этиленнинг учиб кетиши ҳисобига ажратиб олинади. Буғ-газ аралашмаси совуқ бензин пуркалаётган скруббер 5 да совутилади. Олинган полиэтиленнинг суспензияси реактордан центрифуга 6 га ўтади ва ундан бензин регенерацияга юборилади, намсизлантирилган полимер эса, парчалаш қурилмаси 7 га узатилади.



3.4-расм. Паст босимда этиленни полимерлаб полиэтилен олишнинг технологик схемаси:
1 - аралаштиргич, 2 – сиғимли идиш; 3-оралиқ идиш; 4-полимеризатор,
5-скруббер; 6,8,10-центрифугалар; 7-парчалаш қурилмаси, 9-ювиш қурилмаси,
11-мавҳум қайнаш қатламли қуритқич, 12-экструдер-гранулятор

Унда, метил ёки изопропил спирти (кам учувчан ва регенерация қилиш осон) ёрдамида катализатор мажмуасининг қолдиклари парчаланади. Спирт ёрдамида катализатор мажмуасига ишлов берилганда қуйидаги реакциялар кечади:

$$Al(C_2H_5)_2Cl + 3ROH \rightarrow Al(OR)_3 + 2C_2H_6 + HCl \qquad (3.15)$$

$$TiCl_4 + 3ROH \rightarrow Ti(OR)_2Cl_2 \cdot ROH + 2HCl \qquad (3.16)$$

Ҳосил бўлган парчаланиш маҳсулотлари спирт ва спирт-бензин аралашмаларида яхши эрийди. Полиэтилен суспензияси курилма 7 дан центрифуга 8 га тушади. Спирт-бензин аралашмаси эса, натрий метилат билан нейтраллашга ва сўнг эса регенерацияга

узатилади. Пастасимон полиэтилен массаси қурилма 9 да спирт-бензин аралашмаси билан ювилади. Полимерни якунловчи ювиш центрифуга 10 да регенерация қилинган эритувчи ёки сув билан амалга оширилади. Намсизлантирилган полиэтилен мавҳум кайнаш катламли қурилмада иссиқ азот билан қуритилади, кейин эса грануляцияга узатилади.

Паст босимда полиэтилен ишлаб чиқариш азот муҳитида олиб борилади, чунки ҳаводаги кислород ва намлик таъсирида катализатор мажмуаси осон парчаланиб кетади. Технологиянинг асосий қурилмаси – полимеризатор вертикал ҳолатдаги цилиндрик идиш бўлиб кислотага бардош пўлатдан ясалган. Одатда, унинг ҳажми 40 $м^3$ гача, унинг пастки қисмида барботёр ёки эрлифт ўрнатилган бўлади. Қурилма унумдорлиги 55...60 кг/($м^3$·соат).

3.4. Ўртача босимда полиэтилен олиш механизми

Этиленни ўртача босимда полимерлаш 130...170°С температура ва 3,5...4,0 МПа босимда катализатор иштирокида эритмада амалга оширилади. Катализатор сифатида ўзгарувчан валентли (*Cr, Mo, V*) металл оксидлари бўлиб. инерт тўлдирувчи алюмосиликат юзасига шимдирилган. Одатда, алюмосиликат таркиби 75...90% кремний икки оксидидан иборат. Хром оксидли (CrO_3) катализатор инерт тўлдирувчи алюмосиликат юзасига хром уч оксидининг сувли эритмасини шимдириш йўли билан тайёрланади. Хром оксиди шимдирилган инерт тўлдирувчи 100...200°С температурада қуритилади. Хром оксидининг оптимал миқдори 5...6% ни ташкил этади.

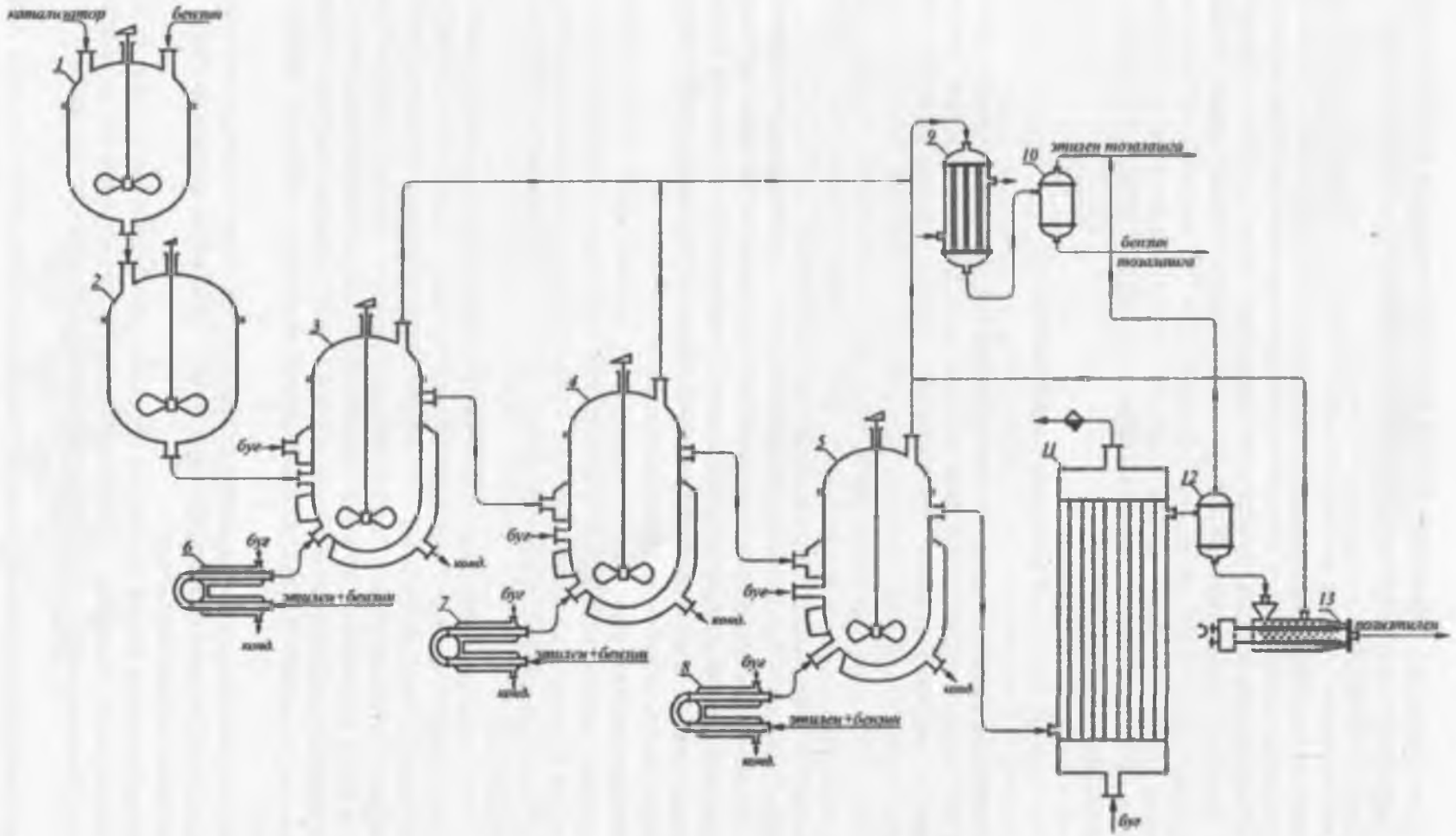
Жараённинг самарадорлиги катализатор сифатига ва унинг фаоллигига боғлиқдир. Хром ангидридини сувли эритмасини алюмосиликат юзасига шимдириш орқали олинган тайёр катализаторда хром ангидрид 3...6% ташкил қилади, ундан сўнг катализатор қиздирилади ва қуритилади (475...550°). Бунда колган сув буғланиши билан бир каторда олти валентли хром уч валентлигига ўтади. Фаолланган катализатор қуруқ ҳаво билан совутилади ва герметик идишда сақланади.

$$4CrO_3 \rightarrow 2Cr_2O_3 + 3O_2 \qquad (3.17)$$

Ўртача босимда полиэтилен ишлаб чиқариш технологияси 3.5-расмда тасвирланган. Технология қуйидаги жараёнлардан таркиб топган: хом-ашё (этилен, катализатор ва эритувчи) ни тайёрлаш, этиленни полимерлаш, полиэтилен эритмасини концентрлаш, полимерни ажратиш ва грануллаш, катализатор ва эритувчини регенерация қилиш.

Бензинда аралаштириб курилма 1 да тайёрланган катализатор суспензияси йиггич 2 га юборилади ва ундан кадоклагич оркали полимеризатор 3,4,5 лар каскадининг биринчи полимеризаторига узатилади (3.5-расм). Бир вактнинг ўзида полимеризаторга иситкич 6 да 120°С гача киздирилган этилен ва бензинлар юборилади. Сўнг, 140...145°С температурада ва 4 МПа босимда бензинда 8% концентрацияли полиэтилен ҳосил бўлгунча катализатор иштирокида полимерлаш жараёни кетади. Полиэтилен эритмаси (этилен-бензин-полиэтилен) иситиладиган труба кувури оркали ҳамда иситкич 7 да киздирилган бензин ва этилен аралашмаси иккинчи полимеризаторга узатилади. Бу қурилмада ҳам биринчи полимеризатордаги режимларга ўхшаш шароитда 14% концентрацияли полиэтилен ҳосил бўлгунча катализатор иштирокида полимерлаш жараёни боради. Ундан кейин, реакцион аралашма учинчи полимеризаторга ҳайдалади ва у ерда эритмадаги полиэтилен концентрацияси 18...20% бўлгунга кадар жараён давом этади. Реакция иссиклиги иситкич 8 дан чиккан этилен ҳисобига амалга оширилади. Уччала полимеризаторлар ҳам бир хил конструкцияга эга, ҳажми 16 $м^3$ ли автоклав кўринишида бўлиб, унга турбинали аралаштиргич ва зарур температура ушлаб туриш учун ташки гилоф ўрнатилган.

Полимеризатордан чикаётган буғ-газ аралашмаси конденсатор 9 да паст температурали совуклик элткич ёрдамида совутилади. 60°С гача совутилган аралашма



3.5-расм. Суюқ фазада ўртача босимда полиэтилен ишлаб чиқариш технологик схемаси:
1 - катализатор суспензиясини тайёрлаш қурилмаси; 2-суспензия йиғгич; 3,4,5-полимеризаторлар; 6,7,8-иситкичлар; 9-совуткич; 10,12-сепараторлар; 11-полиэтилен эритмасини концентратори; 13- полиэтиленни ажратувчи ва гранулловчи экструдер

сепаратор 10 га юборилади. Ажратилган бензин ва этилен тозаланади ва кайтадан циклга узатилади. Полиэтилен аралашмаси катализатордан фильтрлаш усулида тозаланади ва концентратор 11 га юборилади.

Бу ерда, аралашманинг 4,0 дан 1,0 МПа гача дросселланиши туфайли бензин ва эриган этилен буғланиши ҳисобига полиэтилен концентрацияси 35% гача чикади. Ундан кейин аралашма сепаратор-дегазатор 12 га ўтади ва концентрланган полиэтилен эритмаси этилен ва бензин буғларидан ажратилади. Бундан сўнг полиэтилен экструдер 13 га юборилади ва эритманинг атмосфера босимнгача яна дросселланиши ҳисобига бензин кайнаб буғланади ва ажралиб чикади, полиэтилен эса грануллашга узатилади. Ўртача босим остида олинган полиэтиленнинг афзалликлари: металл оксидли катализаторда заҳарлилик камрок; металлорганик катализаторларга караганда хавфсизлиги жуда юкори; катализаторни кўп маротаба регенерация килиш мумкин.

3.4.1. Полиэтилентерефталат

Полиэтилентерефталат – икки боскичли технология асосида олинади. Биринчи боскичда 150°С температурада терефталли кислота ва 1,4-этандиолларнинг реакцияси кечади. Реакция окибатида иккита гидрооксидли четки гурухли димер ва тример маҳсулотлари ҳосил бўлади. Ушбу реакция давомида сув чикарилади. Иккинчи боскич – бу аралашмани 260°С гача иситилади, юкори даражада полимерлашли поликонденсация реакцияси окибатида полиэтилентерефталат ҳосил бўлади. Ундан, паст молекуляр массали (M_n≈20000) материаллар толалар олиш учун ишлатилади.

Полимер занжири тузилишининг тартиблилиги кристалланиш кобилиятини оширади. Ўз навбатида кристалланишга мойиллик материалнинг механик хоссаларини салмокли даражада яхшилайди. Асосий занжирдаги фениленли гуруҳ скелетга каттиклик беради, шишаланиш ва эриш температураларини оширади. Полиэтилентерефталат ҳам аморф, ҳам кристаллик ҳолатларда бўлиши мумкин.

Полиэтилентерефталатдан юпка пардалар ва толалар олиш нормал шароитда экструзия усулида ишлаб чикарилади. Полимернинг кристаллик даражаси температура ёрдамида ишлов берилиб ростланиши мумкин. Ушбу температура ишлови шишаланиш $t_{ш}$ ва эриш $t_{эр}$ температуралари оралигида бўлади ва 170°С да максимал кристалланиш тезлигига эришилади.

290...310°С температуралар оралигида полиэтилентерефталат термодеструкцияга дуч келади. Ушбу жараён полимер занжири бўйлаб кечади; асосий учувчан моддалар терефталли кислота, чумоли алдегид ва углерод монооксидидир. Температура 900°С бўлганда турли углеводородлар ҳосил бўлади; учувчан моддалар асосан углерод диоксиди, углерод монооксиди ва метанлардан иборат. Полиэтилентерефталатни кайта ишлаш жараёнида оксидланиш ҳимоялаш учун турли антиоксидантлар қўлланади. Полиэтилентерефталатнинг айрим физик-кимёвий хоссалари куйидаги 3.4-жадвалда келтирилган.

Полиэтилентерефталатнинг хоссалари яхшилиги учун турли соҳаларда кенг кўламда қўлланилади. Бунга, асосий сабаблардан бири, унинг кристаллик даражасини жуда катта ораликда ростлаш имкони борлигидир.

Ушбу полимернинг асосий камчилиги шундаки, вакт ўтиши билан унинг ўз-ўзидан кристалланишга, яъни «эскириш» га мойиллигидир. Бу ҳодиса полимер хоссаларининг, окибатда эса ўлчамларининг ўзгариши (ғижимланиш, ҳажмининг камайиши) га олиб келади.

Полиэтилентерефталат ҳамма асосий усуллар билан яхши кайта ишланади. Аммо бу ерда озгина муаммолар мавжуд. Масалан, этикеткаларни ёпиштириб турадиган моддалар кайта ишлаш жараёнида рангсизланиш ва тинникликни йўкотишга, колдик намлик эса –

полимерии деструкциялашга олиб келиши мумкин. Ўз навбатида, парчаланиш маҳсулотлари материалнинг саргайишига ва механик хоссаларининг ўзгаришига сабабчи бўлади. Яна шуни кайд этиш керакки, полиэтилентерефталатни пиролиз килиб фаолланган кўмир олиш мумкин.

Полиэтилентерефталатнинг физик-кимёвий хоссалари

3.4-жадвал

№	Кўрсаткич	Сон киймати
1	Зичлик , кг/м^3	
	аморфли	1335
	кристаллик	1420
2	Эриш температураси, °С	250...265
3	Шишаланиш температураси, °С	
	аморфли	67
	кристаллик	81
4	Сикилувчанлик, МПа	$6{,}99\cdot10^4$
5	Узилишда нисбий чўзилиш, %	12...55
6	Чўзилишда мустаҳкамлик чегараси, МПа	172
7	Чўзилишда эластиклик модули, МПа	$1{,}41\cdot10^4$
8	Синиш кўрсаткичи (Na чизиги)	
	аморфли	1,576
	кристаллик	1,640
9	Диэлектрик доимийси (23°С, 1 кГц)	3,25
10	Иссикликдан кенгайиш коэффициенти, 1/К	$6{,}55\cdot10^{-4}$

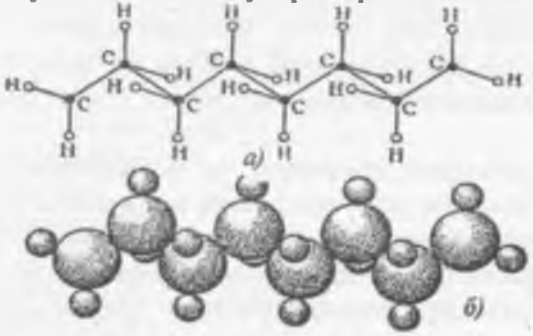
Полиэтилентерефталатга ўхшаш полимерлардан бири полибутилентерефталатдир. Унда, этиленгликолли гуруҳ бутиленгликолли гуруҳга алмаштирилган. Бундай алмашиниш полимер хоссаларини ўзгартиради, хусусан, шишаланиш ва эриш температуралари пасаяди, кутблилик ва эластиклик камаяди.

3.5. Полиэтилен хоссалари

Полиэтилен молекулалари оддий парафинли занжирнинг ясси, зигзагсимон тузилишга эга бўлиб, занжирнинг чеккаларида қўшалоқ боғли ва оз миқдорда ён томонга тармокланган бўлади (3.6-расм). Унинг формуласи: $[-CH_2-CH_2-]_n$.

Полиэтилен зичлиги ρ=910...970 кг/м^3 бўлган термопластик полимердир.

Полиэтилен олиш учун хом-ашё бу энг оддий олефин-этилен газидир. Полиэтиленни полимерлаш турли усуллар: радикалларни полимерлаш, анион ва катионли қўшимчалар ёрдамида, ионли координация ёрдамида амалга оширилади. Натижада турли хоссаларга эга бўлган полимерлар ҳосил бўлади. Уларнинг хоссалари молекула тармокланиш усули ва узунлилиги, кристаллик тузилиш ва молекуляр оғирлигига боғлик.



3.6-расм. Полиэтилен молекулаларининг тузилиши:
а – тузилиш схемаси, б – полиэтилен молекуласининг модели
(катта шарлар-углерод атомлари, кичиклари-водородники).

Паст босимли полиэтиленларнинг каторига зичлиги ρ=941 кг/м^3 дан юкори бўлган полимерлар киради. Бундай полимерларнинг молекулалар тармокланиш даражаси паст, молекулалараро тортишиш кучи катта ва узилиш мустахкамлиги юкори.Ундан ташкари, совукликка бардошлиги (шишаланиш температура -50°С) юкори ва молекулалараро таъсир эса суст. Совук холатда хам окувчанликка эга, яъни ўзгармас юклама таъсири остида ўлчамларининг ўзгариши рўй беради.

Юкори босимли полиэтиленга караганда паст босимли полиэтилен мўртлиги ва юмшаш температураси юкорирок. Бу турдаги полимерлар намлик ўтказмайди, мой ва ёғларга бардошли, атроф-мухитга захарли моддалар чикармайди, инсон саломатлиги учун хавфсиз. Паст босимда олинган полиэтиленнинг физик-кимёвий хоссалари 3.5-жадвал берилган.

Паст босимли полиэтиленнинг физик-кимёвий хоссалари

3.5-жадвал

№	Кўрсаткич	Сон киймати
1.	Зичлик , кг/м^3	931...970
2.	Эриш температураси, °С	125...132
3.	Хавода юмшаш температураси (Вик бўйича), °С	120...125
4.	Гранула тўкма зичлиги, кг/м^3	500...600
5.	Кукун тўкма зичлиги, кг/м^3	200...250
6.	Эгилишдаги бузулиш кучланиши, МПа	19,0...35,0
7.	Кесишдаги мустахкамлик чегараси, МПа	19,0...35,0
8.	Шарикни белгиланган юкламада эзиб босиш каттиклиги, МПа	48,0...54,0
9.	Юзавий солиштирма электр каршилик, Ом	10^{14}
10.	Хажмий солиштирма электр каршилик, Ом·см	$10^{14}...10^{15}$
11.	Сув ютиши (30 суткада), %	0,03...0,04
12.	Диэлектрик йўкотишлар тангенс бурчаги (1010 Гц да)	0,0002...0,0005
13.	Диэлектрик ўтказувчанлик (частота 1010 Гц да)	2,32...2,36
14.	Солиштирма иссиклик сигим (20...25°С да), Ж/кг·К	1680...1880
15.	Иссиклик ўтказувчанлик, Вт/м·К	0,418...0,440
16.	Молекуляр масса	80000...800000
17.	Кристаллик даражаси, %	75...90
18.	Парданинг букланишлар сони (180° га)	1500...2000
19.	Нисбий солиштирма чўзилиш, %	300...800
20.	Чўзилишда эластиклик модули, МПа	540...981
21.	Эгилишда эластиклик модули, МПа	636...735
22.	Совукликка бардошлиги, °С	-70
23.	Зарбали мустахкамлик, МПа	5,5...96
24.	Синиш кўрсаткичи	1,51
25.	Диэлектрик доимийси (1 кГц)	2,28
26.	Иссикликдан кенгайиш коэффициенти, 1/К	$10 \cdot 10^{-5}$

Паст босимли полиэтиленлар каттик махсулот бўлиб, уни куйидаги усулларда: суспензион, эритмада ва газ мухитида олиш мумкин. Бу полиэтилен юкори температура, турли мой ва кимёвий моддаларга бардошлиги юкори, лекин сув ва буғларга бардошлиги сустрок.

Юкори босимли ёки паст зичликка эга полиэтиленлар – бу эластик, юмшок материал бўлиб, уни автоклав ёки трубали реакторда этиленни полимерлаб олинади. Ушбу полимер тузилишига узун ва киска тармоклар сони кўплиги хос бўлиб, молекуляр массаси юкори бўлган молекулаларга кристаллик тузилиш хосил килишга йўл қўймайди. Унинг пластиклиги юкори ва узилишга бардошлиги суст. Паст босимли полимерга караганда юмшокрок ва эгилувчанлиги юкорирок.

Юкори босимли полимерлар экструзия усулида кайта ишланади. Чўзиш, сикиш, зарба ва паст температураларга бардошлиги юкори. Энг асосий хоссаларидан бири

шундаки, тахминан 100°С да юмшайди. Бу турдаги полимерлар атроф муҳитга заҳарли моддалар чикармайди, инсон саломатлиги учун хавфсиз. Юкори босимда олинган полиэтиленнинг физик-кимёвий хоссалари 3.6-жадвал берилган.

Юкори босимли полиэтиленнинг физик-кимёвий хоссалари

3.6-жадвал

№	Кўрсаткич	Сон киймати
1.	Зичлик , кг/м^3	900...939
2.	Эриш температураси, °С	103...110
3.	Колипларга куйганда ҳажмининг камайиши, %	1,0...3,5
4.	Эгилишдаги бузулиш кучланиши, МПа	11,7...19,6
5.	Кесишдаги мустаҳкамлик чегараси, МПа	13,7...16,6
6.	Шарикни белгиланган юкламада эзиб босиш каттиклиги, МПа	16,6...22,5
7.	Юзаний солиштирма электр каршилик, Ом	10^{15}
8.	Ҳажмий солиштирма электр каршилик, Ом·см	$10^{14}...10^{15}$
9.	Сув ютиши (30 суткада), %	0,02
10.	Диэлектрик йўкотишлар тангенс бурчаги (1010 Гц да)	0,0002...0,0005
11.	Диэлектрик ўтказувчанлик (частота 1010 Гц да)	2,25...2,31
12.	Солиштирма иссиклик сигим (20...25°С да), Ж/кг·К	1900...2500
13.	Иссиклик ўтказувчанлик, Вт/м·К	0,29
14.	Молекуляр масса	80000...500000
15.	Кристаллик даражаси, %	50...65
16.	Парданинг букланишлар сони (180° га)	3000
17.	Нисбий солиштирма чўзилиш, %	500...600
18.	Чўзилишда эластиклик модули, МПа	147...245
19.	Эгилишда эластиклик модули, МПа	118...255
20.	Мўртлик температураси, °С	-100...-120
21.	Совукликка бардошлиги, °С	-70
22.	Зарбали мустаҳкамлик, МПа	>110
23.	Синиш кўрсаткичи	1,54
24.	Диэлектрик доимийси (1 кГц)	2,32
25.	Иссикликдан кенгайиш коэффициенти, 1/К	$13 \cdot 10^{-5}$

Ўртача босимли полиэтиленлар – зичлиги ρ=926...940 кг/м^3. Ушбу полимернинг хоссалари паст босимли полимерникига ўхшаш. Лекин бу полимер зарба ва букишларга бардошлиги юкори, тирналиш ва дарз кетишга юкори босимли полиэтиленга караганда чидамлирок.

Бу турдаги полимерлар атроф-муҳитга заҳарли моддалар чикармайди, инсон саломатлиги учун хавфсиз. Ўртача босимда олинган полиэтиленнинг физик-кимёвий хоссалари 3.7-жадвал берилган.

Ўртача босимли полиэтиленнинг физик-кимёвий хоссалари

3.7-жадвал

№	Кўрсаткич	Сон киймати
1.	Зичлик , кг/м^3	960...970
2.	Эриш температураси, °С	130...135
3.	Чўзилишдаги бузулиш кучланиши, МПа	25...38
4.	Эгилишдаги бузулиш кучланиши, МПа	25...40
5.	Зарбали ковушкоклик, кЖ/м^2	бузулмайди
6.	Бринелл бўйича каттиклиги, МПа	55...60
7.	Чизикли кенгайиш коэффициенти, 1/град.	$2 \cdot 10^{-4}$
8.	Солиштирма иссиклик сигим (20...25°С да), Ж/кг·К	2300...2700
9.	Иссиклик ўтказувчанлик, Вт/м·К	0,27
10.	Молекуляр масса	40000...70000
11.	Нисбий солиштирма чўзилиш, %	200...800
12.	Эгилишда эластиклик модули, МПа	1070...1100

13.	Юмшаш температураси, °С	80...100
14.	Кристаллик даражаси, %	80...90
15.	Совукликка бардошлиги, °С	-70
16.	Диэлектрик йўкотишлар тангенс бурчаги (1010 Гц да)	0,0002...0,0004
17.	Юзавий солиштирма электр каршилик, Ом	$4 \cdot 10^{14}$
18.	Ҳажмий солиштирма электр каршилик, Ом·см	10^{15}
19.	Куюк эритма оқувчанлик кўрсаткичи, г/10 мин	0,2...10

Чизикли полиэтилен юкори физик-кимёвий кўрсаткичларга эгадир (3.8-жадвал).

Юкори босимли чизикли полиэтиленнинг физик-кимёвий хоссалари

3.8-жадвал

№	Кўрсаткич	Сон киймати
1.	Зичлик , кг/м^3	910...930
2.	Эриш температураси, °С	120...130
3.	Чўзилишдаги оқувчанлик чегараси (50 мм/мин), МПа	10...19
4.	Кристаллик	ўртача
5.	Чўзилишдаги нисбий узайиши (50 мм/мин), %	50
6.	Эрувчанлик, °С	120
7.	Чўзилишда эластиклик модули (1 мм/мин), МПа	200...550

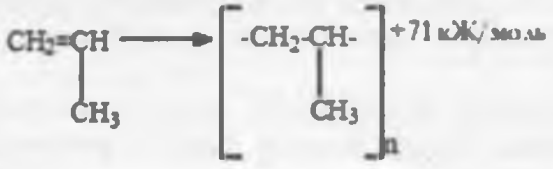
Полиэтилен нормал температурада органик суюкликларда эримайди. Температура 70°С дан ошганда ҳажми ортиб шишади ва хлорли ҳамда ароматик углеводородларда эрийди.

Концентрланган кислота, ишкор ва тузларнинг сувли эритмаларига бардошлиги юкори. Концентрланган сульфат ва хлорид кислоталар полиэтиленга сезиларли равишда таъсир этмайди. Азот кислота ва бошқа оксидловчи суюкликлар полиэтиленни емиради.

Иссиклик оксидлаш жараёнлари ва атмосфера таъсирига бардошлигини ошириш учун полимерларга турли хилдаги мўътадилловчи моддалар кўшилади.

3.6. Полипропилен

Полипропилен пропиленни полимерлаш йўли билан олинади.



(3.18)

Полипропилен ташки кўриниши ва айрим хоссалари билан полиэтиленга ўхшаш, лекин температурага турғунлиги полиэтилендан юкори ва бу кўрсаткич 160...170°С ни ташкил этади. Полипропилен оқ кукун ёки гранула агрегат ҳолатида ишлаб чикарилади.

Саноат микёсида полипропиленни Циглер-Натт $Al(C_2H_5)_2Cl/TiCl_3$ каталитик системаси иштирокида экстракцион бензин муҳитида ва пропан-пропиленли фракция ёки мономер массаси муҳитида ҳамда юкори фаол $Al(C_2H_5)_2Cl$, $TiCl_3$ ва *н*-гептан муҳитидаги Льюис асосли ($AlCl_3$) каталитик системада олинади.

Пропиленни металкомплекс катализатор иштирокида полимерлаш суспензияда ва эритмада, массада ва газ фазада ўтказилиши мумкин. Эритмада кечадиган жараён суспензиядагига нисбатан юкорирок босим ва температураларда ўтказилади. Газ фазасидаги жараён тезлиги ва полимернинг изотактиклик даражаси суюк фазадагига караганда пастрок. Суюк фазада атактик полипропилен микдори 10% дан ошмайди, ваҳоланки, газли фазада 25% ни ташкил этади.

Олинган полипропилен асосан стереотартибли тузилишга эга кристаллик полимер кўринишида бўлади.

Полипропиленнинг муҳим физик-механик хоссалари кристаллик фаза миқдорининг кўплиги билан белгиланади. Шунинг учун, полипропилен олишда ишлатиладиган каталитик системалар юкори стереоспецифик хоссага эга бўлиши керак.

3.6.1. Полипропилен ишлаб чикариш учун хом-ашё

Полипропилен ишлаб чикариш учун хом-ашё сифатида пропилен хизмат килади. Пропилен эса, нефть углеводородларини пиролиз ва крекинг килингандаги пропан-пропиленли фракциядан ажратиб олинади. Ажратиб олинган пропиленли фракция таркибида тахминан 80% пропилен бўлади. Полипропилен синтез килиш учун ишлатиладиган пропилен 98-99% бўлиши керак. Шунинг учун, ушбу фракция қўшимча ректификация килинади ва керакли миқдордаги концентрациягача эришилади.

Полимеризация учун ишлатиладиган мономер-пропилен намликдан, олтингугуртдан, тозаланган бўлиши шарт, акс ҳолда бу моддалар катализаторни заҳарлайди. Шу сабабли, юкори даражада тоза пропилен олиш учун уни қўшимча тозаланади.

Пропилен таркибида этан ва пропаннинг тўйинган углеводородларининг борлиги полимер ҳосил бўлиш жараёнига салбий таъсир килмайди. Пропан-пропилен фракциясининг таркиби 30% га пропилен ва 70% га пропандан ташкил топган. Бу ерда пропан эритувчи вазифасини бажаради ва реакция иссиклигини ажратиб олиш учун ишлатилади.

3.6.2. Полипропиленни полимерлаш

Пропиленни полимерлаш Циглер-Натт катализатори иштирокида ионли-координацион механизм бўйича кечади. Пропиленни полимерлашда ҳосил бўлаётган полипропиленнинг молекулалари мунтазам равишда алмашиб кайтариладиган иккиламчи ва учламчи углерод атомларининг элементар звеноларидан иборат. Углерод атомининг ҳар бир учламчиси асимметрик ва иккита стерик конфигурация (D- ва L-) дан биттасига эга бўлиши мумкин. Катализатор ва полимерлаш шароитларини танлаб, асосан битта белгиланган тузилишли полипропиленни олиш мумкин. Бундай полимерлар ***изотактик*** деб номланади. Изотактик полипропилен ўзининг хоссалари билан атактик полипропилендан фаркланади. Масалан, зичлиги ρ=910 кг/м^3, эриш температураси 165...170°С ва кимёвий моддалар таъсирига чидамлилиги юкори.

D- ва L- конфигурацияли асимметрик углерод атомлари кетма-кет алмашадиган занжирли полимерлар ***синдиотактик*** деб номланади.

Атактик полипропиленда D- ва L- конфигурацияли асимметрик атомлар тартибсиз жойлашган бўлади. Изотактик ва синдиотактик полимерлар умумий ном ***стереотартибли полимер*** деб аталади. Молекуляр масса ва изотактик кисмининг миқдорига караб полипропиленнинг хоссалари кенг кўламда ўзгаради. Амалий жиҳатдан молекуляр массаси 80000...200000 ва изотактик кисми миқдори 80...95% ли полипропилен жуда муҳим аҳамиятга эга. Атактик полипропиленнинг окувчанлиги юкори, эриш температураси ~80°С, зичлиги ρ=850 кг/м^3, каучуксимон материал бўлиб, диэтил эфирда эрувчанлиги яхши.

Полимер таркибидаги изотактик кисмининг миқдори полимерлашда қўлланиладиган катализаторга боғлик.

Полимернинг асосий занжири металл гуруҳларининг фазода нисбатан жойлашишига караб полипропиленларнинг тузилиши фаркланади.

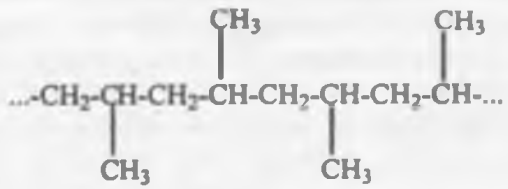
Молекуляр тузилишига караб, полипропилен қуйидаги асосий учта турга: изотактик, синдиотактик ва атактик гуруҳларга бўлинади.

1. ***Изотактик*** гуруҳ – ҳамма CH_3 гуруҳлари ясси занжирнинг бир томонида жойлашган:

$$...\text{-}CH_2\text{-}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}H\text{-}CH_2\text{-}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}H\text{-}CH_2\text{-}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}H\text{-}CH_2\text{-}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}H\text{-}... \qquad (3.19)$$

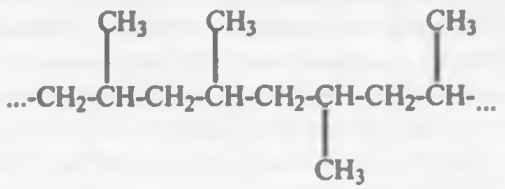
Ҳақикатда эса, изотактик полипропиленнинг макромолекулалари учламчи симметрияга эга, чунки асосий углерод занжирида CH_3 гуруҳлари спирал бўйлаб жойлашган.

2. ***Синдиотактик*** тузилиш – CH_3 гуруҳлари аник кетма-кетликда ясси занжирнинг иккала томонида жойлашган.



(3.20)

3. ***Атактик*** тузилиш – бу метил гуруҳлариниг тартибсиз жойлашиши.

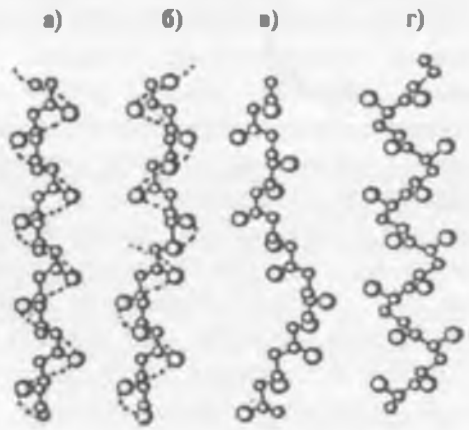


(3.21)

4. Атактик ва изотактик тузилишлар орасида ***стереоблокли полимер***лари мавжуд. Бундай тузилишда узунликлари ҳар хил бўлган изотактик ва атактик участкалар бир хил кетма-кетликда алмашиб туради.

3.7-расмда чизикли пропилен занжирларининг фазовий тузилишларининг турлари тасвирланган.

Пропиленни полимерлаш каталитик мажмуа $Al(C_2H_5)_2Cl/TiCl_3$ ва бошка катализаторлар иштирокида кечади



3.7-расм. Изотактик (а), стереоблокли (б), атактик (в) ва синдиотактик (г) тузилишли полипропилен занжирлари.

Каталитик системадаги компонентларнинг нисбати полимерлаш тезлиги ва ***стереоспецификлиги***га таъсир этади. $Al(C_2H_5)_2Cl:TiCl_3$=2:1 моль нисбатда

катализаторнинг фаоллиги максимал бўлса, нисбат киймати 3:1 дан ортса максимал *стереоспецификлиги* намоён бўлади.

3.6.3. Полипропиленни ишлаб чикариш

Саноат микёсида изотактик полипропилен Циглер-Натта катализатор мажмуасида пропиленни *стереоспецифик* полимерлаш йўли билан олинади. Полипропиленни полимерлашнинг иссиклик эффекти 1385 кЖ/кг ни (этиленни полимерлашга караганда 2,4 маротаба кам) ташкил этади. Бундай ҳолат полимерлаш иссиклигини сув ёрдамида қурилма ғилофи оркали ажратиб олиш мумкин, яъни иссикликни ажратиб олиш учун махсус усул (эритувчиларнинг кайнаши, газнинг циркуляцияси ва бошка) лардан фойдаланишга ҳожат колмайди. Полимерлаш жараёни эритувчи муҳитида, одатда суюк углеводород (бензин, н-гептан, уайт-спирит) ларда ўтказилади.

Полипропиленни олишнинг технологик схемаси 3.8-расмда келтирилган ва қуйидаги жараёнлардан иборат: катализатор мажмуасини тайёрлаш, пропиленни полимерлаш, реакцияга киришмаган мономерни ажратиб олиш, каталитзатор мажмуасини парчалаш, полимерии ювиш, эритувчини сикиб олиш, полимерии қуритиш, полипропиленни якуний кайта ишлаш, эритувчини регенерация қилиш.

Катализатор мажмуасини тайёрлаш учун аралаштиргич 1 да диэтилалюминийхлориднинг бензиндаги 5% ли эритмасини титаннинг учхлоридига қўшилади. Катализатор суспензияси оралиқ идиш 2 га юборилади ва ундан кадокланиб полимеризатор 3 га узатилади. Полимеризатор ҳажми 25 $м^3$ бўлиб, лангарли аралаштириш мосламаси ва иситиш учун ғилофи ҳамда совуткич 4 бор. Полимеризаторда аралаштириш жараёнида унга узлуксиз равишда суюк пропилен, катализатор мажмуаси, бензин ва водородлар юборилади.

Температура 70°С ва босим 1,0 МПа даги реакциянинг давомийлиги тахминан 6 соатни ташкил қилади. Конверсия даражаси 98%.

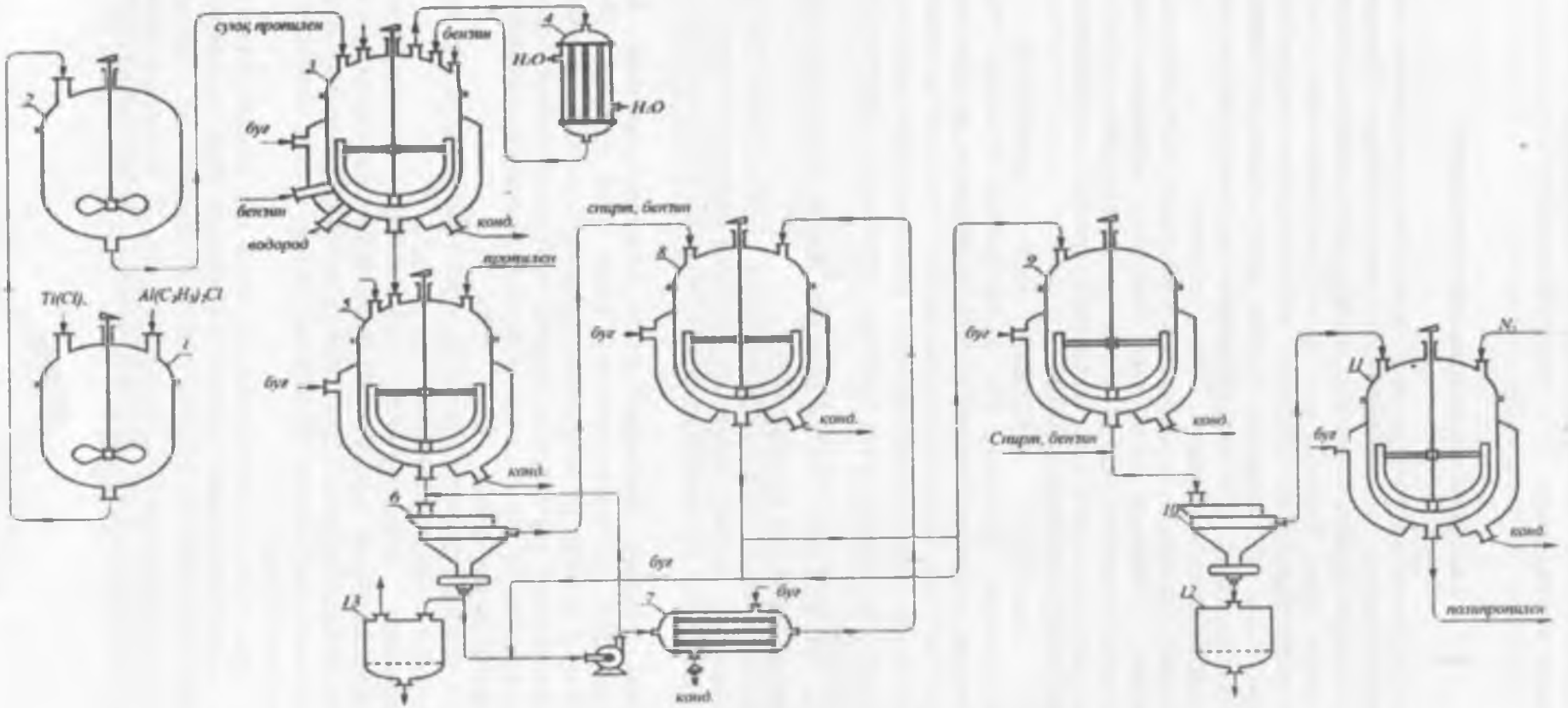
Полимеризатордан чиққан суюклик кўринишидаги полимер йиғгич 5 га ҳайдалади ва у ерда босим пасайиши ҳисобига бензиндаги реакцияга киришмаган пропилен пуфлаб ажратилади ва бензин билан «полимер:бензин=1:10 (масс. кисм)» нисбатигача суспензия суюлтирилади.

Суюлтирилган суспензия центрифуга 6 да изопропил спиртнинг бензиндаги эритмаси (массавий 25% ли концентрациягача) билан кайта ишланади. Катализатор колдиклари қурилма 8 да 60°С ли изопропил спиртнинг бензиндаги эритмаси (фугат) билан интенсив аралаштириб парчаланади. Полимер суспензияси йиғгич 9 оркали ювиш ва сикиш учун центрифуга 10, сўнг эса идиш 11 га юборилади ва ундан кейин қуритишга, грануляцияга ва қоплашга узатилади.

Реакцияга киришмаган пропилен, эритувчи, ювувчи эритмалар ва азот регенерация килингандан сўнг циклга кайтадан ҳайдалади.

Пропан-пропиленли фракция (30% пропилен+70% пропан) полимерлаб полипропилен олиш жараёнида эритувчи сифатида пропан ишлатилади. Полимерлаш ортикча пропилен ва бензин қўшган ҳолда мономер массасида ўтказилади. Курилмадаги босим пропан-пропилен эритувчининг фракцияси, пропан, бензин, колдик ва мономер буғлари ҳисобига ҳосил бўлади.

Жараёнда барпо бўлган полипропилен ок кукун кўринишида чўкмага тушади. Полипропиленни кайта ишлашнинг кейинги жараёнлари, яъни каталитик мажмуа парчаланиши, полимерии ювиш, қуритиш ва грануллаш юқорида кайд этилгандек олиб борилади. Гептандаги диэтилалюминий хлорид [$Al(C_2H_5)_2Cl$], гептандаги титан хлориди ($TiCl_3$), гептандаги алюминий хлорид ($AlCl_3$) ёки гептандаги магний хлорид ($MgCl_2$)



3.8-расм. Полипропилен олишнинг технологик схемаси:

1 - катализатор мажмуасининг аралаштиргичи, 2,11-оралиқ идиш, 3- полимеризатор, 4-совуткич, 5,9-суспензия йиғгич, 6,10 – центрифугалар, 7-иситкич, 8-катализаторни парчалаш курилмаси, 12,13-ушлагичлар

лардан таркиб топган юкори фаол катализатор мажмуасида полипропилен ишлаб чикариш технологияси хам мавжуд. Пропиленни полимерлаш босим 0,9...1,2 МПа ва температура 65...75°С да гептан мухитида амалга оширилади.

Юкори фаол катализаторда полипропилен ишлаб чикаришнинг технологик схемаси 3.9-расмда келтирилган ва куйидаги жараёнлардан иборат: катализатор мажмуасини тайёрлаш, суюлтирилган пропиленни полимерлаш, пропиленни этилен билан сополимерлаш, полимер суспензиясини ювиш, полимерни центрифугалаб эритувчини ажратиб олиш, полимерни куритиш, грануллаш, кадоклаш ва коплаш.

Катализатор мажмуасини тайёрлаш гептан мухитида даврий усулда аралаштиргич-диспергатор 1 да амалга оширилади. Бунинг учун курилма 1 га гептан, каттик $TiCl_3$ ва $AlCl_3$ юкланади. Курилма 1 га эса гептандаги $Al(C_2H_5)_2Cl$ нинг 10% ли эритмаси ва гептан солинади. Аралаштирилгандан кейин гептандаги диспергацияланган махсулотлар оралик идиш-ўлчагич 2,3 ларга узатилади ва у ердан полимерлаш учун форполимеризатор 5, сўнг аралаштиргичли курилма 6 га юборилади.

Реакторга узлуксиз равишда пропилен, гептан, каталитик мажмуа ва водород хайдалади. Реакция иссиклиги курилма ғилофида циркуляция килаётган минералсизлантирилган сув ёрдамида ажратиб олинади.

Полимернинг зичлиги ва бошка хоссаларини ростлаш учун системага этилен киритилади. Сополимерлаш жараёни 2 боскичда:

– биринчиси, узлуксиз равишда реактор 5 да босим 0,3 МПа ва температура 65°С да атактик полимер хосил бўлишини камайтириш учун;

– иккинчиси, даврий равишда учта реактор 5,6,7 ларда бевосита сополимерлаш боради.

Хосил бўлган гептандаги полимер реактордан чикарилади ва таркибида $Al(C_2H_5)_2Cl$ бўлган гептан билан суюлтирилади ва ундан сўнг, сополимерлашга узатилади. Реактор тўлгандан кейин пропилен, сўнг этилен ва водород берилади.

Ундан кейин суспензия курилма 8 да дегазация килинади ва каталитик мажмуани парчалаш учун унга бир вактда хам иссик гептан хамда бутанол юборилади. Гептан ва бутанол буғларига тўйинган пропилен конденсацияланган сўнг нейтраллаш учун узатилади. Полимер суспензиясини ювиш 65...70°С ли минералсизлантирилган сув билан олиб борилади.

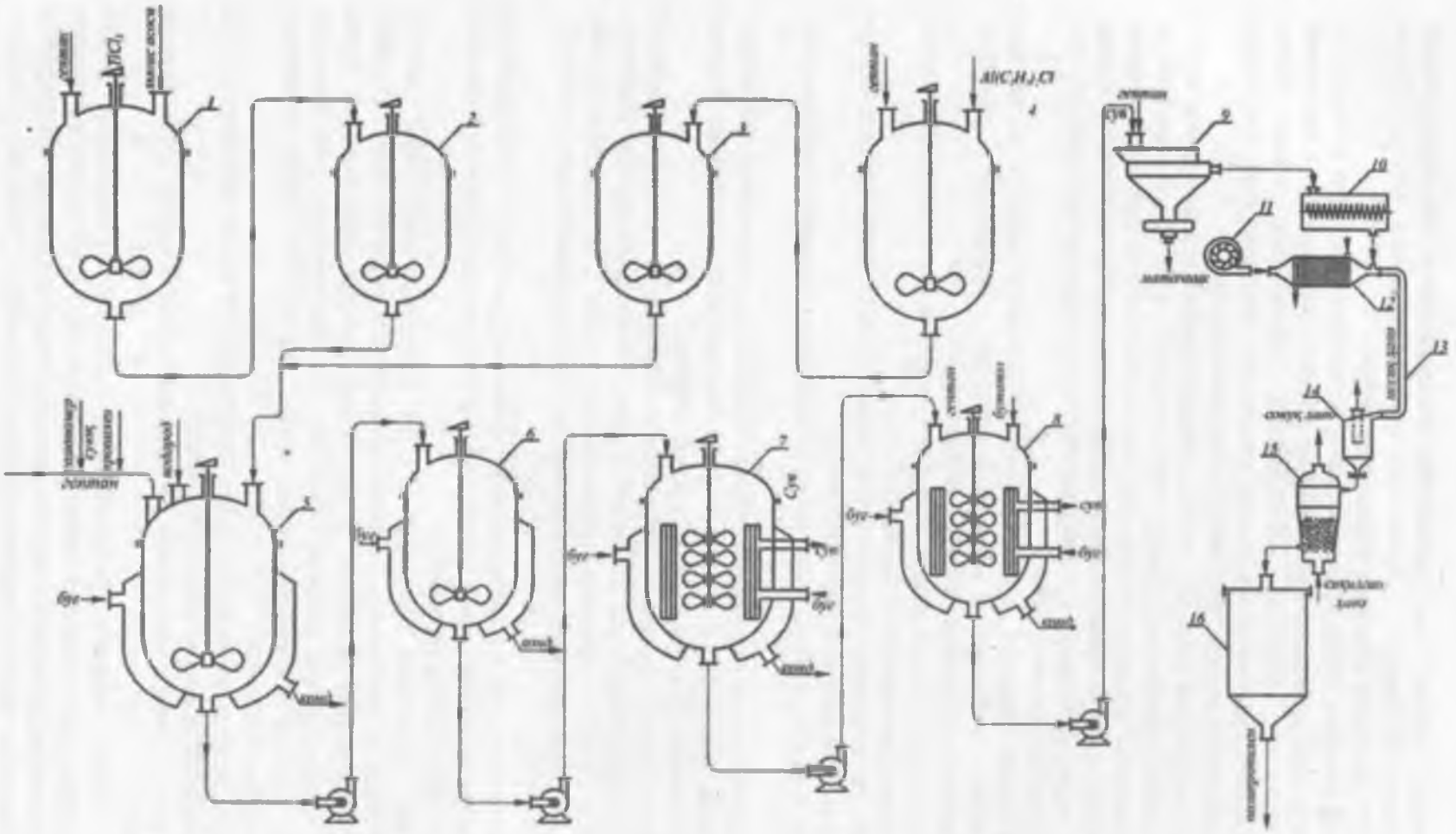
Полимернинг гептан-сувли суспензияси тиндиргичга юборилади ва у ерда таркибида бутанол ва катализатор мажмуасиининг қолдиклари бўлган сувли фаза ажратиб олинади. Полимерли гептан фазаси кайтадан ювилади.

Ундан кейин суспензия центрифуга 9 га йўналтирилади. Унда, атактик полипропиленни ажратиш учун иссик сув билан катализатор парчаланиш махсулотларини йўкотиш учун сув-бутанолли аралашма ва сув билан ювилади. Нам полимер труба-куриткич 13 ва мавхум кайнаш қатламли куриткич 15 ларга куритиш учун берилади. Пневмотранспорт усулида пропилен кукуни оралик идиш 16 ва ундан грануллаш, кадоклаш ва коплашга юборилади.

Мўътадиллаш воситалари сифатида амин (дифениламин) хамда (полимерга 1...2% микдорида солинадиган) техник углерод қўлланилади.

Гептан ва сувли бутанол аралашмаси регенерация килинган гептан хамда бутанол циклга кайтарилади.

Пропилен ишлаб чикариш технологиясини мукаммаллаштиришнинг асосий йўналишларидан бири фаол каталитик мажмуалар яратишдир. Агар бундай катализатор бўлса, уни жуда оз микдорда жараёнга киритиш имкони бўлади ва полимер хоссаларига оз микдордаги парчаланиш махсулотларининг таъсири сезилмайди. Окибатда, полимерни ювиш ва унинг суюклигини регенерация килиш боскичларини технологиядан кискартириш мумкин.



3.9-расм. Юқори фаол катализаторда полипропилен ишлаб чиқаришнинг технологик схемаси:
1,4 – аралаштиргич-диспергатор; 2,3 - ўлчагичлар; 5 - форполимеризатор; 6,7-полимеризаторлар; 8-дегазатор; 9 – центрифуга; 10-таъминлагич; 11-вентилятор; 12 – калорифер; 13-труба-қуритқич; 14 – циклон; 15 – мавҳум қайнаш қатламли қуритқич; 16 – оралиқ идиш.

3.6.4. Полипропилен хоссалари ва уни қўллаш соҳалари

Изотактик полимер каттиқ агрегат ҳолатидаги термопластик полимердир. Полипропиленнинг баъзи бир физик-кимёвий хоссалари 3.9-жадвал берилган.

Полипропиленнинг иссиқлик - физик хоссалари

3.9-жадвал

№	Кўрсаткич	Сон киймати
1.	Зичлик , кг/м^3	
	– изотактик аморф	850...854
	– изотактик кристаллик	932...943
	– синдиотактик аморф	856
	– синдиотактик кристаллик	889...910
	– атактик	850...900
	тўкма	470
2.	Эриш температураси, °С	165...175
3.	Диэлектрик доимийси (1 кГц)	2,2...2,3
4.	Узилишда нисбий чўзилиш, %	100...600
5.	Зарбали мустаҳкамлик, МПа	2,8...2,9
6	Чўзилишдаги бузилиш кучланиши, МПа	245...400
7	Синиш кўрсаткичи	1,49
8	Бринелл бўйича каттиклик, МПа	59...64
9	Ҳажмий солиштирма электр каршилик, Ом·см	$10^{16}...10^{17}$
10	Сув ютиши (24 суткада), %	0,01...0,03
11.	Диэлектрик йўкотишлар тангенс бурчаги (10^6 Гц да)	0,0002...0,0005
12	Диэлектрик ўтказувчанлик (10^6 Гц да)	2,1...2,3
13	Молекуляр масса	80000...200000
14	Нисбий солиштирма чўзилиш, %	200...800
15.	Чўзилишда мустаҳкамлик чегараси, МПа	29,30...38,6
16	Чўзилишда эластиклик модули, МПа	1032...1720
17.	Мўртлик температураси, °С	-5...-15
18	Зарбали қовушқоқлик, кЖ/м^2	78,5
19	Эксплуатация давридаги максимал температура, °С	150
20	Шишаланиш температураси, °С	
	– изотактик	-7
	– синдиотактик	-9
	– атактик	-10
	– изотактик	186
	– синдиотактик	138
22.	Иссикликка бардошлиги, °С (НИИПП бўйича)	160
23	Солиштирма иссиқлик сиғим, Ж/кг·К (20...60°С)	1927
24	Чизикли кенгайишнинг термик коэффициенти, 1/К	1,1 10^{-4}
25	Электр мустаҳкамлиги, кВ/мм (намуна калинлиги 1 мм)	30...40

Паст ва юкори босимли полиэтиленларга караганда полипропиленнинг иссикликка бардошлиги юқорирок. Полипропиленни эксплуатация қилиш температураси 120...140°С. Полипропилендан тайёрланган ҳамма буюмлар қайнаш ва буғ ёрдамида стерилизация килинганда ҳам шакли ёки механик хоссалари ўзгармайди. Полиэтилендан иссикликка бардошлиги бўйича яхширок бўлган полипропилен, совукликка бардошлиги нисбатан пастрок, яъни -5...-15°С температурада мўрт бўла бошлайди.

Унинг диэлектрик кўрсаткичлари яхши ва улар катта температуралар оралиғида сақланиб қолади. Жуда кам миқдорда сув ютиш қобилияти туфайли нам муҳитда узоқ муддатда турганда ҳам диэлектрик хоссалари ўзгармайди.

Полипропилен кимёвий бардош материал. Нормал шароитда полипропилен органик суюкликларда эримайди. Факат, кучли оксидловчилар – хлорсулфонли кислота, тутайдиган азот кислота, олеум, галогенлар сезиларли даражада таъсир этади. Нормал шароитда 58% ли сульфат кислота ва 30% ли водород пероксидлари полипропиленга таъсири жуда кичик. Ушбу кимёвий моддалар билан 60°С температурада узоқ муддат давомида ўзаро таъсирда бўлиш полипропиленни деструкцияга учратади. Температура 80...100°С ва ундан ортик бўлганда ароматик (бензол, толуол) ва хлорли углеводородларда эрийди. Юкори температураларда кислота, тузларнинг сувли эритмаларига ҳамда минерал ва ўсимлик мойлари таъсирига бардошли. Полипропилен сувга бардош материалдир. Нормал шароитда 6 ой мобайнида сувга бўктирилганда унинг сув ютиш қобилияти 0,5% дан, 60°С температурада эса – 2% дан кам.

Полипропиленнинг кимёвий бардошлиги

3.10-жадвал

№	Мухит	Температура, °С	Масса ўзгариши, %	Эслатма
	Намунани 7 сутка давомида кимёвий моддада ушлаб туриш			
1	Азот кислота (50%)	70	-0,1	Намуна дарз кетмайди
2	Натрий ишкори (40%)	70	оз миқдорда	-
		90		
3	Водород хлорид (конц)	70	+0,3	-
		90	+0,5	
	Намунани 30 сутка давомида кимёвий моддада ушлаб туриш			
4	Азот кислота (94%)	20	-0,2	Намуна мўрт
5	Ацетон	20	+2.0	-
6	Бензин	20	+13,2	
7	Бензол	20	+12,5	
8	Натрий ишкори (40%)	20	оз миқдорда	
9	Минерал мой	20	+0,3	
10	Оливка мойи	20	+0,1	
11	Сульфат кислота (80%-ли)	20	оз миқдорда	Озгина бўялган
12	Сульфат кислота (98%-ли)	20	>>	-
13	Водород хлорид (конц)	20	+0,2	-
14	Трансформатор мойи	20	+0,2	-

Фаол муҳитлар таъсиридан полипропиленнинг полиэтиленга нисбатан дарз кетиши камрок.

Полипропиленнинг энг асосий камчилиги шундаки, совукликка (-30°С) бардошлиги нисбатан паст ва бу кўрсаткич бўйича полиэтилендан оркада. Полипропилен термопластларга оид ҳамма усуллар билан қайта ишланади.

Полипропиленнинг полиизобутилен (5...10%) билан модификацияси кайта ишлаш хоссаларини яхшилайди, эластиклик ва дарз кетишга бардошлигини оширади ҳамда паст температураларда мўртлигини пасайтиради.

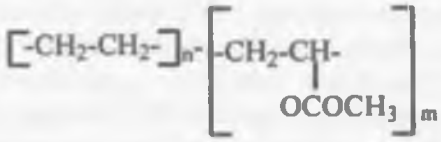
Полипропилен пардаларининг тиниклиги юкори: иссикликка бардош, механик мустаҳкам, газ ва буғ ўтказувчанлиги паст. Полипропилен толалари жуда мустаҳкам: у ҳар хил техник мато ва турли қалинликдаги арконлар ясаш учун энг қулай материал.

Ундан ташкари, полипропилен говакли материаллар – пенопластлар ишлаб чикаришда қўлланилади.

Полипропиленни кайта ишлашнинг асосий усуллари: экструзия, вакуум ва пневмошакллантириш, инжекцион ва экструзион пуфлаб, инжекцион, компрессион шакллантириш ҳамда босим остида қуйиш.

3.7. Этиленнинг бошқа мономерлар билан сополимерлари

Этиленнинг винилацетат билан сополимери (севилен) инициатор иштирокида бошланғич мономерларни биргаликда радикалли полимерлаш усулида трубали реакторда юкори босим остида олинади.

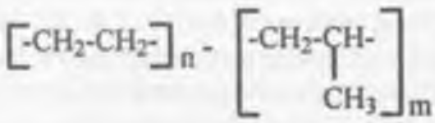


(3.22)

Сополимер таркибида 5...50% гача винилацетат бўлади. Ушбу сополимер паст температураларда тиниклиги ва эластиклиги бўйича полиэтилендан яхши.

Этилен сополимери лок, елим, пардалар олишда ишлатилади. Ундан ташкари полиграфия, оёк кийим, мебел саноатларида кўп ишлатилади.

Этиленнинг пропилен билан сополимерини металл органик катализаторлар иштирокида, худди суюк фазада паст босимли полиэтиленни ишлаб чикариш каби олинади.



(3.23)

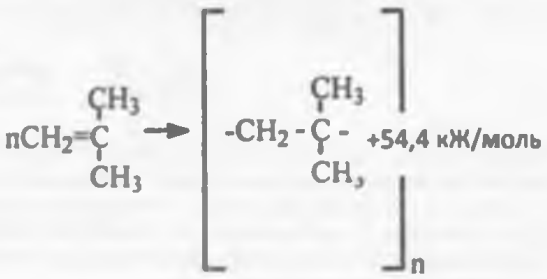
Каттик сополимерлар олиш учун пропилен микдори кам (одатда 3...10% ҳажм.) бўлган аралашмалар ишлатилади. Бундай полимерлар кристаллик тузилишли ва муҳим техник хоссали бўлади. Агар сополимер таркибида пропилен микдори кўп (> 20%) бўлса, олинаётган материалнинг механик мустаҳкамлиги кескин равишда пасайиб кетади.

Этилен ва пропиленнинг стереоблок-сополимери ***полиалломер*** деб номланади ва унинг кристаллик даражаси жуда юкори бўлади.

Этилен ва пропиленнинг стереоблок-сополимери муҳим техник хоссаларга эга, чунки полиэтилен ва изотактик полипропиленларнинг яхши хоссаларини ўзига мужассам килган.

3.8. Полиизобутилен

Полиизобутилен изобутиленни полимерлаш йўли билан олинади.



(3.24)

Полиизобутиленни полимерлаш илк бор рус олими А.М.Бутлеров томонидан 1873 йили амалга оширилган.

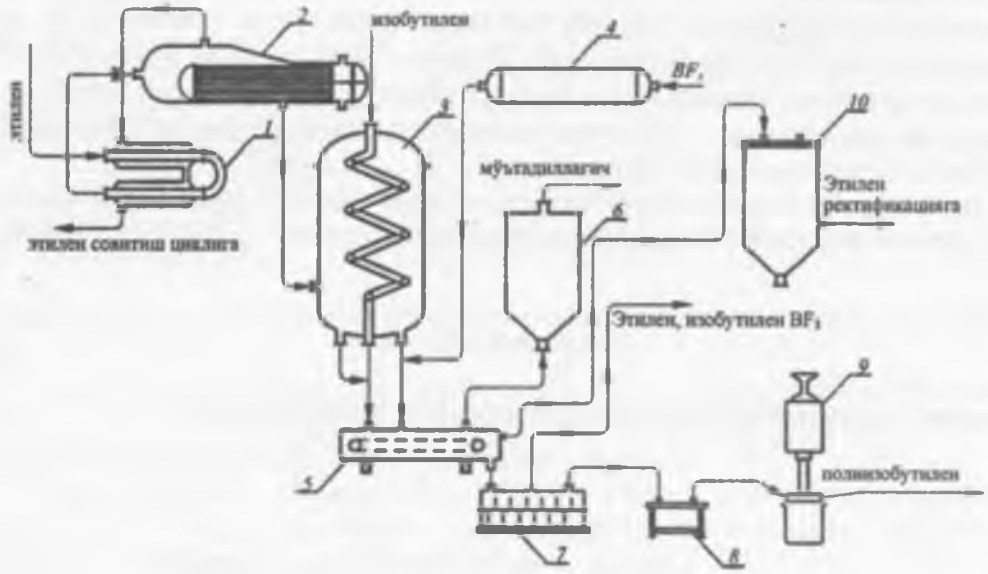
Изобутилен $CH_2=C(CH_3)_2$ – рангсиз газ. Қайнаш температураси $t_{қай.}$=-6,9°С. Эриш температураси $t_{эр}$=-140,4°С. Саноат миқёсида изобутилен изобутанни каталитик дегидрогенлаб ва бирламчи изобутил спиртни дегидратлаб олинади.

Юкори молекулали полиизобутилен паст температурада борнинг учфториди (BF_3) иштирокида катионли полимерлаш механизми бўйича олинади. Жараён озгина миқдордаги таркибида протонли водород бўлган фаоллагич (сокатализатор) керак. Бундай фаоллагич вазифасини техник изобутилен таркибидаги изобутил спирт бажаради. Изобутиленни полимерлашнинг ингибитори сифатида олтингугурт ва хлорли водородларни ҳам ишлатиш мумкин. BF_3 нинг қайнаш температураси $t_{қай}$=-100,4°С, эриш температураси $t_{эр}$=-128,7°С. Зичлиги ρ=910...930 кг/м^3. Шишаланиш температураси $t_ш$=-75°С.

Саноат миқёсида полиизобутилен -100°С температурада суюк этилен эритмаси муҳитида полимерлаб олинади. Катализатор билан аралаштирилса бир зумда изобутилен полимерланади. Ҳосил бўлган полимернинг молекуляр массаси 120000...200000. Полиизобутиленнинг чиқиши тахминан 100% (бошланғич изобутиленга нисбатан) ни ташкил этади.

Молекуляр массаси тахминан 50000 бўлган полимерлар мойларни қуюклаштириш учун қўшимча сифатида қўлланилади.

Изобутиленни полимерлаш узлуксиз ишлайдиган лентали полимеризатор 5 да амалга оширилади (3.10-расм). Полимеризатор тўғри тўртбурчак шаклли бўлиб пўлат листдан ва унинг ичида чексиз узунликдаги транспортер лентаси ўрнатилган. Суюк этилен босим остида иситкич 1 га ҳайдалади ва буғланиш қурилмаси 2 дан чиқаётган газсимон этилен билан совутилади. Сўнг, 0,1 МПа босимли суюк этилен буғланиш қурилмаси 2 га узатилади, у ерда қўшимча совийди ва змеевикли изобутиленни совитиш қурилмаси 3 нинг трубалараро бўшлигига окиб тушади. Суюк изобутилен змеевик ичига юборилади ва этилен билан -85°С гача совутилади.



3.10-расм. Узлуксиз полиизобутиленни ишлаб чиқаришнинг технологик схемаси:
1 - иситкич, 2 - буғланиш қурилмаси, 3 - изобутилен кадоклагич,
4 - BF_3 кадоклагич; 5-полимеризатор; 6 - мўътадиллагич кадоклагичи,
7 - аралаштиргич; 8 - полимерни совитиш токчалари; 9-копловчи пресс,
10 - этиленни BF_3 дан тозалаш минораси.

Ундан кейин полимеризатор 5 га узатилади ва кадоклагичнинг трубалараро бўшлиғидан тушаётган суюк этилен билан аралашади. Полимеризатор лентасига BF_3 ва кадоклағич 6 дан мўътадиллагич (*трет*-нонилфенилсульфид) лар келиб тушади.

Лентада изобутиленни полимерлаш бир неча секундда бўлади ва этиленнинг буғланиши билан кечади. Полимеризатор 5 дан чиккан этилен буглари тозалаш учун минора 10 га, ректификация учун юборилади ва ундан кейин полимеризаторга кайтарилади. Лентадан чиккан полиизобутилен буғ билан иситиладиган икки червякли аралаштиргич 7 га узатилади.

Ушбу курилмада этилен ҳамда реакцияга полимерлашмаган изобутилен ва учфторли борларнинг тўлик буғланишига эришилади. Аралаштиргичдан чиккан нотўғри шаклли бўлаклар кўринишидаги полиизобутилен совитиш температурасини тушириш учун совитиш токчалари 8 га келиб тушади. Ундан кейин пресс 9 да ихчамланади, устига тальк сепилади ва копланади. Изобутилен конверсияси ~ 90%, катализатор сарфи эса - ~ 0,03%.

3.8.1. Полиизобутиленнинг хоссалари ва уни қўллаш соҳалари

Юкори молекулали полиизобутилен каучуксимон полимердир. Оддий холатда аморф тузилишга эга, лекин чўзилганда кристалланади.

Кислород ва ёруғлик, айникса, ультрабинафша нурнинг бир вақтдаги таъсири остида полиизобутилен кисман деструкцияга учрайди. Ёруғлик ва кислородга бардошлигини ошириш учун каучук, полиэтилен ва айрим бошка полимерлар ҳамда тўлдиргич (коракуя, графит) лар билан бириктириш максадга мувофик. Минерал тўлдиргичларни полиизобутиленга полимер микдорининг 90% гача қўшиш мумкин.

Полиизобутиленнинг полиэтилен билан аралашмаси сув ости ва ультра юкори частотали сим ва кабелларнинг электр копласи сифатида қўлланилади. Асбест ва тальк каби тўлдиргичлар қўшилган полиизобутилен композицияларидан тайёрланган листлар кимё ва нефть-газ саноатлари курилмаларнинг ташки ва ички томонларини, труба қувурларини, цистерналарни ва кислота саклаш идиш ва резервуарларини коррозиядан ҳимоялаш учун коплама сифатида ишлатилади. Полиизобутиленнинг фланецли бирикмалари орасига қўйиладиган кистирма материали сифатида ҳам қўллаш мумкин. Полиизобутилендан ясалган шланглар кислота қувурлари вазифасини ҳам ўташи мумкин. Курилишда полиизобутилендан ясалган плиталар намликка бардош кистирма килиб ҳам ишлатилади.

Изобутилен кўпчилик тўйинмаган бирикмалар билан осон сополимерланади. Изобутиленнинг изопрен ва бутадиен билан сополимери резина саноатида кенг кўламда қўлланилади.

Юкори молекулали полиизобутилен юкори кимёвий ва сувга бардошлик хоссаларга эга. Кислота (шу жумладан, концентрланган азот кислота) ва ишкорлар таъсирига бардош бера олади. Кимёвий бардошлиги ва диэлектрик хоссалари факат полиэтилен ҳамда политетрафторэтиленларнинг ушбу хоссаларидан ёмонрок.

Полиизобутиленнинг газ ўтказувчанлиги кичик, диэлектрик кўрсаткичлари юкори, тиниклиги ва оқувчанлиги паст.

ТЎЙИНМАГАН АРОМАТИК УГЛЕВОДОРОДЛАР ПОЛИМЕРЛАРИ

3.9. Полистирол

3.9.1. Полистирол ишлаб чиқариш учун хом-ашё

Стирол $CH_2=CH(C_6H_5)$ – ўзига хос ҳидли суюклик. Қайнаш температураси $t_к$=145,2 °С, эриш температураси $t_{эр.}$=-30,6°С, зичлиги ρ=906 кг/м^3. Сувда эримайди, бензол, диэтил эфири ва бошқа органик эритувчилар билан исталган нисбатларда

қўшилади. Ушбу полимер ёнувчан ва заҳарли. Саноат миқёсида этилбензолни каталитик дегидрирлаш усулида олинади:

$$C_6H_5CH_2CH_3 \rightarrow C_6H_5CH{=}CH_2{+}H_2 \qquad (3.25)$$

Стирол нормал шароитда ҳам осон полимерланади. Шунинг учун, уни сақлаш ва транспортировка қилишда унга ингибиторлар, кўпинча, гидрохинон қўшилади. Стиролни полимерлаш радикал ва ионли механизм бўйича кечиши мумкин.

Полистирол

$$\left[-CH_2-\underset{\displaystyle C_6H_5}{\underset{|}{CH}}-\right]_n \qquad (3.26)$$

Саноат миқёсида радикал механизм бўйича стиролни полимерлашнинг қуйидаги:

– тўлиқ конверсияли блокли;
– тўликмас конверсияли блокли;
– суспензияли;
– блок-суспензияли;
– эмульсияли усуллари кенг кўламда қўлланилмокда.

3.9.2. Полистирол ишлаб чиқариш усуллари

Блокли усулда полистирол ишлаб чиқариш. ***Тўлиқ конверсияли блокли*** усулда полистирол олиш технологияси 3.11-расмда келтирилган.

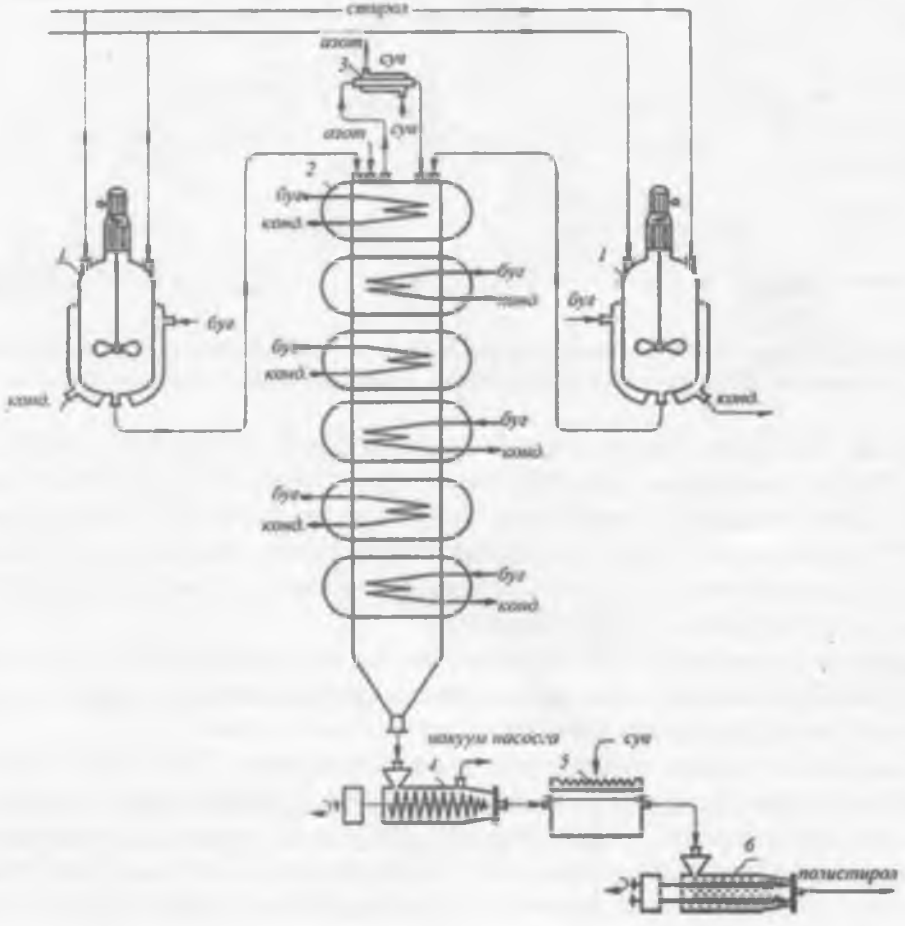
Янги тайёрланган стирол дастлабки полимерлаш учун иккита алюминийдан ясалган форполимеризатор (реактор) га узатилади. Форполимеризатор ташқи ғилофли ва ичига аралаштиргич ўрнатилган реактор типидаги қурилмадир. Форполимерлаш жараёни азот муҳитида 80°С температурада 30 соат давомида полимернинг миқдори 30% га етгунга кадар ўтказилади. Стиролдаги полистирол эритмаси якуний полимерлаш учун олтита ёки тўккизта царгадан йиғилган колонна 2 га юборилади.

Колоннанинг тепа царгаси ғилоф, қолганлари эса – ғилоф ва змеевиклар оркали иситилади. Ғилоф ичида иссиқлик элткич сифатида дифенил аралашмаси ёки дитолилметанлар ишлатилиши мумкин. Охирги, тепадаги царгада полимерлаш температураси 100 дан 230...250°С гача кўтарилади. Буғланаётган стирол совуткич 3 да конденсацияланади ва қайтадан колоннага ҳайдалади. Колоннанинг конуссимон днишчесидан эритма агрегат ҳолатидаги полистирол экструдери 4 га узатилади. Полимерланмаган стирол вакуум системаси ёрдамида экструдердан сўриб олинади. Экструдердан полистирол чивиқ кўринишида чиқади, совитиш идиши 5 да совутилади ва қурилма 6 да грануллanади ва кесилади. Товар ҳолатидаги полистиролдаги қолдиқ мономер миқдори 0,3% (озиқ-овкат саноати учун) ва 1,5% (қолганлари учун) дан ошмаслиги керак.

Ушбу усулнинг энг катта камчилиги шундаки, реакция иссиқлиги ажратиб олиш анча мураккаб, чунки реакцион масса ковушкоқлиги юкори ва жараён узоқ муддатда кечади. Бунга сабаб, стиролни полимерлаш даражасини 97...98% етказишдир.

Тўлиқмас конверсия блокли усул блокли усулга караганда унумдорлиги анча юкори. Бу усулда, реакторлар батареясида полимерлар йўли билан конверсия 80...95% гача етказиш мумкин ва эркин стирол ҳайдалади ва циклга қайтарилади. Агар блокли

полимерлаш 5...10% ли эритувчи иштирокида ташкил этилса, жараён кескин равишда яхшиланади. Бунга бир катор сабаблар бор: реакцион масса қовушқоқлиги пасаяди; ғилоф орқали иссиқлик алмашиниш интенсивлашади; эритувчи буғланиши ҳисобига бир қисм реакция иссиқлик ажратиб олинади; реакцияга киришмаган стиролни чиқариб олиш осон.

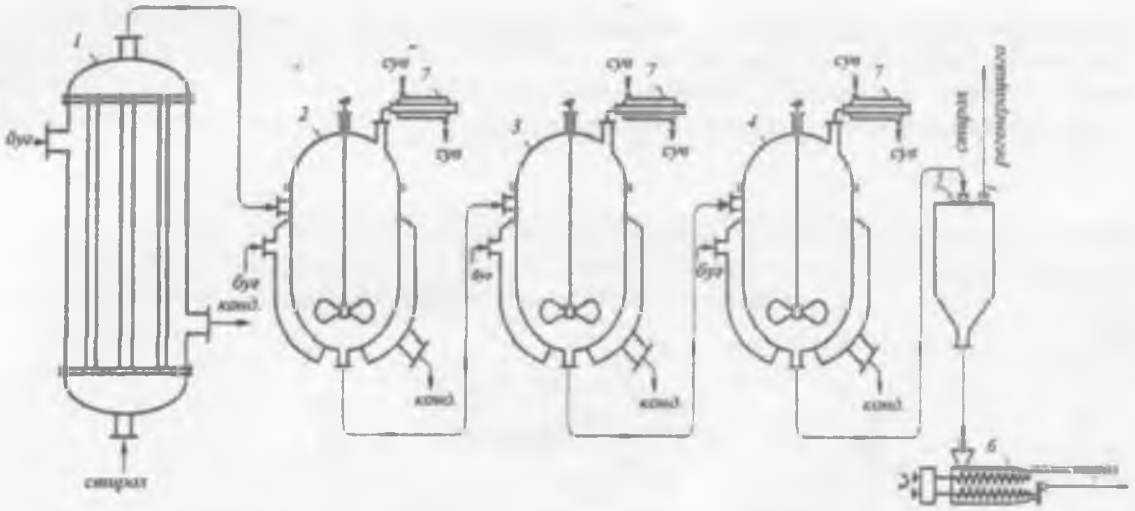


3.11-расм. Стиролни тўлиқ конверсияли блокли полимерлашнинг технологик схемаси:
1-форполимеризатор, 2-колонна, 3-совуткич, 4-экструдер, 5-совитиш идиши, 6-гранулятор

Тўлиқмас конверсия усулида стирол ёки каучукнинг стиролдаги эритмасидан полистирол олиш технологияси 3.12-расмда келтирилган. Стирол ёки каучукнинг стиролдаги эритмаси узлуксиз равишда насос ёрдамида иситкич 1 га, у ерда 80...100°С гача температураси кўтарилганда реактор-полимеризатор 2 га, сўнг шестерняли насос орқали реактор 3 га, ундан кейин реактор 4 га ҳайдалади. Реактор-полимеризаторлар ҳажми 15...200 м^3, кислота бардош пўлатдан ясалган бўлиб, ташқариси ғилоф билан ўралган ва ичига аралаштиргич ўрнатилган. Реактордан чиққан маҳсулотнинг температураси совуткич 7 да пасайтирилади. Полимерлаш жараёни қуйидаги режимларда кечади (3.11-жадвал):

3.11-жадвал

№	Кўрсаткич	1-реактор	2-реактор	3-реактор
1.	Температура, °С	120...140	160	180
2	Конверсия, %	40...50	80	90
3.	Жараён давомийлиги, соат	2	2	2



3.12-расм. Стиролни тўлиқмас конверсиялаш блокли полимерлашнинг технологик схемаси:
1-иситкич; 2,3,4 -реактор-полимеризаторлар; 5- вакуум камера; 6-экструдер- гранулятор; 7-совуткич

Реакция иссиқлиги ғилоф орқали ва стиролнинг буғланиши ҳисобига ажратиб олинади. Охирги реактордан полистиролнинг куюк эритмаси ва реакцияга киришмаган стироллар вакуум камера 5 га узатилади. У ерда қолдиқ босим 0,7...5 кПа ва температура 190...200°С да эритмадан стирол ҳайдалади ҳамда циклга қайтарилади. Полистиролнинг қуюқлашган эритмаси эса вакуум камера 5 дан экструдер 6 га грануллаш учун юборилади.

Ушбу усул бир қатор афзалликларга эга:

– ушбу усул унумдорлиги тўлиқ конверсия усулига қараганда 3...5 маротаба кўп;

– молекуляр массаси юқори ва полимер полидисперслиги кичик, чунки жараён нисбатан паст температураларда кечади.

Суспензияли усулда полистирол ишлаб чиқариш. Ушбу усул сувли муҳитда кечиши реактор ғилофи орқали реакция иссиқлигини ажратиб олиш осон бўлгани учун кенг кўламда қўлланилади. Ундан ташқари, 10...50 м^3 ҳажмли қурилмаларни ясаш ва ишлатиш мумкин. Реактордаги жараён осон ростланади, шунинг учун битта қурилмада бир неча хил полистирол олиш имконияти бор. Жараённи узлуксиз ташкил қилиш қийин, чунки суспензия нотурғун, полимер аралаштиргич ва қурилма деворларига ёпишиб қолиши мумкин.

Суспензияли усулда полистирол олиш технологияси 3.13-расмда келтирилган ва ушбу жараёнлардан иборат: хом-ашёни тайёрлаш; компонентларни аралаштириш; полимерлаш; ювиб фильтрлаш; қуритиш.

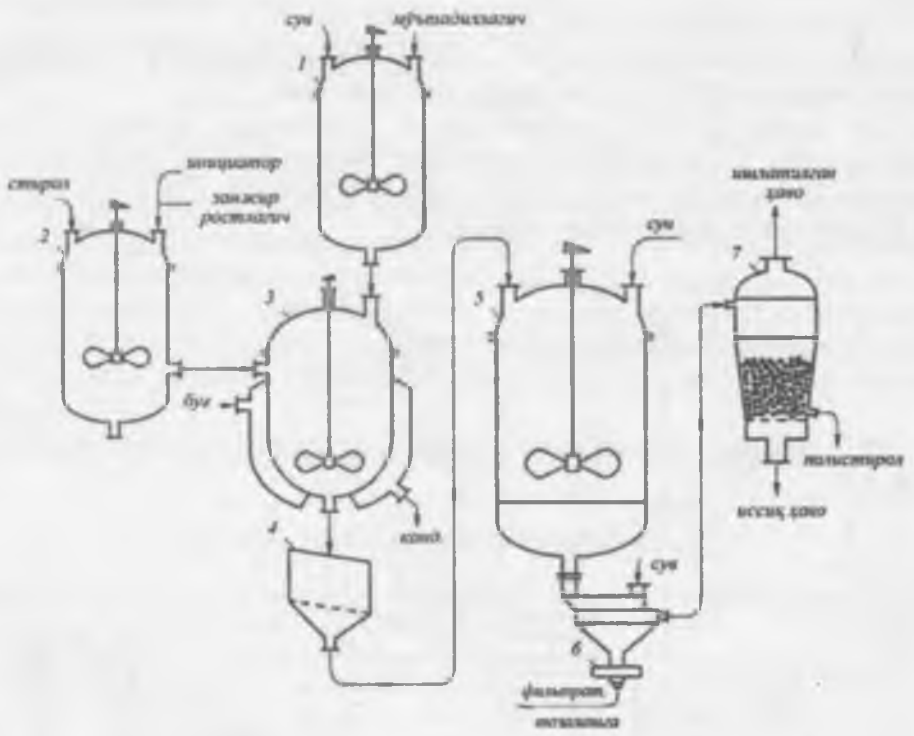
Хом-ашёни тайёрлаш учун мўътадиллагичнинг сувли эритмасининг суспензияси ҳамда инициатор ва стиролда эрувчи бошқа қўшимчалар эритмалари қўлланилади.

Суспензияни тайёрлашда органик ва ноорганик мўътадиллагичлар: поливинил спирт, магний ва алюминий гидрооксидлари ва бошқалар қўлланилади. Полимерлашнинг инициаторлари бўлиб пероксидлар (бензоил, лаурил ва б.) хизмат қилади.

Аралаштиригич 1 ва 2 ларда тайёрланган мўътадиллагич ва мономер фазанинг сувли эритмаси реактор 3 га юкланади. Реактор кислотага бардош пўлатдан ясалган бўлиб, ташқи гилофи ва ичида аралаштиргичи бор. Кўпчилик реакторларнинг ҳажми 10...30 м^3. Стиролни полимерлаш 50...130°С да 9...12 соат давомида олиб борилади. Жараён режими олинаётган полистирол турига боғлиқ.

Тайёрланган суспензия злак 4 орқали оралиқ идиш 5 га тўкилади. Элакда йирик, қумоқ ҳолатидаги бўлаклар ушланиб қолинади. Суспензия оқувчанлигини ошириш мақсадида у сув билан суюлтирилади ва центрифуга 6 га юборилади. Центрифугада

аралашма сувсизлантирилади ва полимер ювилади. Нам полистирол қуритиш учун қуриткич 7 га узатилади.



3.13-расм. Суспензияли усулда полистирол олишнинг технологик схемаси:
1,2-аралаштиргичлар; 3-реактор; 4-элак; 5-оралиқ идиш; 6-центрифуга; 7-қуриткич.

Суспензияли полимерлашнинг асосий камчилиги шундаки, полистирол олиш кўп боскичли ва жуда кўп миқдорда оқова сувлар ҳосил бўлади.

Блок-суспензияли усулда полистирол ишлаб чиқариш. Ушбу усул асосан кўпирувчи полистирол олиш учун ишлатилади (3.14-расм).

Реактор 1 да стиролнинг дастлабки блокли полимерланиши бўлади. Бунда жараён температура 80...85°С да бензоил пероксид иштирокида 30...40% гача конверсия бўлгунга кадар боради. Сўнг, форполимер автоклав 3 га тўкилади ва аввал юкланган мўътадиллагичнинг сувли эритмаси билан аралаштирилади. Шу билан бирга автоклавга инициаторнинг стиролдаги эритмаси ва изопентаннинг янги қисми солинади.

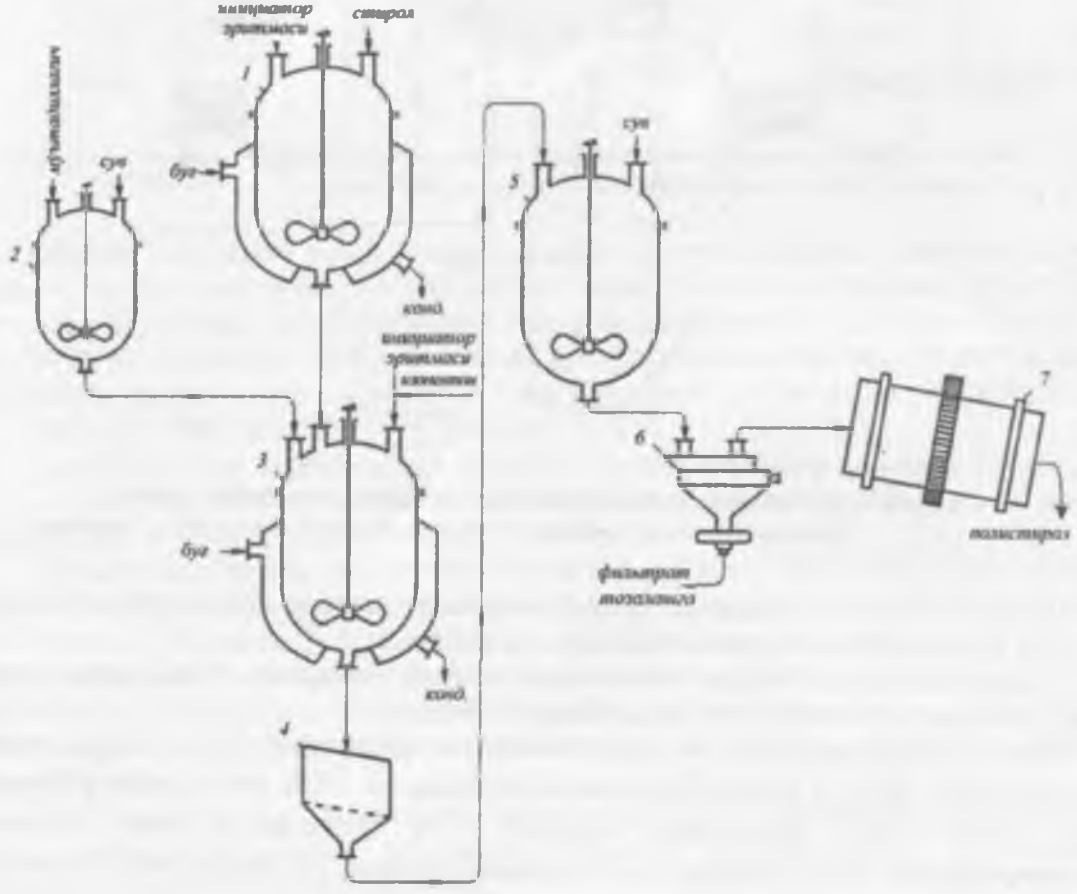
Бу ерда изопентан полистиролни кўпиришида газ ҳосил қилувчи модда сифатида хизмат қилади. Ҳосил бўлган суспензия 90°С температурагача қиздирилади ва 7...9 соат давомида аралаштириб турилади. Тайёрланган суспензия элак 4 оркали оралиқ идиш 5 га тўкилади. Суспензия оқувчанлигини ошириш мақсадида у сув билан суюлтирилади ва центрифуга 6 га юборилади. Центрифугада аралашма сувсизлантирилади ва полимер ювилади. Нам полистирол 40°С температурада қуриткич 7 да қолдиқ намлик 1% гача қуритилади.

Эмульсион усулда полистирол ишлаб чиқариш. Ушбу усулда эмулгатор сифатида совунлар (масалан, натрий олеинати) ва некал (дибутилнафталинсулфокислоталар натрийли тузлари) ва бошқа айрим органик сулфобирикмалар ишлатилади. Инициатор сифатида сувда эрувчан пероксидлар, масалан, водород пероксиди, калий ва аммоний персульфатлари қўлланилади.

Ҳажми 10...15 м^3 бўлган ғилофли ва аралаштиргичли эмалланган чўян полимеризаторга олеин кислота, сув ва натрий ишкори солинади. 30 дакика давомида аралаштирилгандан кейин стирол берилади ва яна 15 дакика аралаштирилади, сўнг эса инициатор қўшилади ҳамда реакцион аралашма иситилади.

Полимерланиш температураси 70°С, жараён якунига бориб 90°С га чикади. Жараён мономернинг миқдори 0,5% қолгунга кадар олиб борилади.

Олинган латекс сульфат кислота билан коагуляция килинади. Икки соатли коагуляциядан кейин полистиролнинг кукунлари чўкмага тушади. Ундан кейин иссик сув билан ювилади ва центрифугада сувсизлантирилади. Олинган нам кукун мавҳум кайнаш катламли қуриткичда қуритилади ва эланади.



3.14-расм. Блок-суспензияли усулда кўпирувчи полистирол олишнинг технологик схемаси:
1- реактор, 2 - аралаштиргич, 3 - автоклав, 4 - элак, 5 - оралик идиш, 6 - центрифуга, 7 - куриткич.

Диэлектрик хоссалари паст ва полимернинг тиниклиги ёмон бўлгани учун ушбу усул саноат миқёсида кенг таркалмади. Асосан АВС-пластиклар ва кўпирувчи полистироллар олиш учун қўлланилади.

3.9.3. Полистирол хоссалари ва уни қўллаш соҳалари

Саноатда ишлаб чиқариладиган полистирол – аморф полимер. Ушбу полимернинг сувга бардошлиги ва диэлектрик хоссалари жуда юкори. Полистиролни юкори частотали

диэлектрик сифатида ҳам ишлатиш мумкин. Ундан радио ва электр жиҳозлари, ҳисоблаш машиналари, конденсаторлар пардалари ва ҳоказо деталлар ишлаб чиқариш мумкин. Тиниклиги ва синиш кўрсаткичи юқорилиги учун ундан оптик шишалар, шаффоф моделлар ясашда ишлатилади. Зарбага бардош полистиролдан радио ва электр жиҳозлар, совуткич камераси ва эшиклари ҳамда санитария-гигиена асбоблари тайёрланади.

Азот кислотадан ташқари, ҳамма кислота ва ишқорларга нисбатан полистирол бардошлиги юқори. У ўсимлик мойлари, тўйинган углеводородлар ва спиртларда эримайди. Аксинча, ароматик углеводород, мураккаб эфирлар, хлорланган углеводородлар ва кўпчилик кетонларда яхши эрийди. Полистиролли локлар электр ва коррозияга карши копламалар олишда ишлатилади. Қуёш нурининг узок муддатдаги таъсири полистиролнинг сарғайишига сабабчи бўлади. Полистирол камчиликлари: эскиришга мойил; иссикликка бардошлиги юқори эмас; зарбага мустаҳкамлиги паст.

Полистиролни маҳсулотга қайта ишлашнинг асосий усули – бу босим остида қуйиш. Аморф тузилишли бўлишига карамай, жуда кенг температуралар оралиғида юмшайди ва керакли оқувчанликни сақлаб туради. Бу эса, уни қайта ишлаш жараёнини осонлаштиради.

Полистиролнинг физик-кимёвий хоссалари 3.12-жадвалда берилган.

Полистиролнинг физик-кимёвий хоссалари

3.12-жадвал

№	Кўрсаткич	Сон киймати
1	Зичлик , кг/м^3	
	каттик	902
	кўпиксимон	600
	зарбага бардош	1040
2.	Эриш температураси, °С	240
3.	Шишаланиш температураси, °С	100
4	Зарба мустаҳкамлиги, МПа	
	каттик	1,7...2,8
	зарбага бардош	3,4...76
5.	Чўзилишда мустаҳкамлик чегараси, МПа	
	каттик	33
	кўпиксимон	14
	зарбага бардош	24
6	Иссикликдан кенгайиш коэффициенти, 1/К	
	чизикли	$(6...8)\cdot10^{-5}$
	хажмий	$(1,7...2.1)\cdot10^{-5}$
7	Узилишда нисбий чўзилиш, %	
	каттик	1...2
	зарбага бардош	13...50
8	Чўзилишда эластиклик модули, МПа	3200
9.	Сикилувчанлик, МПа	$220\cdot10^6$
10	Синиш кўрсаткичи	1,59...1,60
11	Диэлектрик доимийси (10^6 Гц да)	2,49...2,55
12.	Молекуляр масса	50000...320000
13.	Сув ютиш (24 сутқада), %	0,01...0,07
14.	Колган мономер миқдори, %	0,1...0,8
15.	Диэлектрик йўкотишлар тангенс бурчаги (10^6 Гц да)	0,0002...0,0004
16.	Бринелл буйича каттиклиги, МПа	137...157
17.	Зарбали ковушкоклик, кЖ/м^2	19,6...27.4

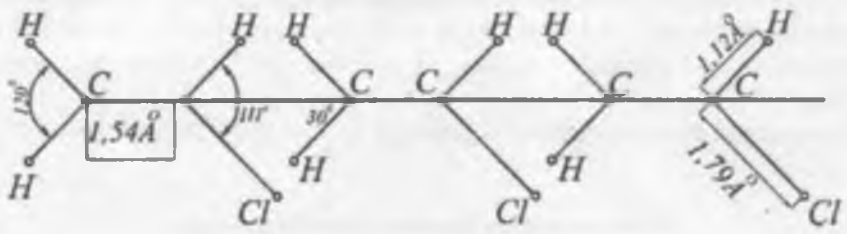
3.10. Поливинилхлорид

Поливинилхлорид $[-CH_2-CHCl-]_n$.

Поливинилхлорид ёнмайдиган, ҳидсиз, оқ рангли (айрим ҳолларда сарғишроқ) термопластик кукун кўринишида бўлади.

Поливинилхлорид молекуласи тузилишининг схематик тасвири 3.15-расмда келтирилган.

Чўзилган полимерии оптик ва рентгенографик текшириш шуни кўрсатдики, макромолекуласининг углеродли скелети ясси зигзагсимон тузилишли эканлиги аникланди. Бунда, хлор атомлари углеродли занжир текислигининг ҳар хил томонида жойлашган. Шундай килиб, кайтарилувчи звенолар иккита зигзагдан иборат. Макромолекула бир кисмининг фазовий схемаси 3.16-расмда кўрсатилган.

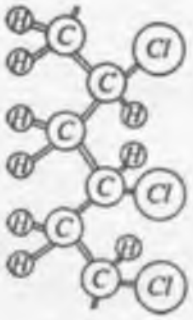


3.15-расм. Поливинилхлорид молекуласининг тузилиши.

Полиэтилен ва полистирол билан бирга муҳим саноат микёсида ишлаб чикариладиган полимердир.

Поливинилхлорид олиш учун мономер бўлиб винилхлорид хизмат килади. Поливинилхлорид – рангсиз, эфирга хос ҳидли газ.

Қайнаш температураси $t_к$=159,7 °С, эриш температураси $t_{эр.}$= -13,9°С, температура -15°С даги зичлиги ρ=973 кг/м^3. -20°С температурадаги динамик ковушкоклиги μ=2,81 мПа. Босим 0,1...0,2 МПа ва нормал температурада суюк агрегат ҳолатини сақлаб колади.



3.16-расм. Поливинилхлорид молекуласининг фазовий схемаси.

Ҳаво билан портловчи аралашма ҳосил килиш концентрацияси C=4...21,6%. Спирт, ацетон ва бошка органик эритувчиларда яхши эрийди. Саноат микёсида поливинилхлорид турли усулларда олинади.

Ацетиленни гидрохлорлаш:

$$CH \equiv CH + HCl \rightarrow CH_2 \equiv CHCl \qquad (3.27)$$

Дихлорэтан пиролизи:

$$CH_2Cl - CH_2Cl \rightarrow CH_2 = CHCl + HCl \quad (3.28)$$

Этиленни юкори температурали хлорлаш:

$$CH_2 = CH_2 + Cl_2 \rightarrow CH_2 = CHCl + HCl \quad (3.29)$$

Этиленни оксихлорлаш:

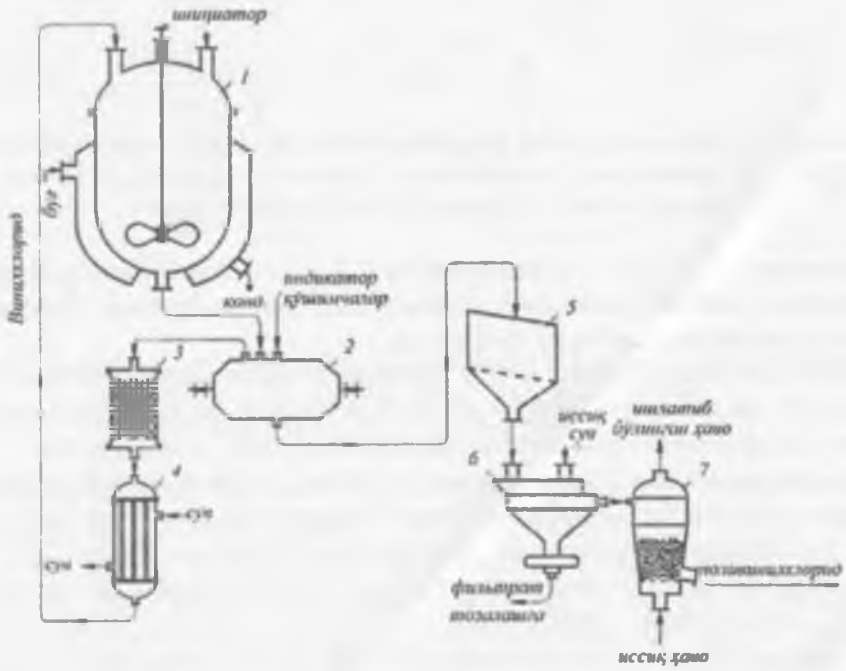
$$CH_2 = CH_2 + HCl + 0{,}5O_2 \rightarrow CH_2 = CHCl + H_2O \quad (3.30)$$

Саноат микёсида винилхлоридни полимерлашнинг учта асосий тури мавжуд: блокли, суспензияли ва эмульсияли усуллар.

3.10.1. Поливинилхлорид ишлаб чикариш усуллари

Блокли усулда поливинилхлорид олиш. Ушбу усулнинг ўзига хослиги шундаки, ҳосил бўлаётган полимер мономерда эримайди. Бу ҳол реакция иссиклигини ажратиб олишни кийинлаштиради. Одатда, поливинилхлоридни ишлаб чикариш учун икки боскичли, даврий ишлайдиган технологиядан фойдаланилади (3.17-расм).

Суюк мономер ва инициатор (перекис ва бошкалар) автоклав 1 га юкланади, температура 50...70°С да ва босим 1 МПа да 10% ли конверсиягача дастлабки полимерлаш ўтказилади. Олинган суспензия горизонтал, айланувчи актоклав 2 га тўкилади. Ушбу автоклавнинг лентали аралаштиргичда ёки ичига солинган металл шарлар ёрдамида курилма деворига ёпишиб колаётган полимерлар сидириб туширилади. Деворга ёпишаётган полимер катлами термик каршилик бўлиб, реакция иссиклигини ажратиб олишга халакит беради. Автоклав 2 га паст температурали инициатор қўшилади. Бу турдаги инициатор полимернинг молекуляр массасини ростловчи ва термомўътадиллагич вазифасини бажаради. Жараён -10 дан -20°С температурада 65...70% ли конверсияга эришгунга кадар олиб борилади.

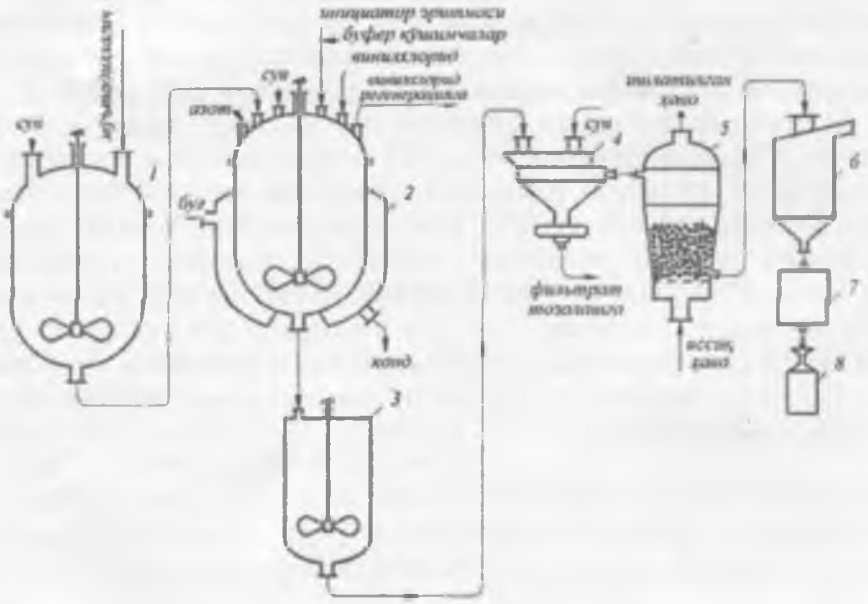


3.17-расм. Блокли усулда поливинилхлорид олишнинг технологик схемаси:
1 - автоклав; 2 - айланувчи автоклав, 3 - фильтр, 4 - конденсатор,
5 - тебранма элак; 6 - центрифуга; 7 - куриткич.

Реакцияга киришмаган винилхлорид фильтр 3 ва конденсатор 4 ларда ажратилади, яъни суюлтирилган винилхлорид яна циклга қайтарилади. Кукунсимон агрегат ҳолатидаги полимер автоклав 2 дан тебранма элак 5 ва ундан сўнг иссик сув билан ювиш ҳамда центрифугалаш учун қурилма 6 га ҳайдалади. Намсизлантирилган полимер қуритиш учун қуриткич 7 га узатилади.

Поливинилхлорид олиш учун узлуксиз жараён ҳам яратилган ва унда мономер ҳамда эритилган инициатор узлуксиз равишда айланаётган автоклавга ҳайдалади. Ҳосил бўлган полимер, винилхлорид ажратилганда даврий равишда тўкиб олинади.

Суспензияли усулда поливинилхлорид олиш. Винилхлоридни суспензияли полимерлаш энг кенг таркалган усуллардан биридир, чунки олинаётган полимер тозалиги юкори ва жараённи ростлаш осон. Даврий усулда суспензияли полимерлаб поливинилхлорид ишлаб чикаришнинг технологик схемаси 3.18-расмда тасвирланган.



3.18-расм. Суспензияли усулда поливинилхлорид олишнинг технологик схемаси:
1 - аралаштиргич; 2 - полимеризатор; 3- йиғгич; 4 - центрифуга; 5 - куриткич;
6 - бункер-циклон; 7 - майдалаш бўлими; 8 - қоплаш машинаси.

Аралаштиргич 1 дан полимеризатор 2 га минералсизлантирилган сув, мўътадиллагичнинг сувли эритмаси, мономердаги инициаторнинг эритмаси, ***pH*** ни ростлагичлар солинади ва азот билан пуфланади.

Суспензияни мўътадилловчи модда сифатида метилцеллюлоза ёки винил спирт полимерлари, ***pH*** ни ростловчилари килиб натрий фосфат ва карбонатларни, инициатор сифатида эса – перекисларнинг мономердаги эритмаларини олиш мумкин.

Реактор-полимеризатор 2 нинг ҳажми 15…40 м^3, кислота бардош пўлатдан ясалган бўлиб, ташкариси ғилоф билан ўралган. Ундан ташкари, реакцион массани кориштириш учун ичига аралаштиргич ўрнатилган. Полимерлаш жараёни босим 0,5...1,4 МПа ва температура 30...70°С да 8...14 соат давомида ўтказилади. Мономер конверсияси 80...90%. Полимерлаш жараёнининг якунлангани автоклавдаги босим ***P***=0,3...0,35 МПа га тушганидан маълум бўлади. Реакцияга киришмаган винилхлорид вакуум остида чикариб олинади ва тозалангандан сўнг циклга қайтарилади. Ҳосил бўлган суспензия йиғгич 3 га тўкилади ва аввал олинган бошка суспензиялар билан қўшиб аралаштирилади. Бундан максад – полимер бир жинслилигини оширишдир. Сўнг, суспензия намсизлантириш ва

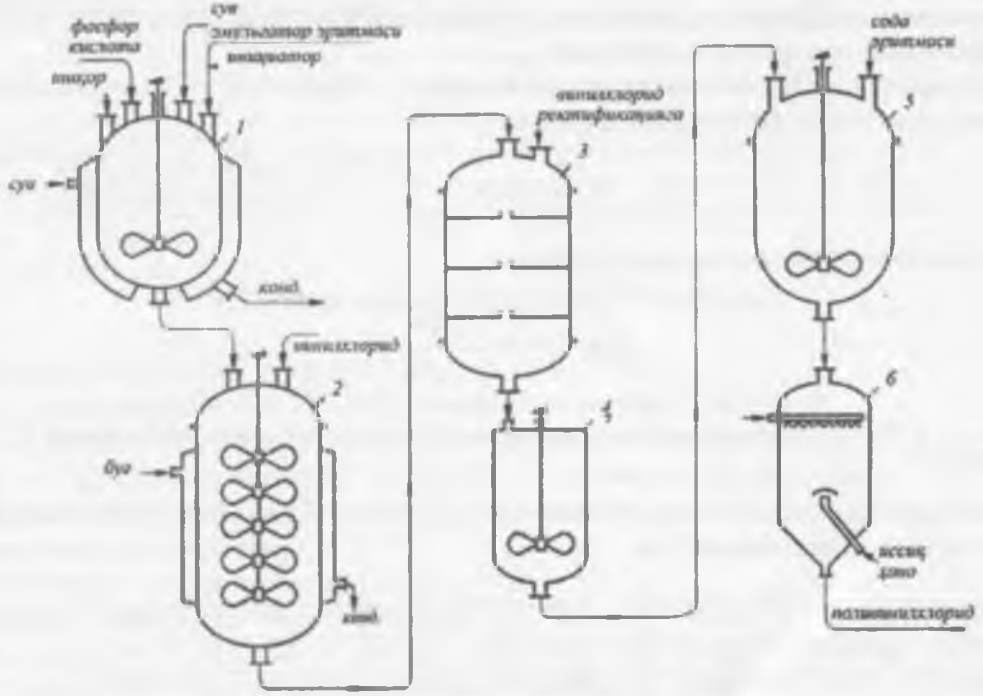
сув билан ювиш учун центрифугага узатилади ҳамда ундан кейин 100...120°С ли иссик ҳавода қуритиш учун қуриткич 5 га юборилади. Қолдик намлик 0,5% ва ундан кичик намликкача қуритилган поливинилхлорид бункер-циклон 6 га узатилади ҳамда ундан чиккан маҳсулот майдаланади ва сараланади. Тайёр маҳсулот қурилма 8 да копланади.

Эмульсияли усулда поливинилхлорид олиш. Ушбу усулда поливинилхлорид даврий ва узлуксиз усулларда ишлаб чикарилади. Албатта, бу нисбатан илғор узлуксиз усул бўлиб, қуйидаги: сувли фазани тайёрлаш, полимерлаш, дегазация, мўътадиллаш ва қуритиш каби боскичлардан иборат.

Эмульсияли усулда поливинилхлорид олишда пероксидли сувда эрувчан инициатор (водород пероксиди ёки калий персульфати ва ионогенли эмульгатор, масалан, некал) лар ишлатилади. Жараён давомида ***pH*** ни ростлаш учун фосфор кислота ва ишкор солинади.

Аралаштиргич 1 га минералсизлантирилган сув, эмульгаторнинг сувли эритмаси, фосфор кислота, ишкор ва инициатор юкланади (3.19-расм).

Аралашган суюк фаза ва винилхлорид полимеризатор 2 га ҳайдалади. Реактор-полимеризатор 2 нинг ҳажми 15...30 м^3, цилиндр шаклли, кислота бардош пўлатдан ясалган, ташкариси ғилоф билан ўралган ва ичига аралаштиргич ўрнатилган.



3.19-расм. Эмульсияли усулда поливинилхлорид олишнинг технологик схемаси:
1 - аралаштиргич; 2 - полимеризатор; 3- дегазатор; 4 - йиғгич;
5 - мўътадилловчи курилма; 6 - пурковчи куриткич.

Полимерлаш жараёни босим 0,5...0,8 МПа ва температура 40...60°С да ўтказилади. Мономер конверсияси ~90%. Таркибида 40% полимер бўлган латекс дегазатор 3 га узатилади, унда вакуум остида реакцияга киришмаган винилхлориддан ажратилади ва ректификациядан сўнг циклга қайтарилади. Дегазатор 3 дан латекс йиғгич 4 га оқиб тушади ва ундан соданинг сувли эритмасида мўътадиллаш курилма 5 га ўтказилади. Сўнг, латекс пурковчи куриткич 6 га юборилади ва 160°С ли иссик ҳаво ёрдамида куритилади. Қолдик намлик 0,4% гача куритилган кукунсимон полимер элашга ва коплашга узатилади.

Эмульсияли усул камчиликлари: полимер эмульгатор колдиклари билан ифлослаиган; диэлектрик хоссалари паст.

3.10.2. Поливинилхлорид хоссалари

Винилли полимерлар ичида энг кўп ишлатиладиган полимер – бу поливинилхлориддир.

Поливинилхлорид – каттик полимер. Уни пластификациялаш учун фталли кислота эфирлари, диоктилсебацинат ва бошкалар кенг кўламда кўлланади. Поливинилхлорид асосида пластмассалар икки хил усулда олинади:

1. Пластификация усули – бу поливинилхлоридни пластификатор билан бириктириш;

2. Термик пластикациялаш усули – бу поливинилхлоридни пластификатор билан кўшиб, аралаштириш ва кисман эритиб бириктириш жараёни оркали полимерга пластик хоссалар бериш.

Биринчи усулда юмшок, эгилувчан материаллар-пластикатлар, иккинчи усулда эса каттик материал - винипластлар олинади.

Поливинилхлорид молекуляр массаси одатда, Фикентчер константаси K_ϕ билан ифодаланади ва ушбу формуладан топилади:

$$K_\phi = 1000k \tag{3.31}$$

бу ерда k – коэффициенти куйидаги тенгламадан аникланади:

$$\lg \frac{\mu_{отн}}{C} = \frac{75k^2}{1+1{,}5kC} + k \tag{3.32}$$

бу ерда $\mu_{отн}$ – 25°С да поливинилхлориддаги циклогексанон эритмасининг нисбий ковушкоклиги, С – эритма концентрацияси

Келтирилган ковушкоклик, Фикентчер константаси K_ϕ ва молекуляр масса $\bar{M}_n$ лар ўзаро куйидагича богликликка эга.

1.	$\mu_{отн}$	1,80	1,98	2,20	2,44	2,70
2.	K_ϕ	55	60	65	70	75
3.	$\bar{M}_n$	50000	65000	80000	90000	100000

Поливинилхлориднинг кристаллик даражаси 10% дан ошмайди, шу сабабли уни аморф полимер деб ҳисобланади. Таркибида хлор кўп бўлгани учун алангадан чикарилган поливинилхлорид тезда ўчади, лекин 140°С температурада хлорли водород ва занжирда кўшалок боглар хосил килиб парчаланади.

Поливинилхлориднинг физик-кимёвий хоссалари 3.13-жадвалда берилган.

Поливинилхлориднинг физик-кимёвий хоссалари

3.13-жадвал

№	Кўрсаткич	Сон киймати
1.	Зичлик, кг/м^3	
	каттик	1300...1580
	пластификацияланган	1160...1350

2.	Парчаланиш температураси, °С	140...170
3.	Шишаланиш температураси (каттик), °С	85
4.	Зарба мустаҳкамлиги (каттик), МПа	2,8...13,820
5.	Чўзилишда мустаҳкамлик чегараси, МПа	
	каттик	6...7,5
	пластификацияланган	1,5...3,5
6.	Иссикликдан кенгайиш коэффициенти, 1/К	$(6,6...7,3)\cdot10^{-5}$
7	Узилишда нисбий чўзилиш, %	
	каттик	2...80
	пластификацияланган	200...450
8	Чузилишда эластиклик модули (каттик), МПа	2412...6893
9	Солиштирма иссиклик сигим, Ж/кг·К	1340...2140
10	Синиш кўрсаткичи (Na чизиги)	1,54
11	Диэлектрик доимийси (25°С ва 1 к Гц да)	
	каттик	3,3
	пластификацияланган	2...8
12.	Молекуляр масса	30000...150000
13	Сув ютиш (24 сутқада), %	0,4...0,6
14	Иссиклик ўтказувчанлик коэффициенти. Вт/м·К	0,162
15	Мустаҳкамлик чегараси, МПа	
	сикишда	78...80
	чўзишда	50...60
	эгилишда	80...120
16	Бринелл бўйича каттиклиги, МПа	150...160
17.	Зарбали ковушкоклик, кЖ/м^2	100...175

3.11. Полимерларнинг турли хоссалари

Полимерларнинг асосий турлари:
– паст босимли полиэтилен (ПЭНД) ёки юкори зичликли полиэтилен;
– юкори босимли полиэтилен (ПЭВД) ёки паст зичликли полиэтилен;
– ўртача босимли полиэтилен (ПЭСД) ёки ўртача зичликли полиэтилен;
– тикилган полиэтилен (РЕХ);
– кўпиртирилган полиэтилен;
– хлорсулфирланган полиэтилен (ХСП);
– ўта юкори молекулали полиэтилен (СВМП).

Паст босимли полиэтилен юкори босимли полимерга караганда юмшаш температураси ва мўртлиги юкори. Паст босимли полиэтилен намликни ўтказмайди, ёғ ва мойларга бардошли, атроф-муҳитга заҳарли моддалар чикармайди, инсон организми учун хавфсиз. У билан ишлаганда алоҳида эҳтиёркорлик чораларини кўриш талаб этилмайди. Паст босимли полиэтилен юкори температураларга, турли мойларга ва кимёвий моддалар таъсирига юкори босимли полиэтиленга нисбатан бардошли, лекин буғ ва сувга чидамлилиги пастрок.

Полиэтиленнинг физик ва кимёвий хоссалари

3.14-жадвал

№	Физик хоссалар	Кимёвий хоссалар
1.	Диэлектрик	Ишкорларда эримайди
2.	Зарбага бардош	Кислоталарга нисбатан нейтрал
3.	Газ-буг ўтказувчанлиги паст	Кислоталарда эримайди
4.	Енгил эрувчан	Азот кислотада, газсимон ва суюк фтор хамда хлорларда парчаланади
5.	Вакуумда киздиришга бардошли	Спиртлар таъсирига чидамли

6.	Совукка чидамли (-70°С)	Хлорлаш, фторлаш, бромлаш полиэтиленга каучуксимон хоссалар беради, кимёвий ва иссиқлик бардошлигини оширади
7.	Ультрабинафша нурлар таъсирида кизиганда деструкцияга мойил	Органик суюкликларда бўкади
8.	Ҳидсиз	Бошка полиолефинлар ёки кутбланган мономерлар билан сополимерлаш унинг тиниклигини, эластиклигини, адгезион характеристикаларни ва дарз кетишга бардошлигини оширади
9.	Адгезияга мойиллиги юкори бўлгани учун композит материаллар хосил килишда қўлланилади	
10.	Тезда эскиради, лекин махсус қўшимча (амин, фенол, газли коракуя) лар ёрдамида муддатни кўпайтириш мумкин	

Юкори босимли полиэтилен тузилишининг ўзига хослиги шундаки, унинг зичлиги паст, калта ва узун тармоклар сони жуда кўп бўлиб, улар макромолекулаларга кристаллик тузилиш хосил килишга йўл қўймайди. Мономерлар орасидаги боғлар суст. Бундай полимерларинг узилишга каршилиги кичик ва пластиклиги ҳамда эритмада оқувчанлик юкори. Нисбатан юмшок ва эгилувчан полимер.

Юкори босимли полиэтилен экструзия усулида қайта ишланади. Бу усулда олинган пардалар паст температураларда, сиқишда ва чўзишда ҳам етарли даражада мустаҳкам. Ундан ташкари, зарба ва торткилашга чидамли. Юкори босимли полиэтиленнинг юмшаш температураси ~ 100°С. Бу турдаги полимерлар атроф-муҳитга заҳарли моддалар таркатмайди ва инсон организми учун хавфсиз.

Ўртача босимли полиэтиленнинг зарба ва синдиришларга чидамлилиги яхши, кам тирналади. ва дарз кетмайди. Бу турдаги полимер хоссалари паст босимли полиэтиленникига ўхшайди.

Айрим полимерларнинг хоссалари

3.15-жадвал

№	Кўрсаткич	Полиэтилен	ПВХ (юмшок)	ПВХ (каттик)	Полипропилен	Полистирол	Полиуретан	Полиамид-6	АВС
1.	Узилишдаги мустаҳкамлик чегараси, МН/м^2	24	16	60	32	55	55	55	50
2.	Эгилишдаги мустаҳкамлик чегараси, МН/м^2	37	-	-	44	35	-	27	-
3.	Узилишда нисбий чўзилиш, %	350	400	40	350	30	30	250	3
4.	Эластиклик коэффициенти, МН/м^2	1000	20	3000	1300	2500	2500	950	2500
5.	Зарбали ковушкоклик, кЖ/м^2	3	-	30	6,5	6,5	6,5	35	12
6.	Максимал ишчи температура, °С	80	80	80	110	81	81	120	80
7.	Солиштирма каршилик, Ом·см	10^{15}	10^{10}	10^{17}	10^{16}	10^{16}	10^{16}	10^{13}	10^{14}
8.	Диэлектрик йўкотишлар тангенс бурчаги, Гц	0,001	0,1	0,1	0,0005	0,0004	0,0004	0,2	0,015
9.	Электр мустаҳкамлик, В·м	53	30	32	80	>40	>40	35	85
10.	Пўлат бўйича ишкаланиш коэффициенти	0,25 0,3	-	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,5
11.	Чизикли кенгайиш коэффициенти, 10^{-6}/°С	200	70	-	160	90	-	85	-

Тикилган полиэтиленнинг молекуляр массаси катта, паст босимли полиэтилендан унинг чизикли молекуласини ионлаштирувчи нурланиш ёки органсилоксан ёки

пероксидлар ёрдамида тикиб макромолекулалар кўндаланг боғлари ҳосил қилинади. Юкори босимда тикилганда, қўшимча кўндаланг боғлар ҳосил қилади. Тикилган полиэтилен мустаҳкам ва иссикликка чидамли бўлиб, қиздирилганда окмайди. Ушбу полимер сув таъминоти, труба қувурлари ва иссиқ сув системаларида қўлланилади.

Кўпиртирилган полиэтилен ишлаб чикариш учун реакцион масса (бутан+пропан) га юкори босимда ишлов берилганда, кўпириш ҳодисаси юзага келади. Бу материалнинг энг асосий хоссаси – унинг иссиклик ўтказувчанлик коэффициентининг кичиклигидир. Шунинг учун, кўпиртирилган полиэтилен иншоот, бино, қурилма ва труба қувурларига иссиклик қопламаси сифатида ишлатилади. Унга турли қўшимчалар киритиб, унинг хоссаларини ўзгартириш мумкин. Ҳар доим суюқлик билан таъсирда бўлган юзаларни ҳимоялаш, юкори товушларни ютиш, материалларнинг ёнувчанлигини пасайтириш учун ушбу полимер кўллаш максадга мувофик. Ундан ташқари, кўпиртирилган полиэтилен эластик, едиришга чидамли ва узок муддат давомида хизмат қилади. Ҳар хил ҳашарот ва кемирувчилар, замбуруғлар унга зарар етказа олмайди. Маҳсулотнинг айрим турлари -60 дан +180°С температура оралигида бенуксон эксплуатация килиниши мумкин. Исталган материал (полимер пардалар, лавсан, коғоз) лар билан ламинация килинади. Ушбу полимер 0,5 дан 20 мм калинликда ишлаб чикарилади. Асосан, турли конструкцияларда иссиклик йўкотилишларни камайтиришда кенг кўламда қўлланилади. Масалан, бир томонлама фольга билан ўралган кўпиртирилган полиэтилен радиатор оркасидаги деворга ўрнатилганда, радиатор самарадорлиги 33% га ортади.

Хлорсулфирланган полиэтилен хлорнинг олтингугурт ангидриди билан ўзаро таъсирида ҳосил бўлган каучуксимон полиэтилендир. Ушбу полимер хлорли углеводород ва ароматик эритувчи (ксилол, толуол) ларда яхши, ацетонда ёмон, алифатик углеводородларда умуман эримайди. Чумоли кислота, ароматик ва хлорли углеводородлар таъсиридан парчаланади. Хлорсулфирланган полиэтилен едирилишга ва коррозияга чидамли материаллар, елим ва герметиклар олишда қўлланилади. Ундан ташкари, атмосфера таъсирига ва коррозияга чидамли лок ҳамда бўёқлар ишлаб чикаришда қўлланилади.

Ўта юкори молекулали полиэтилен – бу мустаҳкамлиги юкори экстремал шароитлар учун мос келадиган полимер. Одатда, у паст босим остида олинади ва полимерланиш даражаси жуда катта. Ушбу полимернинг афзалликлари: совуқлик, зарба ва коррозияга чидамли, абразив таъсирга бардошли, ишкаланиш коэффициенти кичик, физиологик жиҳатдан инерт. Ўта юкори молекулали полиэтилен мустаҳкамлиги юкори иплар ҳосил қилади ва улар ўта мустаҳкам толалар, зарба, мой ва бензинга чидамли резинотехник композицон материаллар, ҳимояловчи полимер копламалар ишлаб чикаришда ишлатилади. Бу материаллардан ясалган буюм ва маҳсулотларнинг хизмат қилиш муддати аввалгиларига караганда 2 маротаба кўп. Ўта юкори молекулали полиэтилендан зарба юкламасида ишлайдиган конструкциялар элемент ва деталлари, кимё ва озик-овкат саноати учун фильтр, мато ва ип ҳамда спорт анжомлари ясалади.

Полипропилен – бу ишлаб чикарилиш ҳажми бўйича иккинчи ўринда турадиган полиолефинлар гуруҳидаги чизикли термопластдир. Бу полимернинг энг муҳим шакли – изотактик полипропилендир. Бу полимернинг тузилишида мономер бирликлар «бошидумига» шаклида кайтарилади, метил гуруҳларнинг ҳаммаси полимер занжирининг бир томонида жойлашади. Шишаланиш температураси 0°С бўлгани учун, бундан паст температураларда полимер мўртдир. Мавжуд полимерлар ичида полипропилен энг енгилидир. Унинг органик эритувчаларга нисбатан чидамлилиги жуда юкори, иссикликка бардош ва оқувчанлиги паст. Полипропилен экструзия усулида олинади, ундан ип ва толалар ишлаб чикарилади. Ундан гилам, девор қопламалари, автомобиль интерьерининг айрим деталлари, кабелларга қоплама, труба ва ҳимояловчи қопламалар ишлаб чикаришда ишлатилади.

Полистирол – бу нисбатан арзон каттик полимер. Ушбу полимер аморф бўлиб, занжирлари юкори даражада тармокланган.

Полистиролнинг физик-кимёвий хоссалари 3.16-жадвалда берилган.

Полистиролнинг физик-механик ва диэлектрик хоссалари

3.16-жадвал

№	Кўрсаткич	Полистирол блокли	Полистирол эмульсияли	Полистирол суспензияли	Полистирол зарбага чидамли
1	Зичлик , кг/м^3	1050...1080	1080...1100	1050...1080	1060
2	Ҳавода юмшаш температураси (Вик бўйича), °С	82	90...95	82	85...95
3	Чўзилишдаги узилиш кучланиши, МПа	37...42	40...45	45	1825
4	Сув ютиши (30 суткада), %	0,02	0,03	0,02	0,05
5	Диэлектрик йўкотишлар тангенс бурчаги (10^6 Гц да)	$(3...4)\cdot10^{-4}$	$(2...3)\cdot10^{-4}$	$(4...9)\cdot10^{-4}$	$(3...8)\cdot10^{-4}$
6	Зарбали ковушкоклик, кЖ/м^2	20...22	22	20...30	40...50
7	Бринелл бўйича мустаҳкамлик, МПа	140...150	140...150	140...160	120...150
8	Узилишда нисбий чўзилиш, %	1,5...3,0	1,5...3,0	1,5...3,0	12...35
9	Солиштирма электр каршилик, Ом·см				
	юзавий	10^{16}	10^{16}	10^{16}	10^{15}
	ҳажмий	10^{15}	10^{15}	10^{15}	10^{14}

Энг асосий камчиликлари: мўрт, ультрабинафша нурлар таъсирида нотурғун ва ёнувчан. Полистиролни қайта ишлашнинг асосий усулларидан бири босим остида куйиш ва иккинчиси экструзия. Полистирол лист ва блоклар кўринишида электр кимё саноатида ҳамда оптик линзалар тайёрлашда ишлатилади. Кўпиртирилган полистирол асосан қурилиш саноатида изоляцион коплама ҳамда тез тайёрланадиган маҳсулотларни ўраш учун қўлланилади.

Поливинихлорид – ҳамма винил полимерлар орасида энг кенг кўп ишлатиладиган материал. Ушбу полимер икки хил бўлади: 1) сферик заррачалардан иборат, қисман кристалланадиган материал; 2) аморф заррачалардан иборат материал.

Кимёвий ва иссиклик турғунлиги ҳамда ёруғлик нурига бардошлиги бошқа полимерларга нисбатан паст. Температура ўсиши билан деструкция жадаллашади ва паст температураларда мўрт бўлиб колади. 200...300°С температурада деструкция пайтида HCl ажралиб чикади. Ушбу полимердан трубалар, фитинглар, ойна ва эшик ромлари, кийим, изоляцион копламалар, автомобиль деталлари ҳамда турли копламалар тайёрланади. Поливинилхлоридни қайта ишлаш кимёвий ёки механик ишлов бериб амалга оширилиши мумкин. Лекин турли хилдаги поливинилхлорид таркибида хилма-хил кимёвий моддалар борлиги қайта ишлашда маълум кийинчиликлар туғдиради.

Политетрафторэтилен (фторопласт-4, фторлон-4) тетрафторэтиленни полимерлаб олинадиган полимер. Кристаллик фаза ~ 90%, 327°С гача киздирилганда эрийди ва полимер аморф ҳолатга ўтади. Агар совутилса, яна кристалл агрегат ҳолатига келади.

Политетрафторэтиленнинг физик-механик хоссалари 3.17-жадвалда берилган.

Политетрафторэтиленнинг физик-механик хоссалари

3.17-жадвал

№	Кўрсаткич	Фторопласт - 4	Фторопласт - 3
1.	Зичлик , кг/м^3	2150...2240	2090...2160
2.	Кристалларнинг эриш температураси, °С	327	210
3.	Тобланмаган намуна бузулиш кучланиши, МПа		
	сикишда	10...12	55...60

	эгилишда	14...18	60...80
4.	Узилишдаги нисбий чўзилиш, %	250...500	20...40
5.	Зарбали қовушқоқлик, кЖ/м^2	100	20...160
6.	Бринелл бўйича каттиклик, МПа	30...40	100...130
7.	Эксплуатация температураси, °С	-269...+260	-195...+130
8.	Диэлектрик йўқотишлар тангенс бурчаги (10^6 Гц)	0,0002	0,01
8.	Юзавий солиштирма электр каршилик, Ом	10^{19}	10^{16}
9.	Ҳажмий солиштирма электр каршилик, Ом·см	$10^{15}...10^{18}$	$10^{14.5}...10^{15}$
10.	Электр мустаҳкамлик (намуна 4 мм), МВ/м	25...27	15
11.	Молекуляр масса	140000...500000	

Политетрафторэтиленнинг молекуляр массаси <10000000 ва унинг кимёвий бардошлиги ҳамма синтетик материаллар, махсус қотишмалар, керамика, олтин ҳамда платиналарникидан жуда юқори. Барча суюлтирилган ва концентрланган кислоталар, шу жумладан, «царская водка», эритилган ишқорлар ҳамда оксидлар, ҳаттоки юқори температураларда ҳам политетрафторэтиленга таъсир этмайди. Фақат ишқорий металлар, учфторли хлор ва фтор баъзи бир таъсирни жуда юқори температураларда ўтказа олади.

Ушбу полимер ҳеч қайси эритувчи ёки пластификаторларда эримайди, бундан фақат фторланган керосин истисно.

Политетрафторэтиленнинг камчиликлари: қайта ишлаш қийин; совуқ оқувчан; каттиклиги кичик.

Диэлектрик хоссалари яхши бўлгани учун юқори ва ультра юқори частотали қурилма ва кабелларни ҳамда электрон асбобларга босма платоларни ясашда кенг кўламда ишлатилади. Фторопласт копламали сим ва кабеллар электр мотор, трансформатор, радар қурилмалари ҳамда назорат-ўлчов асбобларда ишлатилади.

Кимё саноатида фторопласт-4 трубалар, кистирмалар, салник зичлагичлар, манжет ва бошка зичлаш мосламалари, силфонлар, насос ҳамда фильтр тўсиклар деталларини ясашда қўлланилади. Ишқаланиш коэффициенти миқдорининг кичиклиги фторопласт-4 ни антифрикцион материал сифатида ишлатиш мумкинлигидан далолат беради.

3-боб. Тўйинмаган алифатик углеводородлар полимерлари ва уларнинг ҳосилалари бўйича

Мустақил тайёрланиш ва қайтариш учун саволлар

1. Этилен ва полиэтилен умумий тушунчалари.
2. Полиэтиленни олиш учун хом-ашё ва кимёвий реакциясини келтиринг.
3. Абсорбцион – ректификацион усулда этилен олишнинг технологик схемасини чизинг.
4. Юқори босимда полиэтилен олиш технологияларини келтиринг.
5. Инициrлаш жараёни нима?
6. Занжирнинг ўсиши ва узилишига оид кимёвий реакцияларини ёзинг.
7. Паст босимда полиэтилен олиш технологияларни келтиринг.
8. Ўртача босимда полиэтилен олиш технологияларни келтиринг.
9. Полиэтилентерефталат олиш технологиясини таърифлаб беринг.
10. Полиэтилен молекулаларининг тузилиши ва хоссаларини келтиринг.
11. Полипропилен нима? Уни олиш учун хом-ашё ва кимёвий реакция.
12. Полипропиленни олиш технологик схемаларини чизинг.

13. Полиизобутилен молекулаларининг тузилиши ва хоссаларини келтиринг.
14. Полиизобутилен молекулаларининг тузилиши ва хоссаларини келтиринг.
15. Полистирол ва уни ишлаб чикариш учун хом-ашё ҳамда технологик схемаларини келтиринг.
16. Поливинилхлорид кимёвий ва структура формуласини ёзинг.
17. Поливинилхлорид олиш технологик схемаларини келтиринг.

2-кисм. ГАЗЛАРНИ ҚАЙТА ИШЛАШ ЖАРАЁН ВА ҚУРИЛМАЛАРИ

4-боб. СУЮҚЛИКЛАР ҲАРАКАТИ, УЛАРНИ УЗАТИШ ВА СИҚИШ

Суюкликларнинг труба қувурлари ва каналларда оқиши, ҳаракатга келтирувчи куч, яъни босимлар фарқи таъсирида рўй беради. Ушбу куч насос, компрессорлар, айрим ҳолларда суюкликлар зичлиги ёки сатҳининг фарқи ёрдамида ҳосил қилинади.

Маълум миқдордаги суюкликни зарур тезликда узатиш учун босимлар фарқини аниклаш керак. Ундан ташқари, узатиш учун керакли энергия миқдори ёки босимлар фарқи маълум бўлса, суюклик сарфи ва тезлиги топилади. Юқорида кўрсатилганларни амалга ошириш учун гидродинамика конуниятларини билиш даркор.

Гидродинамикада ташқи ва ички масалалар бўлади. Труба ва каналлар ичидаги суюкликнинг ҳаракати – бу гидродинамиканинг ички масаласидир. Турли жисмлар юзасида суюкликнинг ҳаракати – бу гидродинамиканинг ташқи масаласидир.

4.1. Суюклик ҳаракатининг асосий характеристикалари

Суюклик сарфи ва тезлиги. Ўзгармас кўндаланг кесимли трубада суюклик ҳаракатини кўриб чиқамиз.

Вақт бирлигида кўндаланг кесим орқали оқиб ўтаётган суюклик миқдорига ***суюқлик сарфи*** дейилади. Агар суюклик сарфи м^3/с, м^3/соат ўлчов бирликларида ўлчанса - ҳажмий сарф, кг/с, кг/соат ларда ўлчанса – ***массавий сарф*** деб ҳисобланади.

Оқим кўндаланг кесимининг турли нукталарида суюклик заррачаларининг тезлиги бир хил бўлмайди.

Маълумки, труба ўқи атрофида суюклик тезлиги максимал, унинг деворига яқинлашган сари минимал кийматга тенг бўлади. Лекин кўпчилик ҳолларда труба кўндаланг кесими орқали оқиб ўтаётган суюклик тезликларининг таксимланиш конуниятлари номаълум ёки уни аниклаш жуда кийин. Суюкликларнинг ҳакикий тезлигини ўлчаш жуда мураккаб бўлгани учун, муҳандислик ҳисоблашларда заррачалар ўртача тезлиги ишлатилади. Суюклик ҳажмий сарфи V (м^3/с) нинг труба кўндаланг кесим юзаси F (м^2) нисбатига *ўртача тезлик* w (м/с) деб номланади:

$$w = \frac{V}{F} \tag{4.1}$$

Бундан ҳажмий сарф,

$$V = w \cdot F \tag{4.2}$$

Массавий сарф G (кг/с) эса, қуйидаги формуладан аникланади:

$$G = \rho \cdot w \cdot F \tag{4.3}$$

бу ерда ρ – суюклик зичлиги, кг/м^3

Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, юқорида келтирилган формулалар исталган шаклдаги кўндаланг кесимли каналлар учун ҳам тўғри келади.

Гидравлик радиус ва эквивалент диаметр. Думалоқ бўлмаган, исталган шаклдаги кўндаланг кесимли трубалардан суюклик оқиб ўтганда, асосий чизикли ўлчам сифатида гидравлик радиус ёки эквивалент диаметри қабул қилинади.

Труба ёки канал ичида ҳаракат қилаётган оқим кўндаланг кесим юзасининг пери-

метрига нисбати *гидравлик радиус* $r_г$ (м) деб номланади:

$$r_г = \frac{F}{П} \tag{4.4}$$

бу ерда F – суюклик оқими кўндаланг кесим юзаси, м^2, $П$ – ҳўлланган периметр, м

Ички диаметри d, кўндаланг кесим юзаси $F = \pi \cdot d^2/4$ ва ҳўлланган периметри $П = \pi \cdot d$ бўлган думалоқ труба учун гидравлик радиус ушбу формуладан топилади:

$$r_г = \frac{F}{П} = \frac{\pi \cdot d^2/4}{\pi d} = \frac{d}{4} \tag{4.5}$$

Гидравлик радиус оркали ифодаланган *эквивалент диаметр* қуйидаги кўринишга эга.

$$d = d_э = 4r_г$$

Агар (4.4) тенгламани инобатга олсак,

$$d_э = \frac{4 \cdot F}{П} \tag{4.6}$$

Томонлари a ва $в$ бўлган тўртбурчак кўндаланг кесимли суюклик билан тўлдирилган каналлар учун гидравлик радиус ушбу тенгламадан аникланади:

$$r_г = \frac{F}{П} = \frac{a \cdot в}{2a + 2в} = \frac{a \cdot в}{2 \cdot (a + в)} \tag{4.7}$$

эквивалент диаметр эса

$$d_э = 4r_г = \frac{4 \cdot a \cdot в}{2 \cdot (a + в)} = \frac{2 \cdot a \cdot в}{a + в} \tag{4.8}$$

Ички диаметри $d_и$ ва ташки диаметри $d_т$ бўлган иккита трубалар ҳосил килган ҳалқасимон трубалараро бўшликнинг кўндаланг кесим юзаси учун эквивалент диаметр қуйидаги тенгламадан аниклаш мумкин:

$$d_э = \frac{4 \cdot F}{П} = \frac{4 \cdot \left(\frac{\pi \cdot d_т^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_и^2}{4} \right)}{\pi \cdot d_т + \pi \cdot d_и} = \frac{d_т^2 - d_и^2}{d_т + d_и} = d_т - d_и \tag{4.9}$$

Думалоқ труба учун $d_э = d$.

Турғун ва турғунмас (нотурғун) оқимлар. Суюклик ҳаракат конуниятларига караб турғун ва нотурғун оқимлар бўлади.

Суюклик оқимининг турғун ҳаракати даврида вакт ўтиши билан суюклик заррачаларининг тезлиги ва бошқа омиллар (босим, зичлик, температура ва ҳоказолар) ўзгармайди ($dw/d\tau = o$, $dp/d\tau = o$ ва ҳоказо), лекин оқимда кузатилаётган нукта ҳолатига боғлик:

$$w = f_1(x, y, z); \quad p = f_2(x, y, z); \quad h = f_3(x, y, z) \tag{4.10}$$

бу ерда w – суюклик тезлиги, p – босим, h – оқим чукурлиги.

Турғунмас ҳаракат даврида тезлик, босим ва оқим чукурлиги координата ва вактга боғлик бўлади:

$$w = f_1(x, y, z, \tau); \quad p = f_2(x, y, z, \tau); \quad h = f_3(x, y, z, \tau)$$

Оқимларнинг турғун ҳаракати узлуксиз, нотурғун эса даврий жараёнлар учун характерлидир.

Турғун ҳаракат икки хил бўлади: текис ва нотекис.

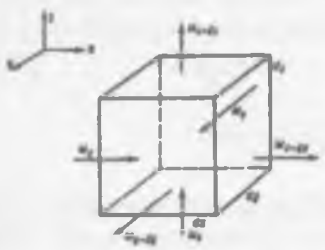
Оқим узунлиги бўйича унинг тезлиги, босими, чуқурлиги ва шакли ўзгармаса, суюкликнинг ҳаракати текис, лекин буларнинг акси бўлса – нотекис ҳаракати содир бўлади.

Оқим ўртасида (ўқида) суюқлик ҳаракатининг тезлиги максимал, девор атрофидаги оқимчаларда эса минимал бўлади. Оқимда тезликлар таксимланиши суюқлик ҳаракат режимларига боғлик.

4.2. Оқимнинг узлуксизлик тенгламаси

Узлуксиз ҳаракат қилаётган шароитда суюқлик оқимидаги тезликлар орасидаги боғликликни кўриб чикамиз.

Бунинг учун оқимдан ҳажми $dV = dx,dy,dz$ бўлган элементар параллелепипедни ажратиб оламиз (4.1-расм).



4.1-расм. Суюқлик оқимининг узлуксизлик тенгламасини келтириб чикаришга оид.

x ўки бўйлаб ҳаракат тезлигининг ташкил қилган w_x деб белгилаймиз. Унда, параллелепипеднинг $dy \cdot dz$ чап томонидан чексиз киска вакт ичида унга қуйидаги миқдорда суюқлик киради:

$$M_x = \rho w_x \cdot dy \cdot dz \cdot d\tau \qquad (4.11)$$

бу ерда, ρ – суюқлик зичлиги.

Суюқлик умуман сиқилмайди деган тахминни кабул қиламиз. Унда, суюқлик зичлиги ρ ўзгармас бўлади.

Параллелепипеднинг карама-карши томонида суюкликнинг тезлиги $\frac{\partial w_x}{\partial x} \cdot dx$ кийматга фарқ қилади ва қуйидагига тенг бўлади:

$$w_x + \frac{\partial w_x}{\partial x} \cdot dx$$

Ўнг томондан $d\tau$ вакт ичида оқиб чиккан суюқлик миқдори қуйидагига тенг:

$$M_{x+dx} = \rho\left(w_x + \frac{\partial w_x}{\partial x} \cdot dx\right) \cdot dy \cdot dz \cdot d\tau$$

Параллелепипедда ортиб бораётган масса миқдори

$$dM_x = M_x - M_{x+dx} = -\rho \frac{\partial w_x}{\partial x} \cdot dx \cdot dy \cdot dz \cdot d\tau$$

га тенг бўлади.

y ва z ўклари бўйлаб, суюқлик массасининг ўзгариши қуйидагига тенг бўлади:

$$dM_y = -\rho \frac{\partial w_y}{\partial y} \cdot dy \cdot dx \cdot dz \cdot d\tau$$

$$dM_z = -\rho \frac{\partial w_z}{\partial z} \cdot dz \cdot dx \cdot dy \cdot d\tau \qquad (4.12)$$

Параллелепипедда $d\tau$ вакт бирлиги ичида суюклик массаси умумий миқдорининг ўзгариши координата ўқлари бўйлаб, унинг ўзгаришлари йиғиндисига тенг:

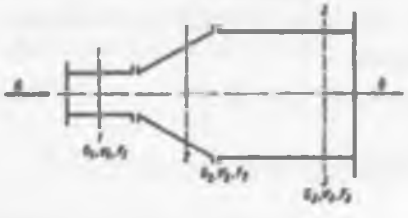
$$dM = dM_x + dM_y + dM_z = -\rho \cdot \left(\frac{\partial w_x}{\partial x} + \frac{\partial w_y}{\partial y} + \frac{\partial w_z}{\partial z} \right) \cdot dx \cdot dy \cdot dz \cdot d\tau$$

Агар $\rho = const$ бўлганда, параллелепипед ичидаги суюклик массаси ўзгармас бўлиши керак. Демак, массанинг умумий ўзгариши $dM=0$ ёки

$$\frac{\partial w_x}{\partial x} + \frac{\partial w_y}{\partial y} + \frac{\partial w_z}{\partial z} = 0 \qquad (4.13)$$

ёки $divw=0$, бу ерда $\frac{\partial w_x}{\partial x}, \frac{\partial w_y}{\partial y}, \frac{\partial w_z}{\partial z} - x, y, z$ ўқлари йўналишида тезликларнинг ўзгариши. Ушбу тенглама сиқилмайдиган суюклик оқими узлуксизлигининг дифференциал тенгламаси.

(4.13) тенгламани интеграллагандан кейин, суюкликнинг турғун ҳаракати пайтида труба қувурининг ҳар бир кўндаланг кесимидан вакт бирлигида бир хил миқдорда суюклик оқиб ўтади (4.2-расм).



4.2-расм. Суюклик оқимининг узлуксизлик тенгламасини келтириб чиқаришга оид.

$$G_1 = G_2 = G_3 = ... = const \qquad (4.14)$$

бу ерда, G – массавий сарф, кг/с, $G = \rho w F$.

Томчили, сиқилмайдиган суюкликлар учун $\rho = const$ бўлгани учун (4.14) тенглама ушбу кўринишни олади:

$$w_1 F_1 = w_2 F_2 = w_3 F_3 = const \qquad (4.15)$$

(4.15) тенгламадан кўриниб турибдики, томчили суюклик ҳаракатининг тезлиги трубанинг кўндаланг кесим юзасига тескари пропорционалдир:

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{F_2}{F_1}$$

Шундай қилиб, (4.15) тенглама масса сақланиш қонунининг хусусий ҳоли бўлиб, суюклик оқимининг моддий балансини ифодалайди.

Агар суюклик таркибида ҳаво ёки сув буги, ёки ҳаво бўшлиқлари пайдо бўлса, оким узлуксизлиги бузилади.

4.3. Суюклик ҳаракатининг Эйлер дифференциал тенгламаси

Окимнинг исталган нуқтасида суюклик ҳаракатининг тезлиги ва босим орасидаги боғлиқликни Л. Эйлернинг ҳаракат тенгламаси ёрдамида ифодалаш мумкин.

Ушбу тенгламани келтириб чиқариш учун турғун ҳаракат қилаётган идеал суюклик окимидан $dV=dxdydz$ ҳажмли элементар параллелепипед ажратиб оламиз (4.1-расм).

Параллелепипедга таъсир этувчи оғирлик ва босим кучларининг координат ўқларидаги проекциялари қуйидагича бўлади:

x ўкига $\quad -\frac{\partial p}{\partial x}dxdydz$

y ўкига $\quad -\frac{\partial p}{\partial y}dxdydz$

z ўкига $\quad -\frac{\partial p}{\partial z}dxdydz$

Динамиканинг асосий принципига биноан, ҳаракатдаги элементар суюклик ҳажмига таъсир этувчи ҳамма кучлар проекцияларининг йиғиндиси суюклик массасини унинг тезланиши кўпайтмасига тенг.

Параллелепипед ҳажмидаги суюклик массаси:

$$dm = \rho dxdydz$$

Агар элементар заррача тезлиги w, унинг тезланиши $dw/d\tau$ бўлса, тезланишнинг координатлар ўкидаги проекциялари қуйидагича бўлади:

$$\frac{dw_x}{d\tau}; \qquad \frac{dw_y}{d\tau}; \qquad \frac{dw_z}{d\tau}.$$

бу ерда, w_x, w_y, w_z – x, y, z ўкларидаги тезликлар.

Координата ўкларига нисбатан тезланишнинг проекциялари $\partial w_x/d\tau$, $\partial w_y/d\tau$ ва $\partial w_z/d\tau$ бўлади.

Суюклик окими турғун ҳаракат қилаётгани сабабли $\partial w_x/d\tau, = 0$; $\partial w_y/d\tau = 0$; $\partial w_z/d\tau = 0$.

Бунда тезликнинг вакт ўтиши билан ўзгариши, фазода олинган нукта тезлигининг ўзгаришини эмас, балки суюклик элементар заррачасининг фазода бир нуктадан иккинчисига ўтганда x, y ва z ўкларга мос келадиган тезлик микдори w_x, w_y ва w_z ларнинг ўзгаришини кўрсатади. Динамиканинг асосий принципига биноан:

$$\rho dxdydz\,\frac{dw_x}{d\tau} = -\frac{\partial p}{\partial x}\,dxdydz$$

$$\rho dxdydz\,\frac{dw_y}{d\tau} = -\frac{\partial p}{\partial y}\,dxdydz$$

$$\rho dxdydz\,\frac{dw_z}{d\tau} = -\left(\rho g + \frac{\partial p}{\partial z}\right)dxdydz$$

Қискартиришлардан сўнг эса, ушбу тенгламалар системасини оламиз:

$$\left.\begin{aligned}\rho\frac{dw_x}{d\tau}&=-\frac{\partial p}{\partial x}\\ \rho\frac{dw_y}{d\tau}&=-\frac{\partial p}{\partial y}\\ \rho\frac{dw_z}{d\tau}&=-\rho g-\frac{\partial p}{\partial z}\end{aligned}\right\} \qquad (4.16)$$

Бу тенгламалар системаси турғун оқимлар учун идеал суюкликлар ҳаракатини ифодаловчи Эйлернинг дифференциал тенгламаси.

4.4. Ҳақиқий суюклик оқими учун Бернулли тенгламаси

Турғун оқимлар учун Эйлернинг дифференциал тенгламалар системасини ечиш гидродинамикада катта аҳамиятга эга ва жуда кўп ишлатиладиган Бернулли тенгламасини олиш имконини беради.

Агар (4.16) тенгламалар системасининг чап ва ўнг томонларини dx, dy, dz ларга кўпайтириб ва суюклик зичлиги ρ га бўлсак, ушбу ифодаларни оламиз:

$$\begin{aligned}\frac{dx}{d\tau}\cdot dw_x&=-\frac{1}{\rho}\cdot\frac{\partial p}{\partial x}dx\\ \frac{dy}{d\tau}\cdot dw_y&=-\frac{1}{\rho}\cdot\frac{\partial p}{\partial y}\cdot dy\\ \frac{dz}{d\tau}\cdot dw_z&=-qdz-\frac{1}{\rho}\cdot\frac{\partial p}{\partial z}\cdot dz\end{aligned} \qquad (4.17)$$

(4.17) тенгламалар системасидаги $dx/d\tau$, $dy/d\tau$ ва $dz/d\tau$ нисбатлар тегишли координата ўкларидаги w_x, w_y ва w_z тезликларнинг ўзгаришини ифодалайди. Ушбу нисбатларни тезлик оркали ифодалаб, ўз ўрнига қўйсак:

$$w_x dw_x + w_y dw_y + w_z dw_z = -gdz - \frac{1}{\rho}\left(\frac{\partial p}{\partial x}dx + \frac{\partial p}{\partial y}dy + \frac{\partial p}{\partial z}dz\right)$$

Тенгламанинг чап томонидаги қўшилувчилар қуйидаги кўринишда ифодаланиши мумкин:

$$w_x dw_x = d\left(\frac{w_x^2}{2}\right); \qquad w_y dw_y = d\left(\frac{w_y^2}{2}\right); \qquad w_z dw_z = d\left(\frac{w_z^2}{2}\right).$$

Уларнинг йигиндиси эса,

$$d\left(\frac{w_x^2}{2}\right)+d\left(\frac{w_y^2}{2}\right)+d\left(\frac{w_z^2}{2}\right)=d\cdot\left(\frac{w_x^2+w_y^2+w_z^2}{2}\right)=d\left(\frac{w^2}{2}\right)$$

бу ерда, $w=|\bar{w}|$ – тезлик векторининг катталиги бўлиб, w_x, w_y ва w_z ўклари учун ўз кийматига эга

Тенгламанинг ўнг томонидаги ифода босимнинг тўла дифференциали dp га тенг. Турғун оқимлар учун босим фазодаги нукта ҳолатига боғлик бўлиб, исталган нукта учун вакт бирлигида ўзгармайди.

Демак,

$$d\left(\frac{w^2}{2}\right) = -\frac{dp}{\rho} - gdz$$

Ушбу тенгламанинг иккала томонини эркин тушиш тезланиши g га бўлсак ва ҳамма ифодаларни чап томонга ўтказсак, қуйидаги кўринишга эга бўламиз:

$$d\cdot\left(\frac{w^2}{2g}\right) + \frac{dp}{\rho g} + dz = 0 \qquad (4.18)$$

Бир жинсли, сиқилмайдиган суюкликлар учун ρ=*const*.

Тенгламадаги дифференциаллар йиғиндисини йиғиндилар дифференциали билан алмаштирилиши мумкин, яъни:

$$d\left(z + \frac{p}{\rho g} + \frac{w^2}{2g}\right) = 0$$

бу ерда

$$z + \frac{p}{\rho\cdot g} + \frac{w^2}{2g} = const \qquad (4.19)$$

Ушбу кўринишдаги ифода идеал суюкликлар учун ***Бернулли тенгламаси*** дейилади. $\left(z + \frac{p}{\rho g} + \frac{w^2}{2g}\right)$ катталикка ***тўлиқ гидродинамик напор*** ёки ***гидродинамик напор*** деб номланади.

Бернулли тенгламасига биноан, идеал суюкликларнинг турғун ҳаракатида геометрик, статик ва динамик напорлар йигиндиси умумий гидродинамик напорга тенг бўлиб, оким бир трубадан иккинчисига ўтганда ҳам ўзгармайди.

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{w_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{w_2^2}{2g} \qquad (4.20)$$

Бернулли тенгламаси ***энергия сақланиш қонуни***нинг хусусий ҳоли бўлиб, ***оқимнинг энергетик балансини характерлайди***. z – нивелир баландлик ёки геометрик напор ($h_г$, *м*) деб аталади ва нукта ҳолатининг солиштирма потенциал энергиясини ифодалайди. $\frac{p}{\rho g}$ – босим напори ёки пьезометрик напор ($h_с$, *м*) деб номланади ва босимнинг солиштирма потенциал энергиясини ифодалайди.

$\left(z + \frac{p}{\rho g}\right)$ йиғинди тўлиқ гидростатик ёки статик напор ($h_{ст}$, *м*) дейилади ва ушбу нуктадаги тўлиқ солиштирма потенциал энергияни ифодалайди. $\frac{w^2}{2g}$ – тезлик ёки динамик напор ($h_д$, *м*) деб номланади ва ушбу нуктадаги солиштирма кинетик энергияни характерлайди. Демак, турғун характердаги суюқлик учун потенциал $\left(z + \frac{p}{\rho g}\right)$ ва кинетик $\left(\frac{w^2}{2g}\right)$ энергиялар йигиндиси оқимнинг исталган кўндаланг кесимида ўзгармас кийматга эга.

Маълумки, ҳакикий (реал) суюкликларда ички ишқаланиш кучлари мавжуд бўлиб, улар труба ёки каналларда ҳаракат килганда, бир кисм напор бу кучни енгишга сарф эти-

лади.

Ҳақиқий суюкликлар учун Бернулли тенгламаси ушбу кўринишда ёзилади:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{w_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{w_2^2}{2g} + h_w \qquad (4.21)$$

ёки

$$h_z + h_c + h_g + h_w = H$$

бу ерда, h_w – ишқаланиш кучини енгиш учун сарфланган напор.

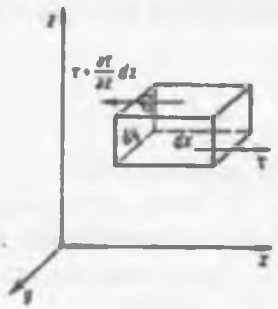
Агар суюклик горизонтал трубада ҳаракат килаётган бўлса, унда геометрик напор нолга тенг бўлади, яъни h_z=0. Унда

$$h_c + h_g + h_w = H \qquad (4.22)$$

Шундай килиб, Бернулли тенгламаси энергия сақланиш қонунининг хусусий ҳоли бўлиб, оқимнинг энергетик балансини ифодалайди.

4.5. Суюклик ҳаракатининг Навье-Стокс дифференциал тенгламаси

Суюклик оқими ҳаракатининг Навье-Стокс дифференциал тенгламаси 1845 йили келтириб чиқарилган.



4.3-расм. Навье-Стокс тенгламасига оид.

Бу тенгламани келтириб чиқариш учун қуйидаги тахминлар қабул қилинади: суюклик сиқилмайди ва кенгаймайди.

Қовушоқ, ҳақиқий (реал) суюкликлар ҳаракатида оқим заррачаларига оғирлик ва гидростатик кучлардан ташқари, ишқаланиш кучлар таъсирини топиш учун ҳаракатдаги ҳақиқий суюклик оқимида чексиз кичик параллелепипед шаклидаги элементар заррача ажратиб оламиз (4.3-расм). Ишқаланиш кучлари параллелепипеднинг устки ва пастки томонлари $dF = dx \cdot dy$ юзаларига уринма бўйлаб, таъсир этмоқда.

Агар параллелепипед пастки томонида уринма бўйлаб кучланиш τ бўлса, устки томонида эса:

$$\tau + \frac{\partial \tau}{\partial z} dz$$

бу ерда $\frac{\partial \tau}{\partial z} dz$ – параллелепипед z ўқидаги пастки томон уринма кучланишининг ўзгаришини ифодалайди.

x ўкига таъсир этувчи ишқаланиш кучларининг проекцияси қуйидагига тенг бўлади:

$$\tau dx dy - \left(\tau + \frac{\partial \tau}{\partial z} dz\right) dx dy = -\frac{\partial \tau}{\partial z} dx dy dz$$

Ушбу тенгламага уринма кучланиши $\tau = \mu \frac{\partial w_x}{\partial z}$ ни қўйсак, қуйидагича кўринишга

эга бўламиз:

$$\mu \frac{\partial\left(\frac{\partial w_x}{\partial z}\right)}{\partial z} dxdydz = \mu \frac{\partial^2 w_x}{\partial z^2} dxdydz$$

Умумий ҳолатда, агар уч ўлчовли оким w_x тезлигининг ташкил этувчиси фақат z ўки йўналишида эмас, балки координатанинг ҳамма уч ўки йўналишида ўзгаради. Унда x ўкига бир хил таъсир этувчи ишқаланиш кучларининг проекцияси ушбу кўринишда бўлади:

$$\mu\left(\frac{\partial^2 w_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w_z}{\partial z^2}\right) dxdydz$$

Координата ўклари бўйлаб иккинчи ҳосилалар йиғиндиси ***Лаплас оператори*** деб номланади:

$$\frac{\partial^2 w_x}{\partial w^2} + \frac{\partial^2 w_y}{\partial y} + \frac{\partial^2 w_z}{\partial z} = \nabla^2 w_x \qquad (4.23)$$

Чексиз кичик элементар параллелепипед шаклидаги заррачага таъсир этувчи оғирлик, гидростатик ва ишқаланиш кучлари проекцияларининг йиғиндиси динамиканинг асосий принципига биноан куйидагига тенг:

$$\left.\begin{aligned} \rho \frac{dw_x}{d\tau} &= -\frac{\partial p}{\partial x} + \mu \nabla^2 w_x \\ \rho \frac{dw_y}{d\tau} &= -\frac{\partial p}{\partial y} + \mu \nabla^2 w_y \\ \rho \frac{dw_z}{d\tau} &= -\rho g - \frac{\partial p}{\partial z} + \mu \nabla^2 w_z \end{aligned}\right\} \qquad (4.24)$$

(4.24) тенгламалар системасида ρg – оғирлик кучи, $\partial p / \partial x$, $\partial p / \partial y$, $\partial p / \partial z$ – гидростатик босим ўзгариши Лаплас операторини μ га кўпайтмаси – ишқаланиш кучларининг суюклик окимига таъсирини характерлайди. Тенгламалар системасининг чап томонлари инерция кучларининг таъсирини ифодалайди.

Келтириб чикарилган (4.24) тенгламалар системаси трубада окаётган ҳакикий суюклик окимининг турғун ҳаракатини ифодаловчи Эйлер дифференциал тенгламаси дейилади.

(4.24) даги $\mu = 0$ бўлганда, идеал суюклик окимларининг турғун ҳаракатини ифодаловчи Эйлернинг дифференциал тенгламасини олиш мумкин.

Ҳакикий суюклик ҳаракатини тўла ифодалаш учун тенгламалар системасини келтириб чикаришда суюкликнинг сикилувчанлиги ва температура таъсирида кенгайишини ҳамда окимнинг узлуксизлигини ҳисобга олиш зарур.

Лекин математик ифода мураккаблиги учун умумий кўринишдаги Навье-Стокс дифференциал тенгламалар системасини ечиш кийин. Шунинг учун ушбу тенгламалар системаси айрим хусусий ҳоллар учунгина ечилган. Бунинг учун, бу дифференциал тенгламалардан ўхшашлик назарияси асосида бир қатор ўхшашлик критерийлари келтириб чикарилади. Олинган критерийлар жараёнларни ҳисоблашда ишлатилади.

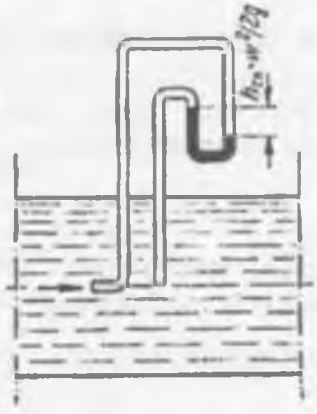
4.6. Бернулли тенгламасининг амалий қўлланилиши

Кимё ва нефть-газни кайта ишлаш саноатларида суюкликлар тезлиги, сарфи ва тешиклардан окиб чикишини аниклашда Бернулли тенгламасидан кенг кўламда фойдаланилади.

Суюклик тезлиги ва сарфини ўлчаш принциплари. Саноатда ва илмий тадкикотларда суюклик тезлиги ва сарфини ўлчаш учун дроссел асбоблар ва пневмометрик трубалар ишлатилади.

Пито-Прандтл пневмометрик трубкасининг тузилиши 4.4-расмда кўрсатилган.

Трубкаларнинг ҳар бир кўндаланг кесимида суюклик сатҳларининг фарки, унинг ўкидаги нуктанинг тезлик напори $h_т$ ни ифодалайди. Трубкалардаги ишчи суюклик сатҳларини *U*-симон дифференциал манометр ёрдамида ўлчаш қулай. *U*-симон дифманометр ичидаги суюклик ишчи суюклик билан аралашмайди ва унинг зичлиги ишчи суюкликникидан анча катта бўлади.



4.4-расм. Пито-Прандтл пневмометрик трубка ёрдамида суюклик тезлигини ўлчаш.

Агар трубадаги суюклик бирор тезликка эга бўлса, *U*-симон дифманометрда суюклик h баландликка кўтарилиши динамик напорни кўрсатади, яъни

$$h_0 = \frac{w^2}{2g}$$

Динамик напор кийматидан тезликни топиш мумкин:

$$w = \sqrt{2gh} \qquad (4.25)$$

Пито-Прандтл трубкасининг окими йўналишида бўлиши, суюклик тезлигининг умумий таксимланишига таъсир этади. Шунинг учун формулага тегишли тузатиш коэффициенти киритилади:

$$w = \alpha\sqrt{2gh} \qquad (4.26)$$

Формуладаги α сарф коэффициентининг киймати ҳар бир ўлчов асбоби ва пневмометрик трубкалар учун тажриба йўли билан аникланади. Унинг киймати Рейнольдс критерийси ва дроссель асбоби диаметри d_0 нинг труба диаметри d_1 нисбатига боғликдир:

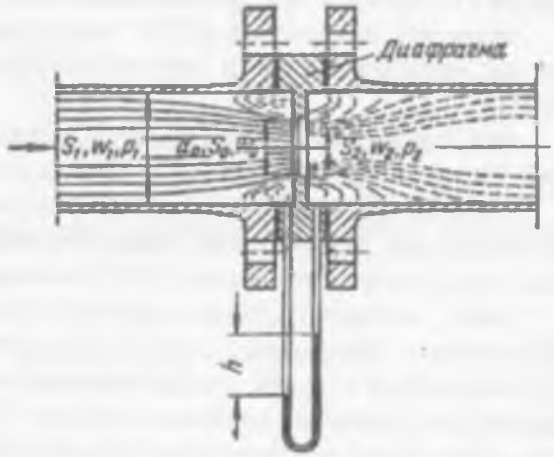
$$\alpha = f\left(\mathrm{Re}, \frac{d_0}{d_1}\right)$$

Суюклик сарфи эса секундли сарф тенгламасидан топилади:

$$V = wF$$

Бу усулда суюклик тезлиги ва сарфини аниклаш осон, лекин пневмометрик трубкани труба кувурининг ўкига ўрнатиш кийинлиги учун юкори аникликка эришиб бўлмайди.

Шунинг учун мамлакат иктисодиётининг турли соҳаларида суюклик ва тезликни ўлчаш учун дроссель асбоблар қўлланилади.



4.5-расм. Ўлчов диафрагмаси.

Бу асбобларнинг ишлаш принципи труба кўндаланг кесимининг ўзгариши билан динамик босимлар фарки ўзгаришига асосланган. Дроссель асбоблар сифатида ўлчов диафрагмаси, соплоси ва Вентури трубалари ишлатилиши мумкин.

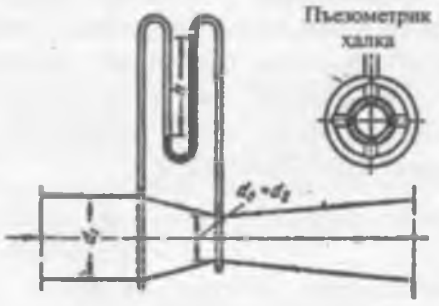
Ўлчов диафрагмаси юпка дискдан ясалади ва ўртасида думалоқ кўндаланг кесимли тешик бўлади (4.5-расм).

Ўлчов соплоси насадка бўлиб, кириш қисми аста-секин торайиб ва чиқиш қисми цилиндрик шаклга эга. *U*-симон дифференциал манометр ҳалқасимон ***a*** ёки ***b*** каналларга уланади (4.6-расм).

Вентури трубасида ўлчовчи диафрагма ва соплоларга нисбатан напор ва босимнинг йўқотилиши кам бўлади (4.7-расм). Бунга сабаб, Вентури трубасида диаметр ***d*** аста-секин торайиб, кейин эса аста-секин кенгайиб, дастлабки ҳолати ***d*** ўлчамига қайтишдир. Лекин бу асбобнинг камчилиги шундаки, унинг узунлиги жуда катта. Бу эса, унинг саноатда кенг қўлланилишини маълум миқдорда чеклайди.



4.6-расм. Ўлчов соплоси.



4.7-расм. Вентури трубаси.

4.7. Суюқлик ҳаракати режимлари

Суюқлик ҳаракати режимлари биринчи бор тажриба қурилмасида 1883 йили инглиз олими Рейнольдс томонидан ўрганилган (4.8-расм).

Суюкликнинг бак 1 дан оқиб чиқиши ўзгармас напорда содир бўлади. Суюқлик сарфи эса, кран 6 ёрдамида ростланади ва ўлчов идиши 7 да унинг миқдори аниқланади. Труба 5 нинг ўқи бўйлаб капилляр трубка 4 ўрнатилади ва у орқали рангли суюқлик узатилади.

Тажриба пайтида труба 5 га асосий суюқлик билан бирга рангли суюқлик юборилади. Труба 5 ичида тезликлар кичик бўлганда, рангли суюқлик оқимчаси оқим ўқи бўйлаб ингичка чизиқ бўлиб чўзилади ва бир текис ҳаракат қилаётганини кўрамиз. Агар, труба кўндаланг кесимининг турли жойларига ўрнатилган капилляр найчалардан асосий оқимга



4.8-расм. Рейнольдс қурилмаси.
1-бак; 2-термометр; 3-рангли модда учун идиш;
4-капилляр труба; 5-труба; 6-кран; 7-йиғгич.

рангли суюқлик юборсак, бир-бири билан йўналишлари кесишмайдиган оқимчаларни кузатамиз. Труба ичида суюқлик оқимчаларининг параллел йўналиш бўйлаб, яъни техникада ***ламинар режим*** деб номланувчи, суюқликнинг оқимчали ҳаракати содир бўлади.

Оқимда тезликлар тақсимланиши парабола шаклидаги эгри чизиқ билан ифодаланади. Бунда, максимал тезлик оқимнинг ўқида бўлади, минимал тезлик эса труба девори яқинидаги катламларга тўғри келади. Труба деворига ёпишиб турган юпка суюқлик катлами – ***чегаравий қатлам*** деб номланади.

Агар суюқлик тезлигини янада оширсак, рангли суюқлик тўлқинсимон ҳаракатланиб бутун суюқлик оқимига аралашиб, кўринмай кетади. Бунга сабаб, оқимнинг айрим заррачалари нафақат труба ўқи бўйлаб горизонтал, чизиқли ҳаракат қилади, балки суюқлик заррачалари бир-бири билан аралашиб, кўндаланг йўналишда тартибсиз ҳаракатланади. Натижада бутун суюқлик массаси индикатор рангига бўялади. Суюқликнинг бундай тўлқинсимон, тартибсиз ҳаракати ***турбулент режим*** деб аталади. Оқимда тезликлар тақсимланиш чўққиси кенг, параболасимон чизиқ билан ифодаланади.

Инглиз физик-олими Рейнольдс тажрибаларда суюқлик тезлиги, қовушоқлиги, зичлиги ва труба диаметрини ўзгартирди. Тажрибалар таҳлили асосида олим қуйидагича хулосага келди: суюқлик оқимининг ламинар режимдан турбулент режимга ўтиши суюқлик массавий тезлиги ρw, труба диаметрига тўғри ва суюқлик қовушоқлиги μ га тескари пропорционалдир. Олим томонидан таклиф этилган ўлчамсиз комплекс Рейнольдс критерийси деб юритилади.

$$\mathrm{Re} = \frac{wd\rho}{\mu} = \frac{wd}{\nu} \qquad (4.27)$$

бу ерда, $\nu = \mu/\rho$ – кинематик қовушоқлик, м²/с

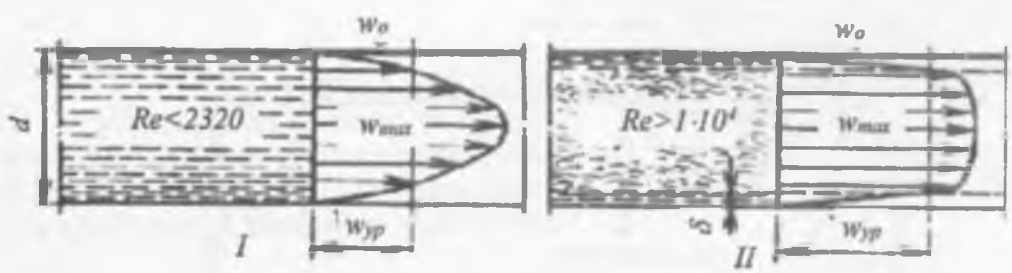
Рейнольдс критерийсининг сон қийматларига қараб, суюқлик ҳаракат режими аниқланади. Ундан ташқари, ушбу критерий қовушқоқлик ва инерция кучларининг ўзаро нисбатини характерлайди. Бир хил труба диаметри ва суюқлик тезлигида, юқори зичлик ва кичик қовушқоқликка эга суюқликлар турбулент режимга тезрок чиқади. Ламинар режимдан турбулент режимга ўтиш Рейнольдс критерийсининг критик қийматларида содир бўлади.

Текис трубаларда суюқлик оқими ҳаракати учун $Re_{кр}$ = 2320. Агар Re < 2320 бўлса, турғун ламинар режим бўлади. Агар 2320 < Re < 10000 бўлса, суюқлик ҳаракати ўтиш режимига тўғри келади.

Суюқлик оқимининг нотурғун ҳаракатини ўтиш режими характерлайди. Бу режимда икки ҳаракат тури бир вақтнинг ўзида содир бўлиши ёки биридан иккинчисига осон ўтиши мумкин.

Re>10000 бўлса, турғун турбулент режими бўлади.

Ламинар ва турбулент режимларда труба кесимида тезликларнинг тақсимланиши 4.9-расмда кўрсатилган.



4.9-расм. Ламинар (I) ва турбулент (II) ҳаракат режимларида труба кесимида тезликларнинг тақсимланиши.

Ньютоннинг ички ишқаланиш қонунига бўйсунмайдиган суюқликлар ҳаракатини

модификациялашган Рейнольдс критерийси характерлайди:

$$\mathrm{Re}^{\bullet} = \frac{d^n \cdot w^{2-n} \cdot \rho}{8^{n-1} k} \qquad (4.28)$$

бу ерда, n – оқим индекси; k – консистентлик кўрсаткичи.

4.8. Ламинар ҳаракат қонунлари

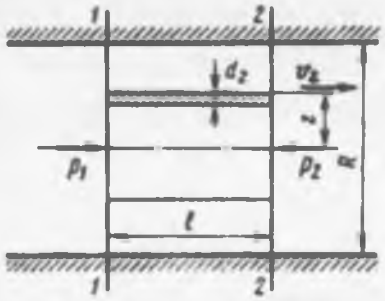
Оқимчали ҳаракат гипотезасидан келиб чиққан ҳолда, шуни таъкидлаш мумкинки, қатламлар орасидаги ишқаланиш кучлари таъсирида ҳар бир қатламдаги суюқлик заррачасининг тезлиги аввалгидан фарқ қилади.

Суюқлик қатламлари орасида уринма кучланишлар бўлгани учун ишқаланиш кучлари ҳосил бўлади. Ньютон қонунига биноан:

$$\tau = \pm\mu \frac{dw_r}{dr} \qquad (4.28а)$$

Труба деворида уринма кучланиш максимал ва оқим ўқида минимал қийматга эга. Демак, труба деворидан суюқлик оқимчаси канчалик узоқда бўлса, унинг тезлиги шунча катта бўлади ва максимал қиймати оқим ўқига тўғри келади (4.9-расм).

Суюқлик оқимида тезликлар таксимланиш қонунини аниқлаш учун оқим ўқидан r масофада жойлашган, узунлиги l ва қалинлиги dr бўлган элементлар цилиндр шаклидаги суюқлик бўлакчасини ажратиб оламиз (4.10-расм.)



4.10-расм. Тезликлар таксимланиш қонунига келтириб чиқаришга оид.

Суюқлик турғун ҳаракатида жараённи ҳаракатга келтирувчи кучи $\Delta P = P_1 - P_2$ бутунлай ички ишқаланиш қаршилиги T ни енгишга сарфланади:

$$P_1 - P_2 = T$$

лекин

$$P_1 - P_2 = (p_1 - p_2)\pi r^2$$

бу ерда p_1 ва p_2 – 1-1 ва 2-2 кесимлардаги гидростатик босим.

Юқорида келтирилган тенгламага биноан ишқаланиш кучи қуйидагига тенг:

$$T = -\mu F \frac{dw_r}{dr}$$

бу ерда, F – элементар цилиндр шаклидаги суюқликнинг ташқи юзаси $F = 2\pi rl$.

Унда

$$(p_1 - p_2)\pi r^2 = -\mu 2\pi r l \frac{dw_r}{dr}$$

Ўзгарувчиларни бўлиш ва тегишли қисқартиришлардан сўнг ушбу кўринишга эга бўламиз:

$$\frac{p_1 - p_2}{2\mu l} r dr = -dw_r$$

Бу тенгламани интегралласак

$$\int_r^R \frac{p_1 - p_2}{2\mu l} r dr = -\int_{w_r}^{0} dw_r$$

Труба девори атрофида тезлик $w = 0$ эканлигини инобатга олсак, $r = l$ бўлади. Интегралашдан сўнг қуйидаги тенгламани оламиз

$$\frac{p_1 - p_2}{2\mu l}\left(\frac{R^2}{2} - \frac{r^2}{2}\right) = w_r$$

бу ерда, R – труба радиуси

Охирги олинган тенгламадан тезликни аниқласа бўлади:

$$w_r = \frac{p_1 - p_2}{4\mu l}\left(R^2 - r^2\right) \tag{4.29}$$

Труба ўқидаги ($r = 0$) максимал тезлик ушбу тенгламадан топилади:

$$w_{max} = \frac{p_1 - p_2}{4\mu l} \cdot R^2 \tag{4.30}$$

(4.29) тенгламани (4.30) га бўлиб, қуйидаги кўринишга эришамиз:

$$w_r = w_{max}\left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right) \tag{4.31}$$

Ушбу тенглама Стокс қонуни бўлиб, трубада ламинар режимда ҳаракатланаётган суюқлик қатламларида тезликларнинг параболик тақсимланишини ифодалайди.

(4.29) тенглама ёрдамида Стокс ламинар режимидаги суюқлик сарфини аниқлаш мумкин. Бунинг учун оқим ўқидан r масофа жойлашган, dr кенгликдаги элементар ҳалқасимон кесимдан суюқликнинг оқиб ўтишини кўриб чиқамиз.

Ҳалқасимон кесим юзаси $df = 2\pi r dr$ га тенг.

Ушбу кўндаланг кесимдан оқим ўтаётган суюқликнинг тезлиги w_r бўлса, унинг сарфи қуйидагига тенг бўлади:

$$dV_{сек} = w_r df = 2\pi w_r \cdot r dr \tag{4.32}$$

Тезлик w_r ни (4.29) тенглама орқали ифодалаб (4.32) қўйсак,

$$dV_{сек} = \frac{p_1 - p_2}{4\mu l}\left(R^2 - r^2\right)2\pi r dr \tag{4.33}$$

Интегралашдан сўнг ушбу кўринишга эга бўламиз:

$$V_{сек} = \frac{p_1 - p_2}{8\mu l} \cdot \pi \cdot R^4 \tag{4.34}$$

ёки

$$V_{сек} = \frac{\pi d^4 \cdot \Delta p}{128\mu l} \tag{4.35}$$

бу ерда, d – труба диаметри

(4.35) тенглама цилиндрик трубадаги суюқлик сарф учун ***Пуазейль тенгламаси*** деб номланади.

Маълумки, суюқлик сарфини трубадаги суюқликнинг ўртача тезлиги орқали аниқлаш мумкин:

$$V_{сек} = \pi R^2 \cdot w_{ўр} \tag{4.36}$$

(4.34) ва (4.36) тенгламаларни солиштириб, ушбу тенгламани оламиз:

$$w_{yp} = \frac{p_1 - p_2}{8\mu l} \cdot R^2 \qquad (4.37)$$

Агар (4.30) тенгламани ҳам ҳисобга олсак:

$$w_{yp} = \frac{w_{max}}{2} \qquad (4.38)$$

4.9. Турбулент ҳаракат режими

Саноат қурилмаларида суюкликлар турбулент ҳаракати жуда кенг таркалган. Турбулент режимда заррачаларнинг хаотик, тартибсиз ҳаракати туфайли окимнинг асосий кисмида тезликлар анча текисланади (4.9-расм).

Тажрибалар шуни кўрсатдики, турбулент режимда суюкликнинг ўртача тезлиги w_{yp} ламинар режимдаги каби максимал тезликнинг ярмига тенг бўлмай, ундан анча катта бўлади, яъни Рейнольдс сонининг функциясидир $w/w_{max}=f(Re)$. Масалан, $Re=10^4$ бўлса $w_{yp}\approx 0,8 \cdot w_{max}$, $Re=10^6$ да $w_{yp}\approx 0,9 \cdot w_{max}$.

Лекин шуни алоҳида таъкидлаш керакки, турбулент режим ўта мураккаб характерли бўлгани учун, назарий усул билан суюклик тезликларининг таксимланиш кўламини аниклаш кийин. Бунга сабаб суюклик заррачаларининг тартибсиз ҳаракати ва уларнинг интенсив аралашишидир. Окибатда, суюклик айрим заррачалари тезлигининг йўналиши ва катталикларининг локал ўзгаришлари жуда тез содир бўлади. Бундай флуктуациялар хаотик характерга эга.

Окимнинг исталган нуктаси учун ҳакикий оний тезлик w_x вакт τ га боғликлигини ҳам 4.9-расмда кўриш мумкин. Турбулент режимда тезлик кандайдир ўртага тезлик атрофида пульсация килиб туради. Ушбу нукта учун ўртача тезлик $\overline{w}_x$ куйидаги ифодадан топилади:

$$\overline{w}_x = \frac{\int_0^\tau w_x d\tau}{\tau} \qquad (4.39)$$

бу ерда, $w_x - x$ ўки бўйлаб суюклик заррачасининг оний тезлиги.

Турбулент режим ҳар доим ламинар режим билан баробар юз беради.

Назарий ва тажрибавий изланишлар шуни кўрсатдики, турбулент режимдаги ҳаракатни оким ядроси ва гидродинамик чегаравий катламдан таркиб топган деб ҳисоблаш мумкин. Бу катлам ичида юпка, миллиметрнинг бир неча улушига тенг калинликдаги ламинар чегаравий катлам бор. Гидродинамика чегаравий катлам калинлиги δ Рейнольдс сонига боғликдир ва унинг тахминий кийматини Левич тенгламасидан аниклаш мумкин:

$$\delta = \frac{30d}{\mathrm{Re}\sqrt{\lambda}} \qquad (4.40)$$

бу ерда, d – труба диаметри.

Турбулент режимда труба деворининг ғадир-будурлиги суюклик ҳаракати каршилигига салмокли таъсир этади. Трубаларнинг ғадир-будурлиги абсолют геометрик ва нисбий ғадир-будурлиги билан характерланади. Труба деворларидаги гадир-будурликлар ўртача баландликларининг труба узунлиги бўйича ўлчаниши *абсолют гадир-будурлик* деб аталади.

Труба деворларидаги гадир-будурликлар баландлиги Δ нинг эквивалент диаметри d

га нисбати $(\Delta/d_э)$ ***нисбий ғадир-будурлик*** дейилади ва ушбу формуладан аникланади:

$$\varepsilon = \frac{\Delta}{d_э}$$

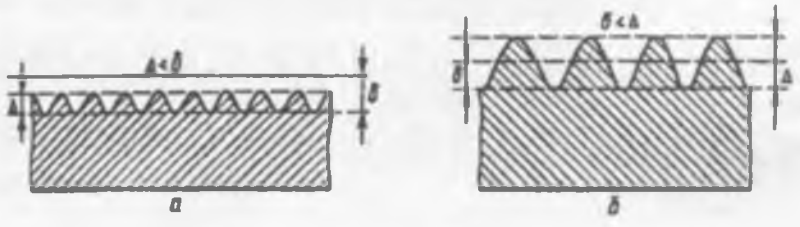
Труба девори ғадир-будурликларининг ўртача баландлиги труба материали, унинг ясалиш усули ва ишлатилиш давомийлигига боғлик:

Труба	Δ, мм
Янги шиша ва пўлат трубалар	0,06…0,1
Ишлатилган пўлат трубалар	0,10…0,2
Чўян ва керамик трубалар	0,35…1,0
Коррозияга учраган пўлат ва чўян трубалар	0,50…2,0

Рейнольдс критерийси кийматига караб чегаравий катлам калинлиги δ ўзгаради. Труба ғадир-будурликлари чегаравий катламдан чикиб колиш ҳолати жуда кўп напор йўкотилишига олиб келади.

δ ва Δ нисбатларининг кийматларига караб трубалар гидравлик силлик ва ғадир-будур бўлади.

Агар $\Delta<\delta$ бўлса, трубалар ***гидравлик силлиқ*** деб аталади (4.11-расм). Бунда, суюклик ламинар юпка катлам бўйлаб сирпанади, яъни суюкликнинг суюкликка ишкаланиши юз беради.



4.11-расм. Гидравлик силлик (а) ва ғадир-будур (б) трубалар.

Агар $\Delta>\delta$ бўлса, трубалар ***гидравлик ғадир-будур*** деб номланади. Бунда напорнинг йўкотилиши труба деворининг ғадир-будурлиги билан белгиланади, чунки суюклик ғадир-будур труба деворига ишкаланиб, ҳаракат килади.

Ламинар режимда напорнинг йўкотилиши суюклик тезлигининг биринчи даражасига, турғун турбулент режимда эса-тезлик квадратига пропорционалдир.

Ламинар чегаравий юпка катламли турбулент ва ўтиш режимларида, напорнинг йўкотилиши тезликнинг квадратидан кичикрок даражага пропорционал бўлади. Ҳар бир аник ҳолат учун ушбу кўрсаткич тажрибавий усул билан топилади.

4.10. Қовушкоқ суюклик ҳаракатининг критериал тенгламалари

Трубада ковушкоқ суюклик ҳаракатини ифодаловчи критериал тенгламани келтириб чикариш учун Навье-Стокс дифференциал тенгламасидан фойдаланиш мумкин.

Агар сикиш ва чўзиш кучлари ҳисобга олинмаса, абсцисса ўки бўйлаб ҳаракат килаётган суюклик учун дифференциал тенглама ушбу кўринишга эга бўлади.

$$-\frac{\partial p}{\partial x} + \mu\frac{\partial^2 w_x}{\partial x^2} + \rho g_x = \rho w_x\frac{\partial w_x}{\partial x} + \rho\frac{\partial w_x}{\partial \tau}$$

бу ерда, p – босим; μ – динамик ковушоклик; w – тезлик; ρ – зичлик; τ – вакт.

Ушбу тенгламадаги биринчи қўшилувчи абсцисса ўки йўналишида оким босими-

нинг ўзгаришини, иккинчиси – ишқаланиш кучини, учинчиси - оғирлик кучини; тўртинчи ва бешинчилари эса инерция кучларини характерлайди. Тенглама қўшилувчиларининг физик маъносини инобатга олиб, қуйидагича ёзиш мумкин:

$$-P+T+G=I_1+I_2$$

бу ерда, P – босим кучи, T – ишқаланиш кучи, G – оғирлик кучи, I_1 ва I_2 – инерция кучлари.

Труба қувурларини ҳисоблашда қуйидаги кучларнинг нисбатлари алоҳида аҳамиятга эга: босим ва инерция P/I_1, инерция ва ишқаланиш I_2/T, оғирлик ҳамда инерция G/I_1 ва инерция кучлари нисбати I_1/I_2.

Инерция ва ишқаланиш кучларининг нисбатидан ўлчамсиз $w_*\rho/\mu$ комплексини олиш мумкин, яъни Рейнольдс критерийсини $\mathrm{Re}=wd\rho/\mu$.

Босим ва инерция кучлари нисбатидан эса, Эйлер критерийсини, яъни $Eu=\Delta p/\rho w^2$ олиш мумкин.

Оғирлик кучи ва инерция кучлари нисбатидан эса Фруд критерийсини, яъни $Fr=gd/w^2$ олиш мумкин.

Инерция кучларининг нисбатидан гомохронлик критерийсини, яъни $Ho=w\tau/d$ ни олиш мумкин.

Ўхшашлик назариясининг иккинчи теоремасига биноан, Навье-Стокс тенгламаси ечимини юқорида олинган критерийлар орасидаги функционал боғлиқликни ушбу кўринишда ёзиш мумкин

$$\varphi=(Ho,Fr,Eu,\mathrm{Re})=O \qquad (4.41)$$

Баъзи ҳолларда (4.41) геометрик ўхшашлик симплекс билан тўлдирилиши мумкин. Трубалар оркали суюклик ҳаракат килганда, бундай симплекс сифатида труба узунлиги l нинг унинг диаметр d ёки эквивалент диаметр $d_э$ га нисбати бўлади.

Унда

$$\varphi=\left(Ho,Fr,Eu,\mathrm{Re},\frac{l}{d_э}\right)=O \qquad (4.41а)$$

ёки

$$Eu=f\left(Ho,Fr,\mathrm{Re},\frac{l}{d_э}\right) \qquad (4.41б)$$

(4.41), (4.41а) ва (4.41б) боғлиқликлар гидродинамиканинг критериал ёки умумлаштирилган тенгламалари деб номланади. (2.41б) кўпчилик ҳолларда куйидагича функция кўринишига келтирилади:

$$Eu=A\cdot\mathrm{Re}^m\,Fr^n\,Ho^p\left(\frac{l}{d_э}\right)^q \qquad (4.42)$$

Моделларда олинган тажриба маълумотларини қайта ишлаш натижасида коэффициент A ва даража кўрсаткичлари m, n, p, q лар аниқланади.

Турғун жараёнлар учун (4.41б) дан гомохронлик критерийси Ho ни чикариб ташлаш мумкин:

$$Eu=f\left(Fr,\mathrm{Re},\frac{l}{d_э}\right) \qquad (4.43)$$

ёки

$$Eu=f_1(Fr,\mathrm{Re},\Gamma_1,\Gamma_2,\Gamma_3,\ldots)$$

бу ерда – $\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3, \ldots$ – геометрик ўхшашлик симплекслари.

Турғун турбулент режимда суюклик ҳаракатига оғирлик кучлари таъсир кўрсатмайди. Унда (4.43) тенглама ушбу кўринишни олади:

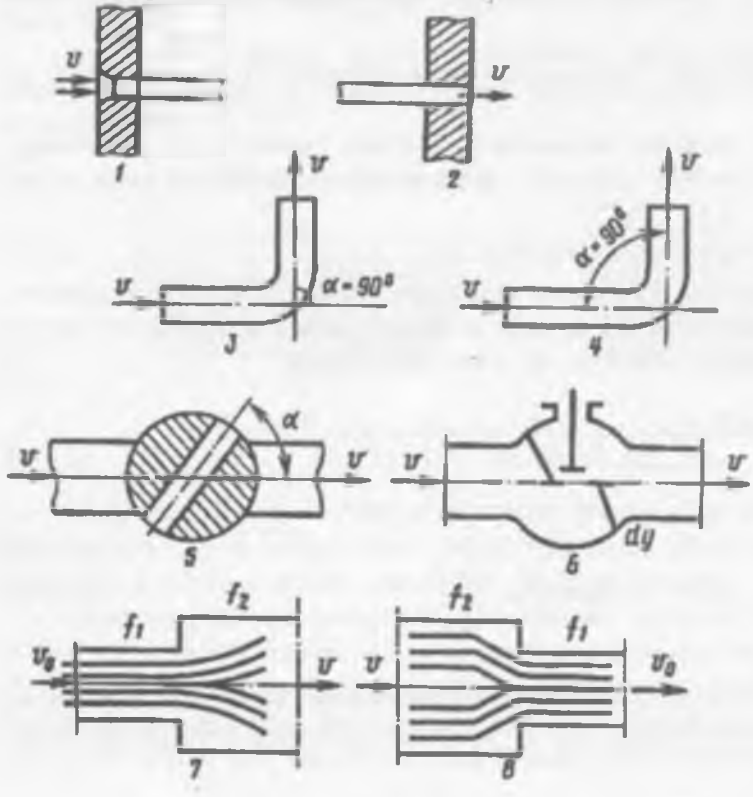
$$Eu = f_2(\mathrm{Re}, \Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3, \ldots) \qquad (4.44)$$

4.11. Труба қувурларидаги гидравлик қаршилик

Амалий гидродинамиканинг асосий масалаларидан бири бўлиб, ҳақикий суюклик ҳаракатидаги гидравлик каршиликни аниклаш ҳисобланади.

Чунки, йўқотилган напор $h_{йўк}$ (ёки $\Delta p_{йўк}$)ни билмасдан туриб насос, вентилятор, газодувка ва компрессорлар ёрдамида суюкликларни узатиш учун зарур бўлган энергия сарфини аник ҳисоблаб бўлмайди. Ундан ташкари $h_{йўк}$ (ёки $\Delta p_{йўк}$) билмасдан туриб, ҳақиқий суюкликлар учун Бернулли тенгламасини қўллаб бўлмайди.

Труба қувурларида напор (ёки босим)нинг йўқотилишига ишқаланиш каршилиги ва маҳаллий қаршиликлар сабабчи бўлади.



4.12-расм. Маҳаллий қаршиликлар.

Ишқаланиш қаршилиги (ёки узунлик бўйича каршилик) – трубадан ҳақиқий суюклик ҳаракат килганда, ички ишқаланиш каршилиги, унинг бутун узунлиги бўйича мавжуд (4.11-расм). Ички ишқаланиш кучининг катталиги суюклик окимининг режими (ламинар, турбулент, турбулентлик даражаси)га боғлик.

Маҳаллий қаршиликлар – суюклик окими тезлиги ва ҳаракат йўналиши кийматининг исталган ўзгаришидир. Уларга қуйидагилар: кескин ва аста-секин торайган ва кенгайган кисмлар, тирсаклар, жўмрак, ёпувчи ва ростловчи ускуна (вентил, задвижка, тикинли кран) ва бошкалар киради (4.12-расм).

Айрим маҳаллий каршиликлар учун ξ нинг ўртача кийматлари 4.1-жадвалда келтирилган.

Трубадан ҳақиқий суюклик ҳаракат килганда, напорнинг йўқотилиши қуйидагига тенг бўлади:

$$h_{йўк} = h_{ишк} + h_{маҳ} \qquad (4.45)$$

бу ерда, $h_{ишк}$ ва $h_{маҳ}$ – ишқаланиш ва маҳаллий каршиликларни енгиш учун йўқотилган напор

Тўғри трубада ламинар режимда ҳаракат қилаётган суюклик учун ишқаланиш каршилигини енгишда йўқотилган напор Пуазейль тенгламасидан (4.35) топилиши мумкин.

Бернулли тенгламасига биноан горизонтал ($z_1=z_2$) ва ўзгармас кесимли ($w_1 = w_2$) труба қувурларида ишқаланиш қаршилигини енгишда йўқотилган напор:

$$\frac{p_1 - p_2}{\rho g} = \frac{\Delta p}{\rho g} = h_{ишк}$$

Маҳаллий қаршиликлар коэффициентлари

4.1-жадвал

Маҳаллий қаршилик тартиби	Маҳаллий қаршилик тури	Маҳаллий қаршилик коэффициенти, $\xi_{маҳ}$
1.	Трубага кириш	0,2…0,5
2.	Трубадан чиқиш	1,0
3.	90^0 га бурилиш	0,15
4.	$\alpha=90^0$ ли тирсак	1,1…1,3
5.	Тиқинли кран:	
	Бутунлай очиқ	0,05
	$\alpha=20…50^0$	2…95
6.	Стандарт вентиль	
	$d_{ш}=20$ мм	8
	$d_{ш}=40$ мм ва ундан ортиқ	4…6
7.	Тўсатдан кенгайиш ($Re>3500$):	
	$f_1/f_2=0,1$	0,50
	0,3	0,35
	0,4	0,30
	0,5	0,25
8.	Тўсатдан торайиш ($Re>10^4$):	
	$f_1/f_2=0,1$	0,45
	0,3	0,35
	0,4	0,30
	0,5	0,25

Агар $\Delta p = \rho g h$ ни (4.35) тенгламага қўйсак ва ҳажмий сарф V ни тезлик w кўндаланг кесим юзасига кўпайтмаси билан алмаштирсак, қуйидаги кўринишга эга бўламиз:

$$w\frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi d^4 \rho g h_{ишк}}{128 \mu l \lambda}$$

бу ерда, l ва d – труба узунлиги ва диаметри; μ ва ρ – суюқлик қовушоқлиги ва зичлиги.

Қисқартиришдан сўнг йўқотилган напорни аниқлаш формуласи ушбу кўринишда бўлади:

$$h_{ишк} = \frac{32 w \mu l}{\rho g d^2}$$

Тенглама ўнг томонининг сурати ва махражини $2w$ кўпайтирсак:

$$h_{ишк} = \frac{64\mu}{wd\rho} \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2g} = \frac{64}{\mathrm{Re}} \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2g}$$

Шундай қилиб, думалоқ кўндаланг кесимли трубада суюқлик ламинар режимда ҳаракат қилганда йўқотилган напор:

$$h_{ишк} = \frac{64}{\mathrm{Re}} \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2g} \qquad (4.46)$$

яъни ишқаланиш каршилигини енгишда йўқотилган напор тезлик напори $h_т = w^2/2g$ оркали ифодаланади.

Ишқаланиш каршилигини енгишда йўқотилган напор тезлик напоридан канчалик фарк қилиш катталиги ***ишқаланиш қаршилиги коэффициенти*** деб аталади ва $\xi_{ишк}$ ҳарф билан белгиланади.

$$\xi_{ишк} = \frac{64}{\mathrm{Re}} \cdot \frac{l}{d}$$

бу ерда, $\frac{64}{\mathrm{Re}}$ – гидравлик ишқаланиш ёки ишқаланиш коэффициенти ва у λ деб белгиланади.

Ламинар ($Re<2320$) режимда гидравлик ишқаланиш коэффициенти фақат Рейнольдс критерийсининг сон кийматига боғлиқ. Юкорида келтирилганларни ҳисобга олсак, (4.46) тенгламани қуйидаги кўринишда ёзса бўлади:

$$h_{ишк} = \xi_{ишк} \frac{w^2}{2g} = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2g} \qquad (4.47)$$

Агар $\Delta p_{ишк} = \rho g h_{ишк}$ лигини ҳисобга олсак, ишқаланиш каршилигини енгишда йўқотилган босим $\Delta p_{ишк}$ қуйидаги тенгламадан ҳисобланиши мумкин:

$$\Delta p_{ишк} = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho w^2}{2} \qquad (4.48)$$

бу ерда, ρ – суюклик зичлиги

Агар трубанинг кўндаланг кесими думалок бўлмаса, Рейнольдс критерийсида d ўрнига эквивалент диаметр $d_э$ қўйилади. Унда

$$\lambda = \frac{B}{\mathrm{Re}}$$

бу ерда, B – кўндаланг кесим шаклига боғлиқ к оэффициент. квадрат кесим учун $B=57$, думалоқ кесим учун $B=64$ ва ҳоказо.

Гидравлик силлиқ трубалар учун ($2320<Re<10^5$) гидравлик каршилик коэффициенти Блазиуснинг эмпирик формуласидан:

$$\lambda = 0{,}316 \cdot \mathrm{Re}^{-0{,}25} = \frac{0{,}316}{\sqrt[4]{\mathrm{Re}}} \qquad (4.49)$$

ёки Конаков формуласидан аникланиши мумкин:

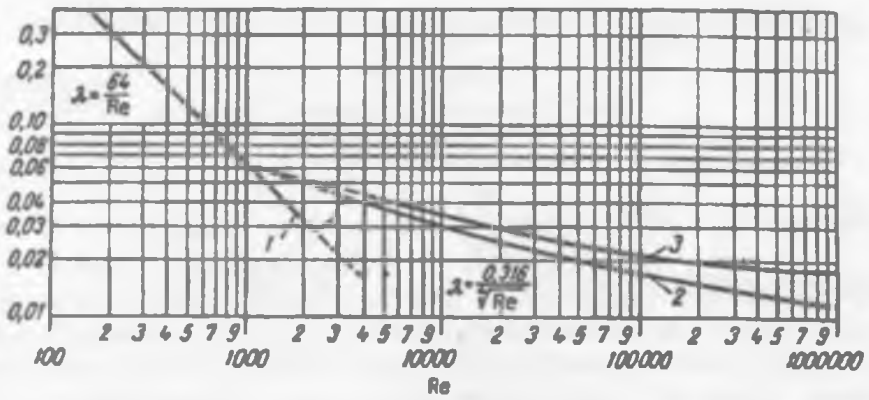
$$\lambda = \frac{1}{(1{,}8 \lg \mathrm{Re} - 1{,}5)^2} \qquad (4.50)$$

ғадир-будур трубалар учун гидравлик каршилик коэффициенти ушбу функция кўринишида ифодаланади:

$$\lambda = f(\mathrm{Re}, \Delta / d)$$

бу ерда, $\varepsilon = \Delta/d$ – нисбий ғадир-будурлик

Гидравлик каршилик коэффициенти λ ни аниқлаш учун қуйида келтирилган график тавсия этилади (4.13-расм). Ундан кўриниб турибдики, текис трубалар λ коэффициентидан ғадир-будур трубаларники анча юқори.



4.13-расм. Гидравлик каршилик коэффициенти λ нинг Рейнольдс критерийсига боғлиқлиги.
1-текис ва ғадир-будур трубалар(ламинар режим); 2-пўлат, мис, шиша ва латун текис трубалар; 3-пўлат ва чўян ғадир-будур трубалар.

Графикдан кўриниб турибдики, Re сони ортиши билан $\lambda=f(Re)$ боғлиқлик аввал аралаш ишқаланиш соҳасига, бу ерда $\lambda=f(Re,\Delta/d)$, сўнг эса автомодель соҳаси $\lambda=f(\Delta/d)$ га ўтади. Турбулент ҳаракат режимларининг ҳамма соҳалари учун гидравлик каршилик коэффициентини ҳисоблашнинг умумлаштирилган тенгламаси қуйидаги кўринишга эга:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2\lg\left[\frac{\Delta/d}{3,7}+\left(\frac{6,81}{\mathrm{Re}}\right)^{0,9}\right] = -2\lg\left[\frac{e}{3,7}+\left(\frac{6,81}{\mathrm{Re}}\right)^{0,9}\right] \qquad (4.51)$$

Агар (4.51) формуладаги биринчи қўшилувчини инобатга олмасак, ушбу формулани оламиз:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2\lg\left(\frac{6,81}{\mathrm{Re}}\right)^{0,9} = 1,8\lg\mathrm{Re}-1,5 \qquad (4.52)$$

Гидравлик каршилик Re га боғлиқ бўлмаган автомодель соҳа учун иккинчи қўшилувчини инобатга олмаса ҳам бўлади. Унда:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2\lg\frac{3,7}{\Delta/d} = 2\lg\frac{3,7}{e} \qquad (4.53)$$

Ньютон конунига бўйсунмайдиган суюкликлар учун Re^*=3000...100000 да гидравлик каршилик коэффициентини топишда қуйидаги формуладан фойдаланилади:

$$\lambda = a/(\mathrm{Re}^*)^b \qquad (4.54)$$

бу ерда, Re^* – (4.40) формуладан топилади, a ва b коэффициентлар окиш индекси n функциясидир ва n=1 да a=0,316 ва b=0,25 га тенг.

Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, маҳаллий каршиликларда напорнинг йўқотилиши ишқаланиш каршиликлардаги каби тезлик напори орқали ифодаланилади.

Маҳаллий каршиликлар туфайли йўқотилган напор $h_{мк}$ нинг тезлик напори $h_т=w^2/2g$

нисбатига маҳаллий каршилик коэффициенти деб аталади ва у $\xi_{мк}$ ҳарфи билан белгиланади.

Унда турли маҳаллий каршиликлар учун

$$h_{мк1} = \xi_{мк1} \frac{w^2}{2g}$$

$$h_{мк2} = \xi_{мк2} \frac{w^2}{2g}$$

... ...

$$h_{мкn} = \xi_{мкn} \frac{w^2}{2g}$$

Ҳамма маҳаллий каршиликлар учун:

$$h_{мк} = \Sigma \xi_{мк} \frac{w^2}{2g} \qquad (4.55)$$

(4.47) ва (4.55) тенгламаларни инобатга олсак, (4.45) тенғлама, яъни умумий напорнинг йўқотилиши, қуйидаги кўринишда ёзилиши мумкин:

$$h_{йўқ} = \xi_{кв} \frac{w^2}{2g} + \Sigma \xi_{мк} \frac{w^2}{2g} = \Sigma \xi \frac{w^2}{2g} \qquad (4.56)$$

бу ерда, $\Sigma\xi$ – каршилик коэффициентларининг йиғиндиси.

Шундай қилиб, напорнинг йўқотилиши ушбу формуладан топилади:

$$h_{йўқ} = \left(\lambda \frac{l}{d_э} + \Sigma \xi_{мк} \right) \frac{w^2}{2g} \qquad (4.57)$$

Агар $\Delta p = \rho g h_{йўқ}$ ҳисобга олсак, умумий босимнинг йўқотилиши эса, қуйидаги тенгламадан аниқланиши лозим:

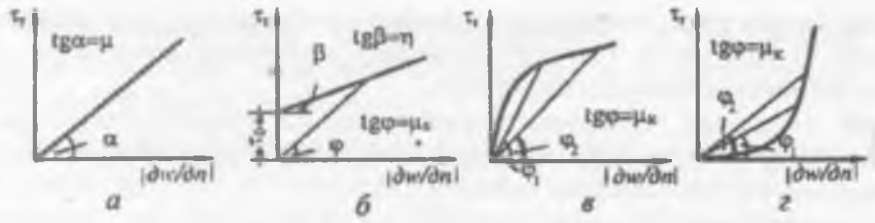
$$\Delta p_{йўқ} = \left(\lambda \frac{l}{d_э} + \Sigma \xi_{мк} \right) \frac{\rho w^2}{2} \qquad (4.58)$$

4.11.1. Ноньютон суюқликлар ҳаракати

Ноньютон суюқликлар классификацияси ва умумий хоссалари. Аввалги суюқликлар ҳаракатининг таҳлили у ёки бу даражада силжиш тенгламаси (4.28а) га таянган.

$$\tau = -\mu \cdot \left| \frac{\partial w}{\partial n} \right| \qquad (4.59)$$

Ламинар режимда (қовушқоқлик кучларининг салмоғи катта) пропорционаллик коэффициенти μ суюқликнинг хоссаси бўлиб, узатилаётган кучланиш ёки тезлик градиенти $\partial w/\partial n$ га боғлик эмас. Бундай ҳолларда $\tau_т$ нинг $\partial w/\partial n$ га боғликлиги тўғри чизиқ орқали ифодаланади ва Ньютон формуласи деб номланади. Пропорционаллик коэффициенти μ эса динамик қовушқоқлик коэффициенти ва (4.28а) формула билан ифодаландиган суюқликлар ***ньютон суюқликлари*** деб номланади. Бу турдаги суюқликлар учун силжиш диаграммаси 4.14а-расмда тасвирланган бўлиб, ушбу температура учун $\mu = tg\alpha = const$.



4.14-расм. Силжиш диаграммаси.
а-ньютон суюкликлари; б-бингам суюкликлари;
в-мавхум пластик суюкликлар; г-дилатант суюкликлари.

Суюкликнинг турбулент ҳаракатида $\tau_т$ нинг dw/dn га чизикли боғликлиғи бузулади, чунки пропорционаллик коэффициенти суюклик оқимининг характеристикаларига боғлик бўлади. Яна шуни таъкидлаш керакки, чизикли бўлмаган ҳаракат бошқа ҳолларда, яъни қовушкоклик кучлари инерция кучларидан жуда катта шароитларда содир бўлади. Бундай ҳодисалар кандайдир ички тузилишга эга бўлган суюкликларга тааллукли. Бу турдаги суюкликлар сохта (формал) равишда (4.28а) формуласи билан ифодаланади. Ушбу ҳолатларда ўзгарувчан пропорционаллик коэффициенти факат $\tau_т$ ва dw/dn га боглик бўлиб, мавҳум қовушкоклик $\mu_м$ ни англатади:

$$\tau = -\mu_м \cdot \frac{\partial w}{\partial n} = \mu_м \cdot \left|\frac{\partial w}{\partial n}\right| \qquad (4.60)$$

бу ерда, $\mu_м$ – var.

Бундай, яъни ноньютон суюкликлар ҳаракатини ўргатадиган гидравликанинг ажралмас қисми *р е о л о г и я* (газ+ньютон суюкликлари+ каттик жимслар каби Гук конунига бўйсунадиган ва бўйсунмайдиган турли ишчи жисмларнинг механик хоссаларини ўрганишни ўз ичига камраб олган) деб номланади.

Қовушкоклик кучлари асосий куч бўлган ҳоллардаги ноньютон суюкликларининг ҳаракати *пластик* деб номланади. Бу турдаги оқимлар кўндаланг кесими бўйича $\mu_м$ ўзгариб туради.

Ноньютон суюкликлар 2 гуруҳга бўлинади:

– реологик *турғун*: бирор куч таъсиридан бўшатилганда, бу турдаги суюкликлар тўлиқ кайта тикланади; суюкликнинг $\mu_м$ кўрсаткичи таъсир этаётган кучлар давомийлигига боғлиқ эмас;

– реологик *нотурғун*: бирор куч таъсир этганда суюкликнинг тузилиши ўзгаради, яъни куч канчалик узоқ муддат таъсир этса, шунчалик чуқур туб ўзгаришлар рўй беради ва $\mu_м$ кўрсаткичи таъсир этаётган кучлар давомийлигига боғлиқ; таъсир этаётган куч олинганда, бу турдаги суюкликлар тўлиқ кайта тикланиши мумкин ёки қисман тикланиши ёки умуман тикланмаслиги мумкин.

Реологик *турғун* суюкликлар орасида кичик куч таъсир этганда ҳаракатланмайдиган бир гуруҳ суюкликлар мавжуд. Суюклик ҳаракати кучланиш факат кандайдир чегаравий киймат бўлган τ_0 *оқувчанлик чегарасид*ан ортганда содир бўлади. $\tau<\tau_0$ бўлганда суюклик катламларининг нисбий силжиши рўй бермайди: dw/dn. Ушбу гуруҳ ичида шундай суюкликлар борки, $\tau>\tau_0$ бўлганда ортикча кучланиш $(\tau-\tau_0)$ таъсирида ньютон суюкликлари каби ҳаракатланади. Улар учун силжиш тенгламаси қуйидаги кўринишга эга:

$$\tau - \tau_0 = -\eta \cdot \frac{\partial w}{\partial n} \quad \text{ёки} \quad \tau = \tau_0 + \eta\left(-\frac{\partial w}{\partial n}\right) = \tau_0 + \eta\left|\frac{\partial w}{\partial n}\right| \qquad (4.61)$$

Бу турдаги суюкликлар *бингам суюқликлари* деб аталади ва улар каторига майда дисперслн суспензиялар, пасталар, айрим шламлар, лок-бўёклар ва бошкалар киради.

Бингам суюкликлари учун силжиш диаграммаси 4.14б-расмда келтирилган. Бу ерда η коэффициенти ($\eta=tg\beta$) тўғри чизикни абсциссага киялигини ифодалайди ва ***пластик қовушқоқлик коэффициенти*** деб номланади.

Реологик стационар суюкликлар орасида шундай гуруҳ суюкликлари мавжудки, пластик окиш соҳасида уларнинг силжиш тенгламаси даражали боғликлик кўринишида ифодаланади:

$$\tau = k \cdot \left(-\frac{\partial w}{\partial n}\right)^m \qquad (4.62)$$

бу ерда, k ва m – шу суюкликка хос бўлган, эмпирик усулда танланган константалар

Константа $m<1$ бўлган суюкликлар ***мавҳум пластик*** деб номланади (4.14в-расм). Бу суюкликларга, масалан, олигомерлар, паст молекулали полимерлар, юкори молекулали эритмалар, асимметрик заррачали айрим суспензиялар. Графикдан кўриниб турибдики, τ ва $|\partial w/\partial n|$ ортиши билан мавҳум пластик суюкликлар сохта ковушкоклиги камаяди.

Константа $m>1$ бўлган суюкликлар ***дилатант*** деб номланади (4.14г-расм). Бу суюкликларга мисол бўлиб айрим ковушкок бўлмаган суюкликларда аралаштирилган куюк суспензиялар, елимлар ва ҳоказоларни келтириш мумкин. Графикдан кўриниб турибдики, τ ва $|\partial w/\partial n|$ ортиши билан дилатант суюкликлар сохта ковушкоклиги ўсади.

$m>1$ бўлганда (4.60) ва (4.62) формулаларни солиштириб куйидаги кўринишни оламиз:

$m>1$ бўлганда $$\mu_e = k \cdot \left(\frac{dw}{dn}\right)^{m-1} \qquad (4.63)$$

Амалиётда дилатант суюкликлар, мавҳум пластик ва бингам суюкликларга караганда камрок учрайди.

Реологик ностационар суюкликлар орасидан амалиётда тез-тез учрайдиган суюкликлар куйидагилар:

– тиксотроп суюклик, узлуксиз кучланишлар таъсиридагн суюкликнинг μ_k нинг вакт ўтиши билан кисман камайиши содир бўлади (масалан, кўпчилик лок-бўёклар, озик-овкат маҳсулотлардан катик); таъсир этаётган кучланиш олинганда суюкликнинг тузилиши аста-секин кайта тикланади ва уларнинг ҳаракатланиши, яъни окиши тўхташи мумкин;

– реопектик (реопектант) суюкликлар, узлуксиз кучланишлар таъсиридаги суюклик μ_k нинг вакт ўтиши билан ўсиши кузатилади (масалан, компонентларнинг ўзаро кимёвий таъсири ҳисобига, бунга турткини механик куч ёки кучланиш беради), кўпинча қайтмас жараён; (мисол бўлиб ушбу аралашма хизмат қилади, яъни сув ва гипс аралашмаси, бир неча бор чайқатилгандан сўнг тезда котиб колади);

– ковушкок эластик суюкликлар, уринма кучланиш таъсиридан бўшатилганда кўпинча каттик жисмлар каби биринчи ҳолатига кисман қайтади (уларга куйидагилар киради: смолалар, юкори ковушкокли эмульсия ва суспензиялар, хамирга ўхшаш моддалар).

Бингам, мавхум пластик ва дилатант суюкликларнинг пластик окиши. Бингам суюкликларининг окиш характерини сифат нуктаи назаридан кўриб чикамиз (4.15-расм). Қовушкок окиш режими учун кучлар таҳлили радиал координата r бўйича τ нинг ўзгариши тўғри чизик эканлигини кўрсатди. Кучланишларнинг тўғри чизикли эпюраси расмнинг чап томонида келтирилган.

Оқувчанлик чегараси τ_0 бўлган суюкликлар учун 2 хил ҳолат бўлиши мумкин:

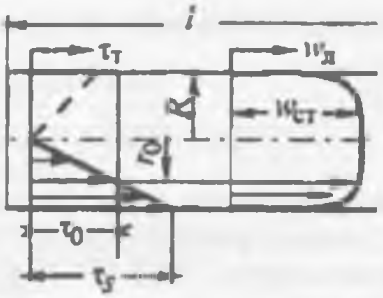
– энг катта кучланиш $\tau_3<\tau_0$. Бу шуни билдирадики, исталган жорий радиус $r\le R$ да $\tau<\tau_0$. Бунда суюкликнинг окиши йўк, шунинг учун технологик жихатдан бу ҳолат кизикарли эмас.

– энг катта кучланиш $\tau_{max} > \tau_0$. Бу шуни билдирадики, труба кўндаланг кесимининг маълум бир қисмига $\tau > \tau_0$ бўлган тенгсизлик хосдир ва бу ерда суюқлик қатламининг нисбий силжиши рўй беради; $|\partial w/\partial n| > 0$.

Расм (ўнг томонда, трубанинг штрихланган қисми) дан кўриниб турибдики, труба ўкига якин жойларда $\tau \le \tau_0$ ва бу ерда суюқлик қатламининг нисбий силжиши рўй бермайди; ушбу соҳада $|\partial w/\partial n| = 0$ бутун кўндаланг кесим бўйича суюқлик бир тезликда «стержень» кўринишда ҳаракат қилади.

4.15-расмда типик тезликлар эпюраси келтирилган. Бингам суюқлигининг пластик оқиши бир вақтнинг ўзида ҳалқасимон зонада ламинар ва ўк атрофида – «стержен»ли ҳаракатларнинг мажмуасидир.

Мавҳум пластик ва дилатант суюқликларнинг пластик оқиши τ ва $|\partial w/\partial n|$ ларнинг кичик кийматлари учун кўриб чикилади, чунки бу ораликда оқиш пластик бўлади. Бу турдаги суюқликлар учун оқувчанлик чегараси мавжуд эмас, шунинг учун ҳаракат бутун кўндаланг кесимга нисбатан таҳлил қилинади.



4.15-расм. Думалоқ трубада бингам суюқлигининг пластик оқиш қонуниятларига оид.

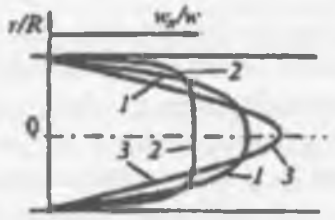
Маълумки, $r=0$ да тезлик максимал кийматга эга бўлади:

$$w_{max} = \left(\frac{\Delta p}{2kl}\right)^{\frac{1}{m}} \cdot \frac{m}{m+1} \cdot R^{\frac{m+1}{m}} = \left(\frac{\Delta p \cdot R}{2kl}\right)^{\frac{1}{m}} \cdot \frac{m}{m+1} \cdot R \qquad (4.64)$$

Ўзгарувчилар умумлаштирилганда

$$\frac{w}{w_{max}} = 1 - \left(\frac{r}{R}\right)^{\frac{m+1}{m}} \qquad (4.65)$$

4.16-расмнинг таҳлили кўрсатмокдаки, труба кўндаланг кесими бўйича тезлик ўзгариши параболик кўринишга эга, аммо $m \neq 1$ да парабола квадратик эмас.



4.16-расм. Трубада умумлаштирилган тезлик ўзгаришларини таккослаш.
1-ньютон суюкликларининг ламинар ҳаракати; 2-мавҳум пластик суюкликларнинг пластик оқиши; 3-дилатант суюкликларнинг пластик оқиши.

Расмдан кўриниб турибдики, мавҳум пластик суюқлик ($m>1$, чизик №2) лар учун тезликлар ўзгариш кўлами текисроқ, дилатант суюқлик ($m>1$, чизик №3) учун нисбатан кам текисланган, ньютон суюкликлари учун эса тезликлар кийматлари №1 ва №3 чизиклар орасида ўрин олган.

Суюклик сарфи V топилгандан сўнг, аниклаш маълум усулда амалга оширилади.

$$V=\left(\frac{\Delta p}{2kl}\right)^{\frac{1}{m}}\cdot\frac{m}{3m+1}\cdot\pi R^{\frac{3m+1}{m}}=\left(\frac{\Delta p\cdot R}{2kl}\right)^{\frac{1}{m}}\cdot\frac{m}{3m+1}\cdot\pi R^3 \qquad (4.66)$$

Суюкликнинг ўртача тезлиги $V=w\rho$ эканлигини инобатга олсак, куйидаги кўринишга келади:

$$w=\frac{V}{\pi R^2}=\left(\frac{\Delta p}{2kl}\right)^{\frac{1}{m}}\cdot\frac{m}{3m+1}\cdot R \qquad (4.67)$$

Ўртача (4.67) ва максимал (4.64) тезликлар нисбати ушбу кўринишга эга:

$$\frac{w}{w_{max}}=\frac{m+1}{3m+1} \qquad (4.68)$$

Формула таҳлили шуни кўрсатадики, агар $m=1$ бўлса, (4.66)...(4.68) тенгламалар ньютон суюкликларининг ламинар режими учун формула кўринишини олади. Тайёр қувурларда суюклик сарфини аниклаш учун (4.66) формулани суюклик хоссалари ва ҳаракат режими аник бўлса тўғридан-тўғри ҳисоблаш учун қўлланса юкори кўрсаткич беради.

Ундан ташкари, бу формула ёрдамида гидравлик қаршилик Δp ёки диаметр $d=2R$ ларни аниклаш мумкин.

Юкорида айтиб ўтилган, факат τ ва $|\partial w/\partial n|$ ларнинг кичик кийматлар соҳасидагина ноньютон суюкликларнинг пластик ҳаракати мавжуд бўлади. Пластик ҳаракатнинг юкори чегараси келтирилган. Рейнольдс сони $Re_{кр}$ характерлайди ва қуйидагича аникланади:

бингам суюклиги учун $$\mathrm{Re}_{кр}=\frac{wd\rho}{\eta\cdot(1+6w\eta)}$$

мавҳум пластик ва дилатант суюкликлар учун

$$\mathrm{Re}_{кр}=\frac{w^{2-m}\cdot d^m\cdot\rho}{k\cdot\left(3+\frac{1}{m}\right)^m}$$

кўриниб турибдики, агар τ_0 (унда $\eta\to\mu$) ва $m=1$ (унда $k\to\mu$) бўлса, ушбу тенгламалар Рейнольдс сонининг оддий ҳолати $Re=wd\rho/\mu$ га келади.

Тажрибалар шуни кўрсатдики, агар $Re_{кр}<\sim2000$ да юкорида кўриб чикилган ноньютон суюкликларининг ҳаракати пластик деб ҳисобланиши мумкин. Агар суюклик ҳаракатининг Рейнольдс сони $Re_{кр}$ нинг кийматларидан анча ортиб кетса, унда пластик ҳаракат йўколиб боради ва окибатда ноньютон суюкликлар ҳаракати ньютон суюкликларнинг ҳаракат конуниятларига якинлашиб келади.

4.12. Труба қувурлари диаметрини ҳисоблаш

Труба қувурларининг нархи кимё, нефть ва газни қайта ишлаш саноатлари корхона қурилмалари умумий нархининг салмокли қисмини ташкил этади. Ундан ташқари, труба қувурларини эксплуатация қилиш катта маблағларни сарф қилишни такозо этади. Шунинг учун, труба диаметрини тўғри танлаш катта техник-иқтисодий аҳамиятга эга.

Маълум иш унумдорликка эга труба қувурларининг диаметрини (4.2) формула ёрдамида ҳисоблаб топиш мумкин:

$$V = wF \tag{4.69}$$

бундан

$$d = \sqrt{\frac{4V}{\pi w}} \tag{4.70}$$

бу ерда, d – труба ички диаметри, м, w – суюқликнинг ўртача тезлиги, м/с, V – ҳажмий сарф, м³/с.

Техник-иқтисодий ҳисоблар асосида тавсия этиладиган труба қувурларидаги суюкликларнинг тезликлари 4.2-жадвалда келтирилган.

Суюкликларнинг тавсия этиладиган тезликлари

4.2-жадвал

т/р	Суюклик номи	Тезлиги, w, м/с
1.	Қовушкоклиги паст томчили суюклик	<3 м/с
2.	Қовушкок суюклик	<1 м/с
3.	Томчили суюклик (ўз - ўзидан окиши)	0,2…1 м/с
4.	Томчили суюклик (ҳайдаш трубасида)	1…3 м/с
5.	Газ (вентилятор ҳайдаш трубасида)	8…15 м/с
6.	Газ (босим остида)	15…25 м/с
7.	Тўйинган сув буғи	20…30 м/с
8.	Ўта киздирилган сув буғи	30…50 м/с

Шундай қилиб, труба қувурининг диаметри, унда ҳаракат қилаётган суюклик тезлиги оркали аникланади.

Агар суюклик тезлиги канча катта бўлса, (4.69) тенгламага биноан, зарур диаметр шунча кичик ва уни тайёрлаш учун шунча кам материал сарфланади. Демак, унинг нархи паст, монтаж ва таъмирланишига бўладиган харажатлар кам бўлади. Шу билан бирга, (4.56) тенгламага биноан, суюклик тезлиги ортиши билан уни узатиш учун зарур босимлар фарки ортади. Бу эса, ўз навбатида, энергия сарфининг ўсишига олиб келади.

Шунинг учун, труба қувурининг оптимал диаметрини топиш учун техник-иқтисодий услубдан фойдаланиш зарур.

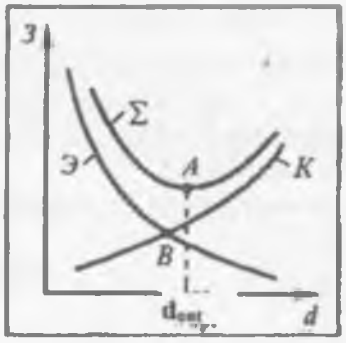
Ушбу муаммони ечиш йўли кўпгина гидродинамик, иссиклик ва масса алмашиниш жараёнлари учун умумий бўлиб, капитал ва эксплуатацион сарфларни таккослашга асосланган.

Труба қувурларининг таҳлили учун асос қилиб сарф (4.69, 4.70) ва Дарси-Вейсбах (4.48) тенгламаларини оламиз.

Труба қувурининг диаметри ортиши билан капитал сарфлар жадал суръатда кўпаяди, чунки диаметр d га пропорционал равишда нафакат периметр, балки труба деворининг калинлиги ҳам ошади.

4.17-расмдан кўриниб турибдики, труба диаметри ортиши билан капитал сарфлар кескин равишда кўпаяди ва K эгри чизик оркали намоён бўлади.

Эксплуатацион сарфлар диаметр ўсиши билан кескин камаювчи $Э$ эгри чизиғи билан ифодаланади. Лойиҳачи ва технологларни жами сарфлар (Σ эгри чизиғи) минимал бўлган труба диаметри кизиктиради. Расмда Σ эгри чизигининг минимумига A нукта тўғри келади. Демак, труба қувурининг оптимал киймати $d_{опт} = d_A$.



4.17-расм. Труба қувурининг энг самарадор диаметрини аниқлашга оид.
З-сарфлар, Э-эксплуатацион сарфлар
К-капитал сарфлар, Σ-сарфлар йиғиндиси

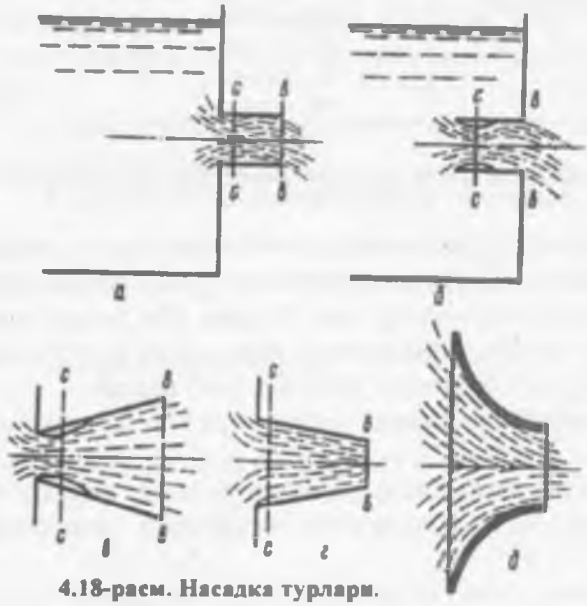
Оптимал труба қувурида эксплуатацион сарфлар минимал бўлади.

Кўпинча қурилмаларни лойиҳалашда суюқлик ва газларнинг тезлигини труба қувурларникига қараганда 3...5 маротаба пастроқ қилиб олиш мақсадга мувофиқ.

4.13. Насадка ва тешиклар орқали суюқлик оқиб чиқиши

Технологик қурилма, цистерна ва бошқа идишлар бўшаши пайтида тешик ва насадкалар орқали суюкликлар оқиб тушиш жараёни юз беради.

Насадка деб юпка девордаги тешикка маҳкамланган турли шаклдаги калта патрубкаларга айтилади. Одатда насадка узунлиги тахминан 3...4 диаметрга тенг бўлади. Конструкциясига қараб насадкалар ички (а), ташқи (б), кенгаювчи (в) ва тораювчи конуссимон (г) ҳамда коноидал (д) шаклли бўлади (4.18-расм).



4.18-расм. Насадка турлари.

Суюқлик оқиб чиқиш пайтида насадка ичида вакуум ҳосил бўлади ва натижада тешикнинг ўзидан суюқлик ўтказиш кобилияти ортади. Кенгаювчи конуссимон насадкаларда цилиндрсимон насадкаларникидан кўпроқ миқдорда вакуум ҳосил бўлади.

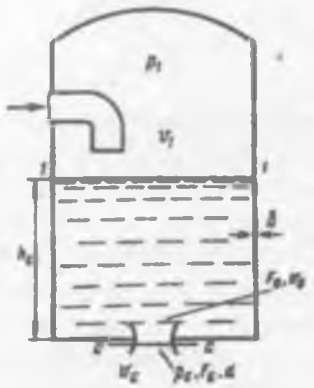
Агар насадкалардан чиқишда юқори тезликка эришиш зарур бўлса, тораювчи конуссимон насадкаларда қўлланилади. Коноидал насадкалар оқимча шаклида тайёрланади. Шунинг учун бундай насадкаларда оқимча сикилмайди ва энергия йўқотилиши минимал бўлади.

Идишдаги суюқлик баландлиги ўзгармас бўлганда, идиш тубидаги думалоқ тешикдан суюқлик оқиб чиқиши.

Юпка девордаги ($\delta \le 2d$) тешик орқали суюқлик оқиб чиқмоқда, яъни тешик чети ўткир киррали ва унинг қалинлиги оқимча шаклига таъсир этмайди (4.19-расм).

Бу шароитда оқиб чиқишда фақат энергиянинг маҳаллий йўқотилиши содир бўлмоқда. Идиш тубидан маълум бир баландликда оқимча сиқилади ва ушбу кўндаланг кесимда параллел – оқимчали оқиб тушиш рўй бермоқда деб тасаввур қиламиз.

1-1 ва с-с кўндаланг кесимлар учун Бернулли тенгламасини ёзамиз. Кўриниб турибдики, $w_1 << w_c$;



4.19-расм. Идишда суюқлик баланд лиги ўзгармас бўлганда, унинг тубидаги думалоқ тешикдан оқиб чиқиши.

$$h_c + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{p_c}{\rho g} + \frac{\alpha \cdot w_c^2}{2g} + h_{ауш}$$

бу ерда, p_c , w_c – сиқилган кесимдаги суюқлик босими ва тезлиги, α – оқимчанинг нотекислик коэффициенти к

$$h_{ауш} = \xi \frac{w_c^2}{2g}$$

бу ерда, ξ – маҳаллий қаршилик коэффициенти, ξ=0,06.

Бернулли тенгламасидан қуйидаги формулани оламиз:

$$w_c = \sqrt{\frac{2g}{2+\xi}\left(h_c + \frac{p_0 - p_c}{\rho g}\right)}$$

ёки

$$w_c = \varphi\sqrt{2gH} \qquad (4.71)$$

бу ерда

$$\varphi = \sqrt{1/(\alpha + \xi)}.$$

Ҳажмий сарф эса

$$V = \varphi F_c \sqrt{2gH}$$

бу ерда, φ – тезлик коэффициенти, думалоқ тешик учун φ=0,97, F_c – оқимча кўндаланг кесими юзаси:

$$F_c = \varepsilon_0 F_0$$

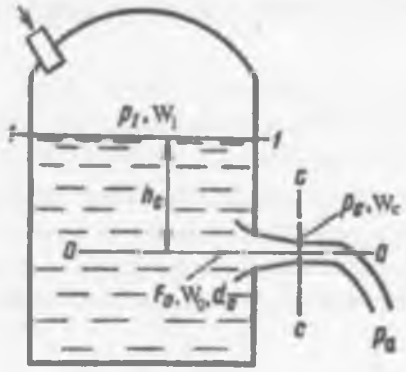
бу ерда, ε_0 – оқимчанинг сиқилиш коэффициенти, ε_0=0,64, F_0 – тешик кўндаланг кесими юзаси.

Унда:

$$V = \varphi\varepsilon F_0 \sqrt{2gH} = \mu F_0 \sqrt{2gH} \qquad (4.72)$$

бу ерда, $\mu = \varepsilon\varphi$ – сарф коэффициенти.

Сарф коэффициенти μ тешик шакли, девор қалинлиги ва суюқлик қовушқоқлигига боғлик. Сув учун μ = 0,62...0,63 бўлиб, бошқа суюқликлар учун $\mu = f(Re)$.



4.20-расм. Идишдаги суюқлик баландлиги ўзгармас бўлганда юпқа ён девордаги думалоқ тешикдан суюқлик оқиб чиқиши.

Агар суюқлик атмосфера босимли идишга оқиб тушса $p_1 = p_c = p_a$;

$$V = \mu F_0 \sqrt{2gh_c}$$

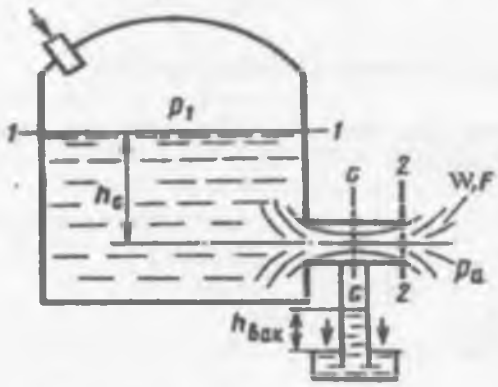
Идишдаги суюқлик баландлиги ўзгармас бўлганда, юпқа ён девордаги думалоқ тешикдан суюқлик оқиб чиқиши. d_0 диаметрли тешик оғирлик марказидан 0-0 таққослаш текислигини ўтказамиз. Идиш сатҳ юзаси 1-1 ва сиқилган кўндаланг кесим *c-c* лар учун Бернулли тенгламасини ёзамиз (4.20-расм).

$$h_c + \frac{p_1}{\rho g} = \frac{p_a}{\rho g} + \frac{\alpha_c w_c^2}{2g} + \xi \frac{w_c^2}{2g}$$

бунда $p_c = p_a$ эканлигини инобатга оламиз.

Тенгламани w_c га нисбатан

$$w_c = \sqrt{\frac{2g}{\alpha + \beta}\left(h_c + \frac{p_1 - p_a}{\rho g}\right)} = \varphi\sqrt{2gH} \qquad (4.73)$$



4.21-расм. Идишдаги суюқлик ўзгармас бўлганда цилиндрик насадкадан суюқлик оқиб чиқиши.

Суюқлик сарфи эса, $p_o = p_c = p_a$ қуйидагича топилади:

$$V = \mu F_0\sqrt{2gh}$$

бу ерда $\mu = 0{,}6\ldots0{,}62$

Идишдаги суюқлик баландлиги ўзгармас бўлганда, цилиндрик насадкадан суюқлик оқиб чиқиши.

Бернулли тенгламасига биноан сиқилган кўндаланг кесимда вакуум ҳосил бўлади (4.21-расм).

Цилиндрик насадкадан суюқлик оқиб чиқиш тезлиги:

$$w = \sqrt{\frac{2gH}{\alpha + \xi_T/\varepsilon^2 + (1/\varepsilon - 1)^2 + \lambda l/d}} \qquad (4.74)$$

бу ерда, ξ_t – торайган кўндаланг кесимдаги маҳаллий қаршилик; λ – гидравлик қаршилик коэффициенти; насадка учун $\varepsilon = 1$ ва $\mu = \varphi$.

Насадка оркали оқиб ўтаётган суюқлик сарфи;

$$V = \mu F_0\sqrt{2gH}$$

Ҳосил бўлаётган вакуум эса:

$$h_{вак} = 2\varphi^2 H(1 - \varepsilon)/\varepsilon \qquad (4.75)$$

Ташки цилиндрик насадка учун φ=0,82, ε=0,64. Ушбу φ ва ε кийматларида қуйидагича кўринишга эга бўламиз:

$$h_{вак} \approx 0{,}75H \text{ ва } H \le 1{,}35h_{вак}$$

Тажрибалар шуни кўрсатадики, агар вакуум 8 м.сув.уст.дан ортик бўлса, ҳаво чиқиш кўндаланг кесимидан сўрилиб бошланади. Бу эса вакуумнинг «узилишига» олиб келади. Бундай ҳолатларда насадка оддий тешикка ўхшаб ишлайди. Шунинг учун, напорнинг киймати қуйидаги формуладан аникланадиган энг катта кийматдан ошмаслиги керак:

$$H_{э.к} = h_{вак.м} \frac{1}{2\varphi^2} \cdot \frac{\varepsilon}{1 - \varepsilon} \qquad (4.76)$$

бу ерда, $h_{вак.м}$= 8 м.сув уст.

$$H_{ш} = 8\,\frac{1}{2 \cdot 0{,}82^2} \cdot \frac{0{,}64}{1 - 0{,}64} \approx 10\ м.сув.уст.$$

Ўзгарувчан напорда суюкликнинг оқиб чиқиши.

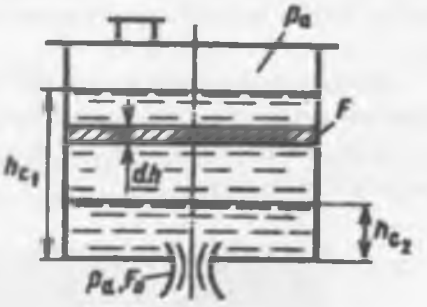
Ўзгарувчан напорга эга бўлган суюкликнинг юпка деворли идиш тешигидан оқиб, бутунлай чиқиб кетишини кўрамиз (4.22-расм).

Суюкликнинг оқиб чиқиши турғунмас режимда рўй бермоқда. Идиш тубида жойлашган тешикнинг кўндаланг кесим юзаси F_0.

Элементар $d\tau$ вақт бирлигида суюкликнинг баландлиги h_{c1} дан h_{c2} га ўзгарганда идиш тубидаги тешикдан оқиб чиқаётган суюклик ҳажми қуйидаги формуладан топилади:

$$dV = \mu F_0 \sqrt{2gh} \cdot d\tau$$

бу ерда, h - $d\tau$ вақтда тешик оғирлик маркази тепасидаги напор.



4.22-расм. Ўзгарувчан напорда суюкликнинг оқиб чиқиши.

Вақт бирлигида идишдаги суюклик баландлиги $dh = dV/F$ га ўзгаради. Бу ерда F – идиш кўндаланг кесим юзаси.

Оқимнинг узлуксизлик тенгламасига биноан:

$$-dhF = \mu F_0 \sqrt{2gh}\, d\tau$$

бундан

$$d\tau = -\frac{Fdh}{\mu F_0 \sqrt{2gh}} \qquad (4.77)$$

Суюкликнинг оқиб тушиш вақтини топиш учун (4.77) ифодани h_{c1} ва h_{c2} ораликда интеграллаймиз

$$\tau = -\int_{h_{c1}}^{h_{c2}} \frac{Fdz}{\mu F_0 \sqrt{2gz}} = \frac{F}{\mu F_0 \sqrt{2g}} \int_{h_{c1}}^{h_{c2}} \frac{dh}{\sqrt{h}} = \frac{F}{\mu F_0 \sqrt{2g}} \left| 2\sqrt{h} \right|_{h_{c1}}$$

Демак,

$$\tau = +\frac{2F\left(\sqrt{h_{c1}} - \sqrt{h_{c2}}\right)}{\mu F_0 \sqrt{2g}}. \qquad (4.78)$$

Ушбу тенглама ёрдамида суюклик баландлиги маълум миқдорга камайганда, яъни h_{c1} дан h_{c2} га пасайганда, суюкликнинг оқиб тушиш вақти топилади.

Агар h_{c2}=0 бўлса, идишдаги суюклик бутунлай, тўлиқ оқиб чиққан бўлади:

$$\tau = \frac{2F\sqrt{h_{c1}}}{\mu F_0 \sqrt{2g}}$$

ёки

$$\tau = \frac{2Fh_{c1}}{\mu F_0 \sqrt{2gh_{c1}}} = \frac{2V_p}{V} \qquad (4.79)$$

бу ерда, V_p – резервуар ҳажми; V - h_{c1} бўлгандаги суюклик сарфи.

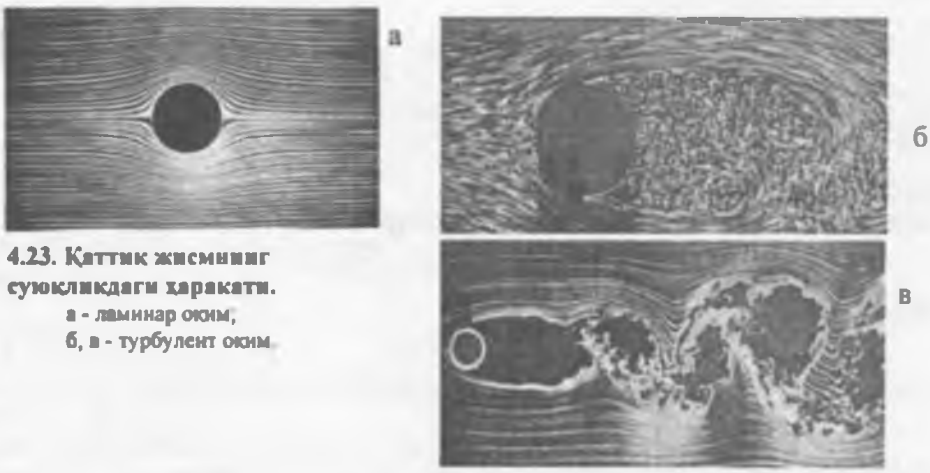
Демак, напор ўзгарувчан бўлганда резервуарнинг бутунлай, тўлиқ бўшаш вақти

ўзгармас напорлига караганда 2 марта кўп бўлади.

4.14. Қаттиқ жисмларнинг суюкликда ҳаракати

Суюкликда жисм ҳаракатига қаршилик. Кимё, нефть ва газни қайта ишлаш технологияларида бир қатор жараёнлар қаттиқ жисмларнинг суюқлик ёки газларда ҳаракати билан боғлиқ. Бундай жараёнларга қаттиқ заррачаларни суспензия ва чанглардан оғирлик, инерцион кучлар таъсирида чўктириш ва суюклик муҳитларида механик аралаштиришлар киради. Ушбу жараёнлар қонуниятларини ўрганиш гидродинамиканинг ташқи масаласидир.

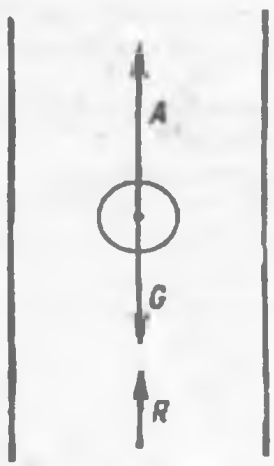
Жисмлар суюкликда ҳаракат қилган пайтида қаршиликлар ҳосил бўлади. Бу қаршиликларни енгиш ва жисмнинг текис ҳаракатини таъминлаш учун маълум миқдорда энергия сарфланиши керак. Ҳосил бўлаётган қаршиликлар асосан ҳаракат режими ва жисм шаклига боғликдир.



4.23. Қаттиқ жисмнинг суюкликдаги ҳаракати.
а - ламинар оқим;
б, в - турбулент оқим.

Ламинар режимда, яъни суюклик қовушқоқлиги юқори ёки унинг тезлиги паст ва жисм ўлчамлари кичик бўлганда, жисм атрофида чегаравий қатлам ҳосил бўлади ва суюклик текис, равон оқиб ўтади (4.23а-расм).

Жисм ҳаракат тезлиги ортиши билан (турбулент режимда) инерция кучларининг аҳамияти ва роли ортиб боради. Бу кучлар таъсирида жисмни ўраб турган чегаравий қатлам узила бошлайди ва натижада ҳаракат қилаётган жисм орқа томонида босим пасаяди ва ушбу жойда тартибсиз, уюрмали оқимчалар ҳосил бўлади (4.23б-расм).



4.24-расм. Чўкаётган заррачага таъсир этувчи кучлар.

Жисмнинг суюкликда ҳаракати пайтида унинг олд ва орқа томонларидаги босимлар фарқи ўсиб боради ва ламинар режимдагидан анча катта бўлади. Рейнольдс критерийсининг маълум бир қийматидан бошлаб олд томонидаги қаршиликни ҳисобга олмаслик ҳам мумкин. Трубаларда суюклик ҳаракати пайтидек, бундай ҳолларда автомодель режим бошланади.

4.24-расмда суюкликда чўкаётган шарсимон заррачага таъсир этувчи кучлар кўрсатилган.

Диаметри d ва зичлиги ρ_3 бўлган заррачанинг огирлик кучи G ва у пастга қараб йўналган бўлади:

$$G = \left(\frac{\pi d^3}{6}\right)\rho_3 g \qquad (4.80)$$

Архимед конунига биноан кўтарувчи куч A ушбу тенгламадан топилади:

$$A = \left(\frac{\pi d^3}{6}\right)\rho g \qquad (4.81)$$

бу ерда, ρ – суюқлик зичлиги, кг/м^3

Заррача чўкишига сабабчи куч эса, қуйидагига тенг:

$$G - A = \frac{\pi d^3}{6}(\rho_т - \rho)g \qquad (4.82)$$

Чўкиш жараёнида каттиқ жисмга суюқлик қаршилик кўрсатади. Ушбу қаршилик R қиймати муҳит ковушкоклиги μ, зичлиги ρ, заррача кўндаланг кесим юзаси F ва шаклига боғлиқ.

Муҳит қаршилик кучи R Ньютон қонунига биноан ушбу тенгламадан топилади:

$$R = \xi F \frac{\rho w_{чўк}^2}{2} \qquad (4.83)$$

бу ерда, ξ – муҳит қаршилик коэффициенти, $w_{чўк}$ – жисм ҳаракат тезлиги, м/с.

Чўкиш жараёнини ўрганиш натижасида кўпчилик олимлар томонидан қуйидаги режимлар аниқланган ва уларни ифодаловчи формулалар тавсия этилган:

4.3-жадвал

Суюқлик ҳаракат режими	Рейнольдс сони	Архимед сони	Формула	Муҳитнинг қаршилик коэффициенти
Ламинар	Re<2	Ar<36	Re=0,056·Ar	$\xi = \frac{24}{Re}$ (4.84)
Ўтиш	Re=2…500	Ar=(36…83)·10^3	Re=0,15·Ar^{0,715}	$\xi = \frac{18,5}{Re^{0,6}}$ (4.85)
Турбулент	Re>500	Ar>83·10^3	Re=1,74·Ar^{0,5}	$\xi = 0,44 = const$ (4.86)

Шар шаклида бўлмаган жисмларнинг суюқликда ҳаракати пайтида муҳитнинг қаршилиги шарсимон шаклли жисмга нисбатан катта бўлиб, Рейнольдс сони ва шакл омилига боғлиқ бўлади, яъни:

$$\xi = f(Re, \Phi)$$

$$\Phi = \frac{F_m}{F} \qquad (4.87)$$

бу ерда, F – жисм юзаси, F_m – жисм ҳажмига тенг шарнинг юзаси.

Турли шаклдаги жисмларнинг Φ коэффициенти қийматлари.

4.4-жадвал

Заррача шакли	Шар	Куб	Цилиндр ($h=10r$)	Диск ($h=0,1r$)
Коэффициент Φ	1	0,806	0,69	0,32

Рейнольдс критерийсини ҳисоблашда шар шаклида бўлмаган жисмлар учун асосий чизикли ўлчам сифатида шу жисм ҳажмига тенг эквивалент шарнинг диаметри қўлланилади.

Агар жисмнинг ҳажми V, унинг массаси m ва зичлиги ρ маълум бўлса, унда эквивалент диаметри d нинг киймати ушбу тенгламадан топилиши мумкин:

$$V = \frac{m}{\rho_1} = \frac{\pi d^3}{6} \qquad (4.88)$$

4-боб. Суюкликларнинг харакати бўйича Мустакил тайёрланиш ва кайтариш учун саволлар

1. Гидрдинамика нимани ўргатади?
2. Суюклик сарфини аникловчи формула ва ўлчов бирлигини ёзинг.
3. Гидравлик радиус ва эквивалент диаметрлар маъноси ва формуласини ёзинг.
4. Турғун ва нотурғун окимлар тўғрисидаги тушунчалар ва формуласини ёзинг.
5. Окимнинг узлуксизлик тенгламасининг физик маъноси ва формуласини ёзинг.
6. Суюклик ҳаракатининг Эйлер дифференциал тенгламасини келтириб чикаринг.
7. Бернулли тенгламасининг физик маъноси ва формуласини ёзинг.
8. Потенциал ва кинетик энергиялар таърифини беринг.
9. Геометрик, статик ва тезлик напорларининг маъноси ва формулаларини ёзинг.
10. Навье-Стокс дифференциал тенгламасини ёзинг ва таърифини беринг.
11. Суюклик сарфи ва тезлигини ўлчаш усуллари.
12. Пито-Прандтл пневмометрик трубкасининг конструкцияси, тезликни ўлчаш усули ва ҳисоблаш формуласи.
13. Диафрагма конструкцияси, тезликни ўлчаш усули ва ҳисоблаш формуласи.
14. Ўлчов сопло конструкцияси, тезликни ўлчаш усули ва ҳисоблаш формуласи.
15. Вентури труба конструкцияси, тезликни ўлчаш усули ва ҳисоблаш формуласи.
16. Суюкликларнинг кандай ҳаракат режимлари бор?
17. Рейнольдс критерийси, унинг физик маъноси ва формуласини ёзинг.
18. Ламинар режимда ўртача тезлик кайси формуладан аникланади?
19. Турбулент режимда ўртача тезлик кайси формуладан аникланади?
20. Нисбий ғадир-будурлик, гидравлик силлик ва ғадир-будур трубалар таърифи.
23. Ишкаланиш каршилигини таърифланг ва ҳисоблаш формуласини ёзинг.
24. Маҳаллий каршиликни таърифланг ва ҳисоблаш формуласини ёзинг.
25. Маҳаллий каршиликлар турлари ва конструкциялари.
26. Ноньютон суюкликлар турлари. Реология нима?
28. Бингам, мавҳум пластик ва дилатант суюкликларни таърифлаб беринг.
29. Труба диаметрини аниклаш формуласини ёзинг.
30. Суюклик, газ ва буғлар учун кандай тезлик тавсия этилган?
31. Насадка ва тешиклар конструкцияларини чизинг.
32. Суюкликда чўкаётган жисмга кандай кучлар таъсир этади?
33. Оғирлик, кўтарувчи ва каршиклик кучларини ифодаловчи формулаларни ёзинг.
34. Шакл омили нима ва кандай параметрларга боғлик?
35. Каттик жисмнинг чўкиш режимлари ва уларни ҳисоблаш формулалари.

НАСОСЛАР

4.15. Умумий тушунчалар

Қурилмаларда ва қувур ичида суюқлик унинг боши ва охиридаги босимлар фарқи туфайли ҳаракат қилади. Суюқликнинг қуйи сатҳдан юқори сатҳга узатиш учун эса, насослардан фойдаланилади. Бунда суюқликка босимнинг потенциал энергияси таъсир эттирилади.

Насос – шундай гидравлик машинаки, унда электр юритқичнинг механик энергияси суюқликнинг ҳаракат (узатиш) энергиясига айлантириб берилади.

4.16. Насослар классификацияси

Ҳаракатланиш турига қараб ҳажмий, куракли (марказдан қочма), уюрмавий ва ўқли насосларга бўлинади.

Ҳажмий насосларнинг ишлаш принципи ёпиқ ҳажм ичида сиқиб чиқариш усулига асосланган бўлиб, илгарилама-қайтма ва айланма ҳаракатлар туфайли суюқлик сиқиб чиқарилади. Ҳажмий насосларга поршенли, ротацион, винтли, шестерняли ва пластинали гидравлик машиналар киради. Марказдан қочма насосларда босим марказдан қочма куч таъсирида, яъни насос қобиғи (асоси)га жойлашган куракли ғилдиракнинг айланиши туфайли содир бўлади.

Уюрмавий насосларда уюрма энергияси ҳисобига узатилади. Бу ишчи ғилдиракнинг айланишида уюрманинг тезда ҳосил бўлиши ва сўниши билан амалга ошади.

Айтиб ўтилган насослардан ташқари, яна оқимчали насослар ҳамда газлифтлар ва монтежю деб номланадиган машиналардан ҳам фойдаланилади. Бу насосларда газ, сув ва бугларнинг босимларидан фойдаланиади. Турли соҳаларда ишлатиладиган механик насосларнинг турлари кўп бўлиб, уларнинг иш унумдорлиги ва бир меъёрда узатишига, тузилишига, ишчи органларининг характери ҳамда ҳаракатланиш тезлигига қараб синфларга ажратилган (4.5-жадвал).

Насослар классификацияси

4.5-жадвал

№	Тип	Тури	Алоҳида белгилари
1.	Механик	Ҳажмий:	
		поршенли	Ҳаракатланувчи ишчи орган-поршен ёки плунжер
		Ротацион:	
		пластинали	Ишчи орган – пластинали ротор
		шестерняли	Ишчи орган –шестерня
		винтсимон	Ишчи орган –винтлар
		шлангсимон	Ишчи орган –силжувчи сиқилмалар
		Парракли:	
		марказдан кочма	Ишчи ғилдирак айланиши даврида суюқликни четга улоқтиради
		Пропеллерли (ўқли)	Ўқга маҳкамланган парраклар суюқликни ўқ чизиғи бўйича узатади
		Уюрмали	Суюқликни кўп маротаба четга улоқтириш
2.	Механик эмас	Газлифт	Суюқлик зичлигига нисбатан зичлиги кам газ-суюқлик аралашма ҳосил қилиш
		Оқимчали	Оқимнинг катта кинетик энергияси
		Монтежю	Босим остидаги кўзғалмас газ

4. 17. Насосларнинг асосий параметрлари

Насосларнинг асосий параметрлари бўлиб унумдорлик, напор ва қувватлари ҳисобланади.

Унумдорлик V $(м^3/с)$ – бу суюкликнинг ҳажмий сарфи бўлиб, ҳайдаш қувури орқали насос ёрдамида узатилган суюқлик миқдорини билдиради.

Насос напори H $(м)$ – бу насоснинг масса бирлигига эга бўлган суюкликка берган солиштирма энергиясидир.

Фойдали қувват $N_ф$ $(Вт)$ –напор H ва суюклик массавий сарфи ρg V кўпайтмасига тенг миқдордаги суюклик потенциал энергиясига айтилади:

$$N_ф = \rho g V H \tag{4.89}$$

Насос ўқидаги қувват $N_в$ ни аниқлаш учун фойдали қувватни насос фойдали иш коэффициентига бўлиш керак ва у насоснинг йўқотган энергиясини характерлайди:

$$N_в = \frac{N_ф}{\eta_н} = \frac{\rho g V H}{\eta_н} \tag{4.90}$$

Насос йўқотган энергияси конструкциянинг мукаммаллиги, ишлатиш самарадорлиги ва насоснинг едирилиши ҳисобга олинади:

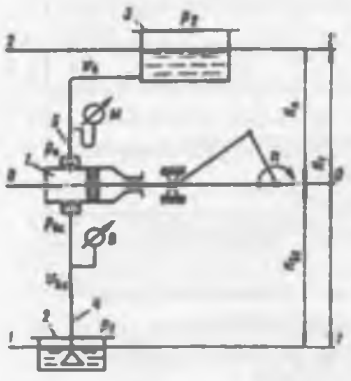
$$\eta_н = \eta_V \cdot \eta_Г \cdot \eta_{мех} \tag{4.91}$$

бу ерда, $\eta_г$ – узатиш ф.и.к.; суюкликнинг клапан, сальник, ҳар хил тиркишлардан оқиб чиқиб кетишини ҳисобга олади, яъни $\eta_V = V/V_{наз}$ ҳақиқий унумдорликнинг назарий унумдорликка нисбатини характерлайди, $\eta_г$ –гидравлик ф.и.к., $\eta_г = H/H_{наз}$ – ҳажмий напорни назарий напорга нисбатини билдиради; $\eta_{мех}$ – механик ф.и.к.; подшипник, сальник ва бошқа элементларда ишқаланишга йўқотилган қувват.

Насоснинг фойдали иш коэффициенти $\eta_н$ поршенли насослар учун 0,8...09, марказдан қочма насос учун 0,7...0,95 ни ташкил этади.

Электр юриткич истеъмол қилаётган қувват ёки номинал қуввати $N_{эю}$ ўқдаги қувватга караганда кўпрок, чунки электр юриткичдан насос ўқигача энергияни узатиш муфтасида ва электр юриткич ўқида йўқотилишлар содир бўлади. Ушбу йўқотилишлар $N_в$ тенгламасига узатма $\eta_{уз}$ ва электр юриткич ф.и.к. $\eta_{эю}$ ларини киритиш орқали инобатга олинади:

$$N_{эю} = \frac{N_в}{\eta_н \cdot \eta_{уз} \cdot \eta_{эю}} = \frac{\rho g V H}{\eta_V \cdot \eta_г \cdot \eta_{мех} \cdot \eta_{уз} \cdot \eta_{эю}} \tag{4.92}$$



4.25-расм. Насос қурилмасининг схемаси.

Насос қурилмасининг тўлиқ фойдали иш коэффициенти:

$$\eta = \frac{N_ф}{N_{эю}} = \eta_н \cdot \eta_{уз} \cdot \eta_{эю} \tag{4.93}$$

бу ерда, $N_{эю}$ – юриткич истеъмол қуввати, $\eta_{уз}$ – узатиш ф.и.к.; $\eta_{эю}$ – юриткич ф.и.к.

Юриткичнинг ўрнатиш қуввати, насосни ишга тушириш онида (вақтида)ги $N_{эю}$ ортиқча юкланишини инобатга олган ҳолда аниқланади.

$$N_{ур} = \beta \cdot N_{эю} \tag{4.94}$$

бу ерда β - қувватнинг захира коэффициенти, бу электр юриткичнинг қувватига қараб 2,0 дан 1,1 гача олинади.

Электр юриткичнинг қуввати канча юқори бўлса, коэффициент β нинг қиймати шунча кичиклашади.

Сўрнш баландлнгн. Насос қурилмаси насос 1, пастки 2 ва босим ҳосил қилувчи 3 идишлардан, манометр М, вакуумметр В, сўриш 4 ва ҳайдаш 5 қувурларидан ташкил топган.

Насоснинг напорини аниклаш учун 1-1 ва 0-0 кесимлари учун Бернулли тенгламасини сўриш режими учун ёзамиз (4.25-расм). Таққослаш текислиги деб пастки идишдаги суюқлик сатҳини оламиз:

$$\frac{p_1}{\rho g}+\frac{w_1^2}{2g}=H_{сўр}+\frac{w^2_{сўр}}{2g}+\frac{p_{сўр}}{\rho g}+h_{сўрйўқ}. \qquad (4.95)$$

бу ерда, p_1 – пастки идишдаги босим; w_1 – 1-1 кесимдаги пастки хажмдаги суюқлик тезлиги, $H_{сўр}$ – сўриш баландлиги, $w_{сўр}$ – сўриш кувуридаги суюқлик тезлиги, $p_{сўр}$ – насоснинг сўриш босими; $h_{сўр.йўқ}$ – сўриш кувуридаги йўқотилишлар

Ҳайдаш режими учун 0-0 ва 2-2 кесимлари учун тузилган Бернулли тенгламаси (таққослаш текислиги деб насос ўкидан ўтган 0-0 текислиги олинади) куйидагича ёзилади:

$$\frac{p_{уз}}{\rho g}+\frac{w_{уз}^2}{2g}=H_{уз}+\frac{w_2^2}{2g}+\frac{p_2}{\rho g}+h_{узйўқ} \qquad (4.96)$$

бу ерда, $p_{уз}$ – узатиш (ҳайдаш) босими; $w_{уз}$ – ҳайдаш кувуридаги тезлик, $H_{уз}$ – узатиш баландлиги, w_2 – 2-2 – кесимдаги юкори идишдаги суюқлик тезлиги, p_2 – ҳайдаш идишидаги босим, $h_{уз.йўқ}$ - ҳайдаш кувуридаги йўқотилиш

Сўриш ва ҳайдаш кувурларидаги тезликка нисбатан пастки ва юкоридаги идишлардаги суюқлик тезлигининг ўзгариши жуда кичик бўлгани учун, улар нолга тенг (w_1=0; w_2=0).

(4.95) ва (4.96) тенгламаларни ҳисобга олиб, насоснинг напорини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$H=\frac{p_{уз}-p_{сўр}}{\rho g}=\frac{p_2-p_1}{\rho g}+\frac{w^2_{сўр}+w^2_{уз}}{2n}+H_{сўр}+H_{уз}+h_{сўрйўқ}+h_{узйўқ} \qquad (4.97)$$

Сўриш билан ҳайдаш кувури ўзаро тенг бўлганда, ушбу тенгликни соддалаштириш мумкин бўлади, яъни $w_{сўр} = w_{уз}$. Суюкликни геометрик узатиш баландлиги эса, $H_г = H_{сўр} + H_{уз}$, бундан куйидаги тенглама келиб чикади:

$$H=\frac{p_1-p_2}{\rho g}+H_{сўр}+h_{йўқ} \qquad (4.98)$$

бу ерда, $h_{йўқ}=h_{сўр}+h_{нагн.йўқ}$ – босимнинг умумий йўқотилиши.

Агарда юкоридаги ва пастки идишдаги босимлар тенг бўлса, яъни $p_2=p_1$, у холда:

$$H=H_г+h_{йўқ} \qquad (4.99)$$

(4.98) теигламага биноан, насоснинг босими, суюкликни геометрик баландлик $H_г$ кўтаришга, идишлардаги босимлар фаркини, сўриш ва ҳайдаш идишлардаги гидравлик каршиликларни енгишга сарф бўлади.

Горизонтал жойлашган кувур оркали сув узатилганда ($H_г$=0), насос босими фақат каршиликларни енгиш учун сарфланади:

$$H=h_{йўқ} \qquad (4.100)$$

Ишлаётган насоснинг босимини (напорини) вакуумметр $H_в$ ва манометр $H_м$ ларнинг кўрсаткичлари асосида аниклаш мумкин:

$$H=H_м+H_в+h$$

бу ерда, h – манометр ва вакуумметрлар орасидаги масофа.

(4.95) тенгламадан сўриш баландлигини кўриб чиксак:

$$H_{сўр} = \frac{p_1 - p_{сўр}}{\rho g} - \frac{w_{сўр}^2}{2g} - h_{сўрйўк} \qquad (4.101)$$

w_1 тезлик киймати $w_{сўр}$ га нисбатан анча кичик бўлгани учун, w_1=0 деб кабул килсак бўлади.

(4.101) тенгламадан шу нарса кўриниб турибдики, $p_{сўр}$ камайиши билан сўриш баландлиги ортади. Суюклик насос ичида кайнаб кетмаслиги учун, $p_{сўр}$ киймати суюклик узатилаётган температурадаги сув буғи тўйиниш босими $P_т$ дан катта бўлиши керак , яъни $p_{сўр} > p_т$.

Шундай килиб, сўриш баландлигининг чегаравий кийматини куйидагича аниклаймиз:

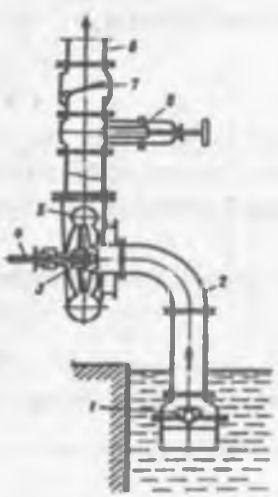
$$H_{сўр} \le \frac{p_{атм} - p_т}{\rho g} - \frac{w_{сўр}^2}{2g} - h_{сўр.йўк} \qquad (4.102)$$

бу ерда, $p_{атм}$ – атмосфера босими, $p_{атм}$=p_1.

Акс ҳолда, суюклик насос ичида кайнаб кетади ва интенсив буғ ҳосил бўлишга олиб келади. Буғ пуфакчалари суюклик билан юкори босимли соҳага кириб колса, томчига айланиб, бўшликлар ҳосил килади, гидравлик зарба шовкин бўлишига олиб келади, яъни кавитация ҳодисаси содир бўлади.

Маълумки, суюкликларнинг кайнаши – бу унинг тўйинган буғлари босимининг ташки босим, яъни суюклик устуни ёки ташки босимга тенг ёки катта (p>$p_{сўр}$) бўлгандаги шароитда содир бўлади. Қайнаш жараёнида ҳосил бўлган буғ босим ортиши билан конденсацияланади. Лекин бир килограмм суюклик эгаллаган ҳажм, буғ эгаллаб турган ҳажмга нисбатан бир неча юз ва минг баробар кам бўлади. Шунинг учун, конденсация рўй берағтган бўшликда вакуум ҳосил бўлади. Конденсацияда бўшаган бўшликни бир зумда суюклик тўлдиради. Бунда гидравлик зарба ҳосил бўлади ва насос деталларининг емирилиши рўй беради ва натижада насоснинг ишчи органларида ўйилган чукурчалар пайдо бўлади. Насос бундай режимда ишлаши унинг бузилишига олиб келади.

Юкорида кайд этилган ҳодиса, яъни паст босимли соҳаларда суюкликнинг кайнаш даврида газ пуфакча (ғовак) ларининг ҳосил бўлиши ***кавитация*** (инглизча – cavity, «бўшлик», «ғоваклик») деб номланади. Кавитация мавжуд режимларда насосларни эксплуатация килиш унинг гидравлик ф.и.к. ва унумдорлигининг пасайишига олиб келади. Кавитация ҳодисаси эриган газлар десорбцияси ёки бирикмалар зичланиши йўколган ҳолларда курилмага ҳавонинг сўрилиши ($p_{сўр}$ атмосфера босимидан паст бўлганда) окибатида ҳам рўй бериши мумкин. Шунинг учун ҳам, насос унумдорлигини сўриш йўлидаги задвижка орқали амалга ошириш қатъиян ман этилади.



4.26-расм. Марказдан қочма насос схемаси:
1,7 - клапан; 2 - сўриш қувури; 3 - ишчи гилдирак; 4 - ўк; 5 - қобик; 6 - ҳайдаш қувури; 8 - задвижка.

Кавитация бўлиши насос унумдорлигини пасайтиради, гидравлик зарба билан ишлаган насос, тез едирилади, коррозияга учрайди ва унинг тез бузилишига олиб келади.

4.18. Марказдан қочма насослар

Ишлаш принципи. Марказдан қочма насослар оқим кинетик энергиясини босимнинг

потенциал энергияга айлантириб беришига асосланиб ишлайди (4.26-расм). Бу турдаги насосларда суюкликни сўриш ва узатиш марказдан кочма куч таъсирида бўлиб, бу куч насос ишчи ғилдирағига жойлашган спиралсимон куракчаларни айланишидан ҳосил бўлади. Куракчалар суюклик окиб ўтадиган канални ҳосил килади.

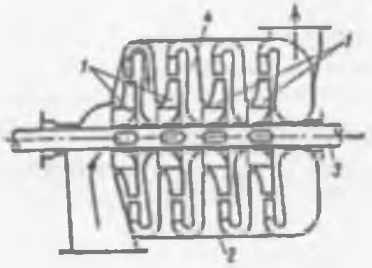
Суюклик, сўриш трубаси оркали, ишчи ғилдирак ўки бўйлаб, насосга киради.

Ишчи гилдирак суюкликка айланма ҳаракат беради. Марказдан кочма куч таъсирида суюклик насос кобиғи билан ишчи ғилдирак орасидаги ўзгарувчаи кўндаланг кесимли каналга кириб боради. Каналда суюклик тезлиги узатиш қувуридаги тезлик кийматигача камаяди.

Натижада ишчи гилдирагига киришдаги босим пасайиб, суюклик бетўхтов насосга сўриб борилади. Марказдан кочма турдаги насосни ишга туширишдан олдин насос ичида сийракланиш ҳосил килиш учун унинг ичига суюклик қуйилади. Насосдан суюклик оркага окиб кетмаслиги учун, кайтариш клапани сўриш трубасига ўрнатилган бўлади. Гидравлик машиналар бир ва кўп боскичли насосларга бўлинади.

Бир боскичли насоснинг босими 50 м сув устунидан ошмайди. Шунинг учун юкори босим ҳосил килиш учун бир ўкнинг ўзига кетма-кет бир нечта ишчи гилдираги ўрнатилади.

Кўп боскичли насоснинг босими ғилдирак сонига пропорционал. Кўпинча гилдираклар сони бештадан ортмайди (4.27- расм).



4.27-расм. Кўп боскичли, марказдан кочма насос схемаси.
1-ишчи гилдирак; 2-кобик; 3 - ўк;
4- айланма канал.

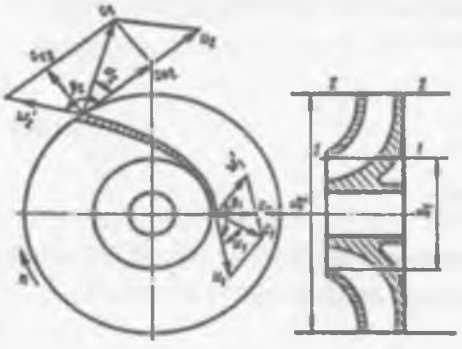
Марказдан кочма насоснинг асосий тенгламаси (Эйлер тенгламаси). Маълумки, айланиш ўкига нисбатан вакт бирлиги ичида маълум бир суюклик массаси ҳаракат микдорининг ўзгариши, ҳамма ташки кучлар моментларининг йигиндисига тенг, яъни айланиш моментига тенг. Суюкликни гилдиракка киришдаги абсолют ҳаракат тезлиги C_1 тезликли мос равишда нисбий тезликлар w_1 ва w_2 ва айланма тезликлар u_1 ва u_2 нинг геометрик йигиндисига тенг бўлади (4.28-расм). Ғилдирак кураги бўйлаб ҳаракатланаётган элементар окимча учун, ғилдиракка киришда:

$$\Delta m \cdot C_1 = \rho \cdot \Delta V C_1 \cdot \Delta \tau$$

ғилдиракдан чикишда эса:

$$\Delta m \cdot C_2 = \rho \Delta V \cdot C_2 \cdot \Delta \tau$$

бу ерда, ρ – суюклик зичлиги; ΔV – суюклик окимчаси хажми.



4.28-расм. Марказдан кочма насоснинг асосий тенгламасига оид.

2-2 ва 1-1 кесимлар учун мос равишдаги ҳаракат микдори моментлари:

$$M_2 = \rho \cdot \Delta V \cdot C_2 \Delta \tau \cdot r_2 \cdot \cos\alpha_2;$$
$$M_1 = \rho \cdot \Delta V \cdot C_1 \Delta \tau \cdot r_1 \cdot \cos\alpha_1,$$

бу ерда, r_1 ва r_2 – ишчи ғилдиракнинг ташки ва ички радиуслари; α_1 ва α_2 – суюкликни ғилдиракка кириш ва чикишдаги абсолют ва айланма тезликлари орасидаги бурчак.

Ҳаракат микдори моменти электр юриткичдан бериладиган энергия ҳисобига ошириш мумкин.

$\Delta\tau$ = 1 вакт ичида ҳаракат микдори моменти

ортиши:

суюклик окимчаси учун:

$$\Delta M = M_2 - M_1 = \rho \Delta V (C_2 r_2 \cos\alpha_2 - C_1 r_1 \cos\alpha_1)$$

суюкликнинг бутун массаси учун:

$$\sum \Delta M = \sum \rho \Delta V (C_2 r_2 \cos\alpha_2 - C_1 r_1 \cos\alpha_1) \qquad (4.103)$$

Идеал оким учун ҳамма ҳаракат энергияси ҳаракат миқдори моментининг ортишига сарфланади. Ташки айлантириш (буриш) моменти:

$$M = \frac{N}{\omega} = \frac{\rho g V H}{\omega} \qquad (4.104)$$

Ташки четки тезликлар $u_1 = r_1 \cdot \omega$ ва $u_2 = r_2 \cdot \omega$ ни ҳисобга олиб, (4.103) ва (4.104) ни тенглаштириб ва (4.104) тенгламани H_m га нисбатан ечганда, марказдан қочма насос учун Эйлер тенгламасига эга бўламиз:

$$H_{max} = \frac{1}{g}(C_2 \cdot u_2 \cdot \cos\alpha_2 - C_1 \cdot u_1 \cos\alpha_1) \qquad (4.105)$$

Суюкликни гилдиракка урилмасдан кириши ва ундан чиқиши шартини ҳисобга олиб, $\alpha_1 = 90°$ ва $\alpha_2 = 10...15°$ кабул килинса, (4.105) тенглама қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$H_{max} = \frac{1}{g} \cdot u_2 \cdot C_2 \cdot \cos\alpha_2 \qquad (4.106)$$

4.25-расмга қараб, тезликлар параллелограммасидан $C_2 \cdot \cos\alpha_2 = C_{u2} \cdot \alpha_1 = 90°$ бўлганда:

$$H_{max} = \frac{1}{g} \cdot u_2 \cdot C_{u_2} \qquad (4.107)$$

(2.88) тенгламаси ишчи ғилдирагининг чексиз сонли куракчалари учун олинди. Шунинг учун куракчалар сонини ҳисобга олувчи ε коэффициент (4.107) тенгламага киритилади, унинг қиймати $\varepsilon = 0,6...0,8$ га тенг.

Ҳақиқий ҳажмий босим назарий босимдан доимо кам бўлади, чунки энергия насосдаги гидравлик каршиликларни енгиш учун сарфланади:

$$H = \frac{1}{g} \varepsilon \cdot \eta_2 \cdot u_2 \cdot C_{u_2} \qquad (4.108)$$

бу ерда, η_2 – гидравлик фойдали иш коэффициенти 0,8...0,95 га тенг бўлади.

Насос босими маълум даражада курақларнинг шаклига ҳам боғлиқ бўлиб, айланма ва нисбий тезликлар вектори орасидаги β_2 бурчак ёрдамида аниқланади (4.25-расм).

Тезлик параллелограммасидан:

$$C_{u2} = u_2 - C_{r2} \cdot ctg(180 - \beta_2) = u_2 + C_{r2} \cdot ctg\beta_2$$

Унда:

$$H = \frac{1}{g} \cdot E \cdot \eta_2 \left(u_2^2 + u_2 \cdot C_{r2} \cdot ctg\beta_2 \right) \qquad (4.109)$$

$\beta_2 < 90°$ бўлганда (куракчалар ишчи ғилдиракнинг айланиш йўналиши бўйича эгилган бўлса): $C_r \cdot ctg\beta_2 > 0$ ва $H > \frac{1}{g} \cdot \varepsilon \cdot \eta_r \cdot u_2^2$. $\beta_2 > 90°$ да эса (куракчалар ишчи ғилдиракнинг айланиш йўналишига карама-карши букланган): $C_r \cdot ctg\beta_2 < 0$ ва $H < \frac{1}{g} \cdot \varepsilon \cdot \eta_r \cdot u_2^2$ куракчалар радиал бўлганда $\beta_2 = 90°$, $C_r \; ctg\beta_2 = 0$ ва $H = \frac{1}{g} \varepsilon \cdot \eta_r \cdot u_2^2$.

Демак, энг катта босим куракчалар ишчи ғилдирагининг айланиш йўналиши бўйича букланган ҳолатга тўғри келади (4.26-расм). Ғилдиракдаги гидравлик йўқотилишлар кам бўлиши учун, куракчалар қуйидагича букланади $\beta_2 = 140...164^0$ ва $\beta_1 = 153...166^0$ бўлади (4.29-расм).

Марказдан қочма насосларда унумдорлик маълум миқдорда ишчи ғилдирак каналларининг эркин кесим юзалари ёрдамида аникланади (4.25-расмга каранг).

Назарий унумдорлик ушбу тенглама ёрдамида ҳисобланади:

$$V_n = F_2 \cdot C_{r_2} = \left(\pi \cdot D_2 - z \cdot \delta \right) \cdot b \cdot C_2 \cdot \sin \alpha_2 \qquad (4.110)$$

бу ерда, F_2 –ишчи ғилдиракнинг ташки айлана бўйича эркин кесим каналининг юзаси; C_{r2} – суюкликнинг ишчи ғилдиракдан чикишдаги абсолют тезлигининг радиал ташкил этувчиси; D_2 - ғилдиракнинг ташки диаметри; z – куракчалар сони; δ – куракчалар каршилиги; b – ғилдирак эни.

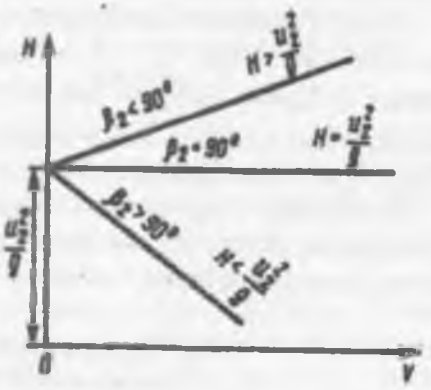
Насоснинг ҳакикий унумдорлиги:

$$V = \eta_v \cdot V_T$$

бу ерда, η_v – насоснинг ҳажмий фойдали иш коэффициенти.

Марказдан қочма насослар характеристикаларн. Насослар ишини таҳлил қилиш учун уларни хусусий ва универсал характеристикаларидан фойдаланилади.

Насоснинг хусусий характеристикаси босим H, талаб этилаётган қувват N, насоснинг фойдали иш коэффициенти η_n ларнинг $n=const$ бўлгандаги унумдорлик V га нисбатан ўзаро боғликлигидир.



4.29-расм. Марказдан □очма насос напорига β_2 таъсири.

Насоснинг босимини унумдорликка боғликлигини аниклаш учун, тезликнинг радиал ташкил этувчиси C_{r2} ни унумдорлик оркали (4.110) тенгламага биноан қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$C_{r_2} = \frac{V}{\eta_v \cdot F_2}$$

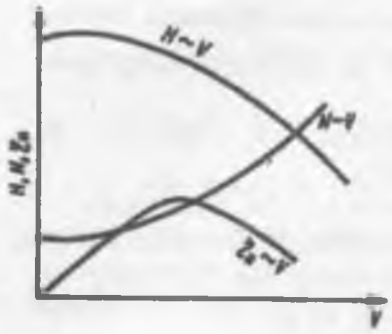
ва (4.109) га қўйиб, ушбу тенгламани оламиз:

$$H = \eta_r \cdot \left(\frac{u_2^2}{g} + \frac{u_2 \cdot ctg\beta_2}{g\eta_v \cdot F_2} \cdot V \right) \qquad (4.111)$$

Ушбу насос учун u_2, β_2, η_v, F_2 лар ўзгармас катталик бўлиб, H нинг V дан богликлиги (4.111) тенгламага биноан тўғри чизик билан ифодаланади:

$$H = \eta_r (A + BV)$$

бу ерда, A ва B – ўзгармас коэффициентлар.



4.30-расм. Марказдан қочма насоснинг характеристикаси.

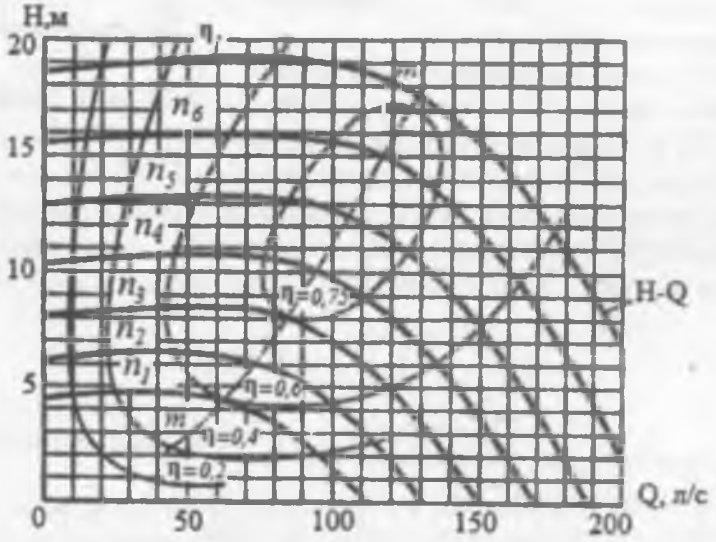
Ҳақикатда эса тажриба бўйича $n=const$ бўлганда, H нинг V га боғлиқлиги эгри чизикни беради (4.30-расм), яъни унумдорлик ошган сари насос босими пасаяди, истеъмол қуввати эса ортади. Фойдали иш коэффициентининг қиймати эса аста-секин ортиб максимумдан ўтиб пасаяди. Маълумки, насоснинг фойдали иш коэффициенти фойдали қувват ($N_ф = \rho g V H$) нинг насос ўкидаги қуввати нисбатига тенг. Фойдали қувват суюкликка энергиясини беришга сарф бўлади. $V=0$ ва $V=V_{макс}$ бўлганда, фойдали қувват нолга тенг, яъни $H=0$ бўлади. Сўриш қувуридаги задвижка берк бўлганда, яъни $V=0$ да, насос энг кам қувват истеъмол қилади.

Насосни эксплуатация қилганда энг самарали иши $\eta_н$-V координатларидаги, маълум айланиш частотасидаги эгри чизикнинг максимумига тўғри келадиган оралиқ H ва V зонасига тўғри келади.

Насоснинг универсал характеристикаси насос ишининг чегаравий қийматлари ҳақида маълумотлар ва бунда фойдали иш коэффициентининг максимал қийматини, унинг оптимал иш режимини танлашга имконият беради.

Насос универсал характеристикаси ишчи ғилдирагининг турли айланиш частоталари учун олинади. Бунда $H - V$ боғлиқлик бир неча марта олинади. Ҳар бир $H - V$ эгри чизикда ўзгармас фойдали иш коэффициентининг ($\eta'_н, \eta''_н, \eta'''_н, \ldots$) қийматларига тегишли нукталар ажратилади. m-m чизиғи фойдали иш коэффициентларининг максимум қийматларига тенг бўлади (4.31-расм).

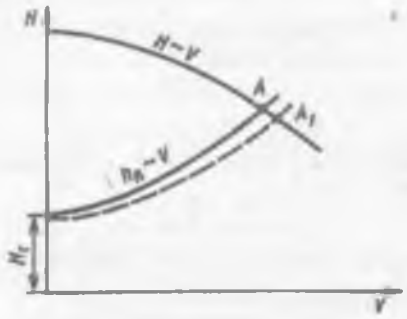
Насоснинг тармокдаги иши. Тармок характеристикаси узатилаётган суюклик унумдорлиги билан босим орасидаги боғлиқликни кўрсатади. Босим эса, геометрик узатиш баландлиги билан босимнинг йўкотилиш йиғиндиси оркали аниқланади.



4.31-раем. Айланиш частотаси n бўлганда марказдан қочма насоснинг универсал характеристикаси.

Дарси-Вейсбах тенгламасидан $h_в = k \cdot V^2$ эканлигини аниклаш мумкин. Бундан

характеристиканинг парабола тенгламасини $H = H_0 + k \cdot V^2$ кўринишида ёзиш мумкин.

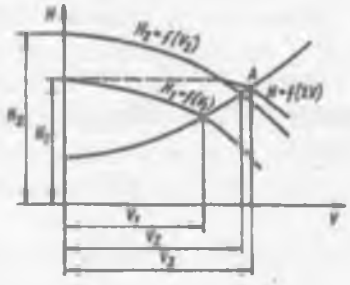


4.32-расм. Насоснинг тармоқ характеристикаси.

4.32-расмда насос ва тармоқнинг характеристикаси кўрсатилган.

Бу характеристикаларнинг кесишган жойи *A* иш нуктаси дейилади. Ушбу тармоқда насос ишлаганда бу нукта энг юқори унумдорлик эканлигини билдиради. Агар каттарок миқдорда унумдорлик керак бўлса, электр юриткичнинг айланишлар частотасини ошириш зарур ёки тармоқда босим йўқотилишини ҳамда геометрик узатиш баландлигини камайтириш керак.

Тармоқда босим йўқотилиши камайтирилганда, ишчи нуктаси (A_1) ўнгга сурилади. Агар юқорида кайд этилган, уччала усулда ҳам унумдорлик ошмаса, у ҳолда насос қуввати юкориси билан алмаштирилади.



4.33-расм. Параллел уланган икки насоснинг биргаликда ишлаши.

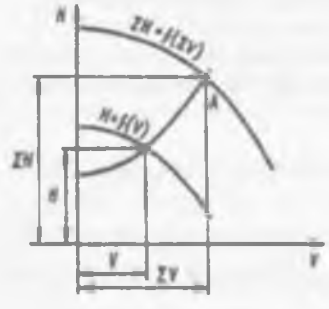
Насосларни биргаликда ишлаши. Насосларнинг суюкликни узатиш миқдорини оширишга, уларни параллел улаш йўли билан эришилади.

Насосларнинг *йиғма* характеристикасини ҳар бир насос характеристикаси абсциссалари йиғиндиси оркали олинади.

4.33-расмда *1* ва *2* насосларнинг йиғма характеристикалари кўрсатилган. Ҳар бир насос алоҳида V_1 ва V_2 унумдорликка эга. Параллел уланганда йиғма унумдорлик V_3 га тенг бўлади (*A* иш нуктаси), лекин у насосларни алоҳида унумдорликларидан кам бўлади. Бунда унумдорликдан ютиш тармоқ характеристикасининг шаклига боғлиқ бўлади. Агар тармоқ характеристикаси кия бўлса (эгри чизик), йиғма унумдорлик ўсади. Босимнинг ўсиши бундай ҳолларда сезиларсиз бўлади.

Босимнинг ортиши учун насослар кетма-кет уланиши керак. Бу ҳолда йиғма характеристика алоҳида насосларнинг характеристика ординаталарини қўшиш йўли билан олинади. Бу характеристика билан тармоқ характеристикаси кесишган нуктаси йиғма босим ва унумдорликни аниклаб беради (4.34-расм). Тармоқнинг характеристикаси тик (кия) бўлса сезиларли ўсишга эришилади.

Марказдан қочма насосларни ростлаш. Ростлаш, масалан, насос узатишини ўзгартиришдан иборат бўлади. Бунга эришиш учун ёки тармоқ характеристикаси ёки насос характеристикаси ўзгартирилади.



4.34-расм. Кетма-кет уланган икки насослари биргаликда ишлаши.

Тармоқ характеристикасини эса узатиш қувуридаги лўкидоннн очиш ёки ёпиш билан ўзгартириш мумкин. Сўриш қувуридаги узатишни ростлаш, одатда насос ишининг узилишига олиб келади.

Насос характеристикасини ўзгартириш учун ишчи ғилдирак сонини ошириш ёки куракчалар бурилиш бурчаклари β_1 ва β_2 ларни ўзгартириш билан амалга ошириш мумкин. Бурчакни ўзгартириб насос унумдорлигини катта кийматга ошириш мумкин.

Пропорционаллик қонуни. Марказдан қочма насосларнинг напори ва унумдорлиги насос ишчи ғилдирагининг айланиш частотаси (сони)га боғлиқ

бўлади. (4.108) тенгламага мувофиқ насос напори айланма тезлик квадратига боғлиқ, яъни $H \sim c^2 u^2$.

Агар айланишлар сони n_1 да напор H_1 бўлса, $n_2 \sim H_2$ бўлади деб хулоса қилсак, унда:

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{u_2'}{u_2''}\right)^2 = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2, \quad \text{яъни} \quad \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \tag{4.112}$$

(4.110) тенгламадан эса, насос унумдорлиги суюқлик ғилдирагидан чиқишдаги абсолют тезлигинн радиал ташкил этувчисига пропорционал, яъни $V \sim C_{r2}$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{C_{2r}'}{C_{2r}''} = \frac{u_2'}{u_2''} = \frac{\pi D_2 n_1}{\pi D_2 n_2} = \frac{n_1}{n_2}; \qquad \frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2} \tag{4.113}$$

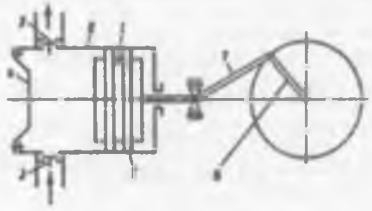
Насос талаб этадиган қувват эса, унумдорлик ва напорнинг кўпайтмасига пропорционал (4.108) ва (4.110) тенгламаларга биноан қуйидаги кўринишни ҳосил қиламиз:

$$\frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3 \tag{4.114}$$

(4.113) - (4.114) тенгламалар пропорционаллик қонуни тенгламалари дейилади. Бирок бу тенгламаларни тахминий ҳисоблар учун ишлатиш мумкин. Аник ҳисоблар учун эса, насос ишчи ғилдирагини айланишлар частотаси билан фойдали иш коэффициенти инобатга олиниши керак. Шуни кайд этиб ўтиш керакки, пропорционаллик конунини, насос ғилдирагининг айланишлар сони бир-биридан 2 баробаргача фарк қилгандагина қўллаш мумкин.

4.19. Поршенли насослар

Поршенли насослар плунжер ёки поршенни цилиндрда илгарилама-қайтма ҳаракати ёрдамида суюкликни сиқиб чиқариш принципига асосланган (4.35-расм). Поршенни ўнг томонга қилган ҳаракатидан кейин, цилиндрнинг чап қисмида ҳавони сийракланиши содир бўлиб, сўриш клапани очилади ва сўриш қувури орқали суюқлик цилиндрга тортиб олинади. Поршень чапга сурилганда сўриш клапани беркилиб, узатиш клапани очилади ва суюқлик ҳайдаш қувури орқали узатила бошлайди.



4.35-расм. Бир томонлама ҳаракатланувчи, горизонтал поршенли насос схемаси.
1-поршень; 2-зичловчи ҳалқалар; 3- сўриш клапани; 4-цилиндр копқоғи; 5-ҳайдаш (узатиш) клапани; 6-цилиндр; 7-кривошип. 8–шатун.

Поршень кривошип-шатунли механизм ёрдамида ҳаракатга келтирилади. Поршень цилиндрда зичловчи ҳалқалар ёрдамида сиқиб турилади. Поршенли насослар узатмаси турига қараб, бевосита уланувчи ва узатмали бўлади.

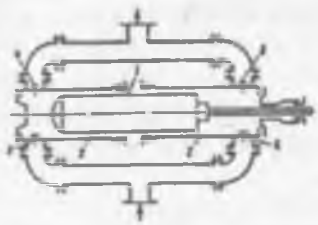
Бевосита уланган насослар буғ насослар ёрдамида ҳаракатланади, бунда насос поршень билан битта штокда жойлашган бўлади. Узатмали насослар электр юриткич ёрдамида ҳаракатга келтирилади. Насослар кривошип айланиш частотасига караб, секин

айланадиган (n=45...60 мин$^{-1}$), ўртача (n=60...120 мин$^{-1}$) ва тез айланадиган (n=120...180 мин$^{-1}$)ларга бўлинади.

Поршенли насослар вертикал ва горизонтал бўлиши мумкин.

Юкори босимли насослар 100 МПа гача бўлган босимни таъминлаб берса, юкори унумдорликка эга насос эса, соатига 60 м^3 суюклик ҳайдаб беради.

Поршенли насослар учун сўриш ва узатиш жараёни даврий бўлиб, суюкликни узатиш бир текис амалга ошмайди.



4.36-расм. Икки томонлама ҳаракатланувчи насос схемаси.
1- плунжер; 2 - цилиндрлар; 3,6- сўриш клапанлари; 4,5- ҳайдаш клапанлари.

Нотекис узатишни бартараф этиш учун кўп томонлама таъсир этувчи насослар қўлланилади.

Икки томонлама таъсир этувчи насосда 2 та сўриш ва 2 та узатиш клапани бор (4.36-расм). Кривошип тўлик айланиб чикканда цилиндрнинг ҳам чап, ҳам ўнг томонидан навбатма-навбат узатиш ва сўриш жараёнлари содир бўлади.

Плунжернинг ўнг томонга кўзғалишида, чап томонидаги сўриш клапани очилади ва суюклик цилиндрнинг бўшлигига сўрилади. Шу вактда эса, ўнг томондаги узатиш клапани очилиб, суюклик цилиндрнинг ўнг кисмидан қувурга узатилади. Плунжер орқага кайтганда эса, ўнг томоннинг сўриш клапани очилиб, чап томоннинг узатиш клапани очилади.

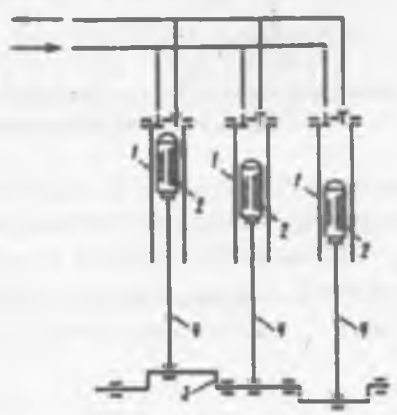
Насос камчиликлари: цилиндр ҳажми самарали ишлатилмайди. Плунжерда сикиш ҳалкалари бўлмайди ва узунлигининг диаметрига нисбати катта бўлади, яъни S/D=5-8.

Суюкликни бир текисда узатишни таъминлаш учун уч томонлама ҳаракатланадиган насослар ёрдамида амалга ошириш мумкин. Оддий ҳаракатли (бир томонлама) насосларни кетма-кет жойлашган бўлиб, бундай кривошиплар ўзаро 120° бурчак остида кетма-кет жойлашган бўлади (4.37-расм).

Кривошипнинг тўлиқ битта айланишида, 3 марта сўриш ва 3 марта узатиш жараёни содир бўлади.

Поршенли насос поршенининг битта ҳаракатидаги назарий унумдорлиги, поршеннинг вакт бирлигида ҳосил килган ҳажми билан аникланади.

Агар поршень сикиб чикараётган суюклик ҳажми (м^3) $V = fS$ бўлса, унда бир йўлли насоснинг ўртача назарий унумдорлиги (м^3/соат):



4.37-расм. Уч томонлама ишлайдиган насос схемаси (триплекс-насос).
1-цилиндрлар; 2- плунжерлар; 3- тирсакли ўк; 4- шатунлар.

$$V_H = 60 \cdot f \cdot S \cdot n$$

бу ерда, f – цилиндрнинг кўндаланг кесими; S – поршень йўли узунлиги, яъни бошлангич ва охирги ҳаракат нукталари орасидаги масофа, n – айланишлар частотаси.

Икки томонлама ҳаракатланадиган насосдаги кривошипнинг 1 та тўлиқ айланганида 2 маротаба сўриш ва 2 маротаба узатиш содир бўлади. Поршеннинг ўртача килган ҳаракатида цилиндр ичига $f \cdot S$ га тенг бўлган микдорда суюклик сўрилади, ўнг томондан эса $(f - f_{ш})S$ микдорида суюклик сикиб чикарилади ($f_{ш}$ – штокнинг кўндаланг кесими).

Насоснинг назарий унумдорлиги:

$$V_H = f \cdot S \cdot n + (f - f_{ш}) \cdot S \cdot n = 2 \cdot f \cdot S \cdot n - f_{ш} \cdot S \cdot n$$

Ўкнинг кўндаланг кесим юзасини кичик деб олинса $f_{ўк} << f$, бир соатлик назарий узатиш миқдори:

$$V_H = 2 \cdot f \cdot S \cdot n \cdot 60 \qquad (4.115)$$

Насоснинг ҳақиқий унумдорлиги қуйидагига тенг бўлади:

$$V_x = \eta_V \cdot V_H :$$

бу ерда, η_V – клапан, сальник ва қувур тирқишларидан оқиб чиқиш пайтида, йўқотиладиган суюқликни ҳисобга оладиган *фойдали иш коэффициенти* - η_V = 0,85...0,99

Кўп боскичли насосларнинг ҳақиқий унумдорлиги ($м^3$/соат) да:

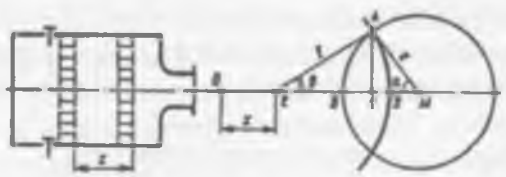
$$V_x = i \cdot 60 \cdot \eta_V \cdot f \cdot S \cdot n \qquad (4.116)$$

бу ерда, i – ҳаракат карралиги.

Бу формула насоснинг ўртача унумдорлигини ифодалайди, лекин поршенни 1 маротаба бориб келишида суюқликнинг узатилиши нотекис амалга ошади.

Ихтиёрий вактда поршенли насос узатган суюклик миқдорини аниклаш учун, поршень ҳаракати конуниятини билиш керак.

Поршенни x миқдорда газ сўриши кривошипнинг бурилиш бурчаги α га нисбатан қуйидагича ифодалаш мумкин (4.38-расм).



4.38-расм. Поршень ҳаракат қонунини келтириб чиқаришга оид.

Поршенни чап томонини охирги ҳолатида ползун *0* нуктада жойлашади. Поршеннинг ўнгга килган ҳаракатида эса, ползун қандайдир *E* нуктага сурилади. Кривошипнинг босиб ўтган йўли эса, кривошип буриладиган α бурчак ёрдамида аникланиб, у *A (нуқта)* га жойлашади.

Қуйидаги ҳисоблаш ишини кўриб чиқамиз: *E* нуктадан l радиусли шатун узунлигида *AD* ёйини чизиб, *A* нуктадан горизонтал чизикка *AC* перпендикуляр туширамиз.

Поршень босиб ўтган x масофа эса: $x=BD=BC+CD$ бўлади. Лекин $BC=MB-MC=r - r\cdot\cos\alpha=r(1 - \cos\alpha)$, $CD=ED - EC=l - l\cos\beta=l(1 - \cos\beta)$. Бу ерда r кривошип узунлиги. Демак:

$$x= r(1 - \cos\alpha) + l(1 - \cos\beta).$$

Лекин $\cos\beta$ ни бирга якин десак, чунки $l>>>r$ ва бурчак $\beta\to 0$, шундай килиб $x=r(1-\cos\alpha)$. Бунда поршеннинг ҳаракат тезлиги:

$$C_n = \frac{dx\alpha}{d\tau d\alpha} = r \cdot \sin\alpha \frac{d\alpha}{d\tau} = \omega \cdot r \cdot \sin\alpha$$

бу ерда, ω – кривошипнинг айланма бурчак тезлиги.

Шундай килиб, оний узатиш синусоидал конун бўйича ўзгаради:

$$V=f \cdot C_n = f \cdot r \cdot \omega \cdot \sin\alpha \quad \text{ва} \quad dV=f \cdot r \cdot \sin\alpha \cdot d\tau$$

лекин $\omega = \frac{d\alpha}{d\tau}$; унда $dV=f \cdot r \cdot \sin\alpha\, d\alpha$

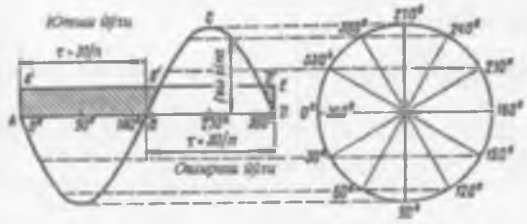
Кривошипнинг бурилиш бурчаги α ни абсцисса ўкига кўйсак, оний кўзгалишни эса,

ордината ўкига жойлаштирамиз (4.39-расм). Синусоида билан чегараланган майдон, поршеннинг 1 та босиб ўтган йўлида, яъни кривошипнинг ҳаракати йўли эса π дан 2π гача бўлади, насос узатган суюклик ҳажмига пропорционал бўлади (4.39-расмга қаранг).

$$V = \int_{\pi}^{2\pi} dV = fr \int_{\pi}^{2\pi} \sin\alpha \cdot d\alpha = 2fr = f \cdot S \qquad (4.117)$$

4.39-расм кривошип бурилиш бурчаги π дан 2π гача кўрсатилган бўлиб, бу абсцисса ўкида ажратилган оралик вактига пропорционал.

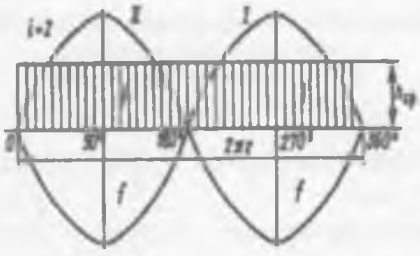
Оддий насос сўриш йўлига мос бўлган ўкнинг биринчи ярим айланишида суюкликни узатмайди ва бу абсцисса ўкида 0 дан π гача узатиш чизиғи абсцисса билан мос келади (АВ чизиғи). Оддий насос кривошипининг тўлик айланиши ёки поршеннинг 2 маротаба бориб-келиш ABCD чизиғи билан ифодаланади.



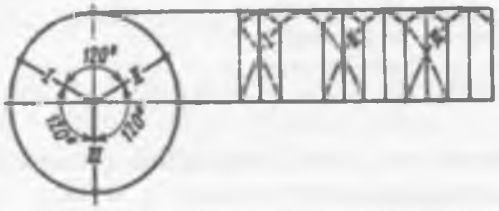
4.39-расм. Оддий насоснинг узатиш диаграммаси.

Кривошипнинг бурилиш бурчаги $\alpha=90^0$ бўлганда, максимал узатиш бўлади. Насоснинг нотекис узатиши қуйидаги нисбат билан аниқланади: $\psi=V_{max}/V_{yp}$ Оддий ҳаракатли насос учун нотекислик коэффициенти $\psi_I=\pi$ бўлса, икки томонлама ҳаракатли насос учун $\psi_{II}=\pi/2=1,57$, учталик учун эса - $\psi_{III}=1,047$.

Икки томонлама ҳаракатли насоснинг узатиш диаграммаси бир-бирига нисбатан ўгирилган синусоидаларни ташкил этади (4.40-расм), 3 боскичли насос учун эса 3 та синусоиданинг 120^0 га сурилган бўлади (4.41-расм).



4.40-расм. Икки томонлама ҳаракатланувчи насоснинг узатиш диаграммаси.



4.41-расм. Уч боскичли насос–нинг узатиш диаграммаси.

Узатиш эгри чизиғи I, II ва III ордината эгри чизикларининг йиғиндиси бўлиб, хизмат қилади, чунки улар оддий насосларнинг узатиш даврига тўғри келади. Графикдан кўриниб турибдики, 3 боскичли насосларнинг суюклик узатиши текисланиб боради.

Оддий насосларнинг узатиш ва сўриш қувурларидаги нотекисликни камайтириш учун уларга бевосита ҳаво калпокчалари ўрнатилади. Ҳаво калпокчалари буфер ҳажм ҳисобланиб, унинг 50% ҳажмини ҳаво эгаллайди. Сўриш пайтида, калпокчага суюклик кирганда ундаги ҳаво сиқилади. Агар узатиш ўртача қийматдан камайса, суюклик ичидан чикариб юборилади. Қалпокчадаги ҳаво босимининг ўзгариш фарки кам бўлса, суюкликнинг сўриш ва ҳайдаш қувурларидаги ҳаракати бир текисда бўлади.

Поршенли насоснинг унумдорлиги узатиш босимига боғлик бўлмасдан доимий, катталик бўлиб колади.

Насос кувватини ҳисоблашда ва иш жараёнидаги носозликларни аниклашда индикатор диаграммасидан фойдаланилади.

Насос цилиндри абсолют босимини поршень босиб ўтган йўли ёки хажмига боғликлигини кўрсатиб беради. Насос цилиндрига, ўрнатилган индикатор ёрдамида

индикатор диаграмма чизилади. 4.42-расмда *ав* чизиғи сўриш жараёнига мос келади. Насосдаги босим атмосфера босимдан паст бўлади ва $p_в$ га тенг бўлади. Поршеннинг *в* нуктаси энг четки ўнг холатига мос келади. Бу ҳолатда сўриш клапани ёпик бўлади. Поршень ўнгга қараб ҳаракати бошланганда, цилиндрдаги босим бирданига $p_н$ кийматгача кўтарилади (*вс* чизик). $p_н$-$p_в$ босимлар фарки остида ҳайдаш қувуридаги клапан очилади ва суюклик узатила бошлайди (*са* чизиғи). *а* ва *с* нукталардаги босимнинг тебраниши клапанларни очилиш пайтидаги инерцияси туфайли ҳосил бўлади.

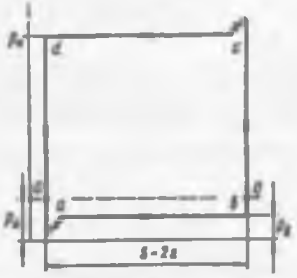
Индикатор диаграммаси ёрдамида насоснинг индикатор қувватини аниқлаш мумкин. Унинг киймати диаграмма юзасига тенг деб олинади. Индикатор қуввати маълум бўлса, фойдали қувватни ушбу формуладан аниқлаш мумкин бўлади:

$$N_ф = \eta_{инд} \cdot N_{инд}$$

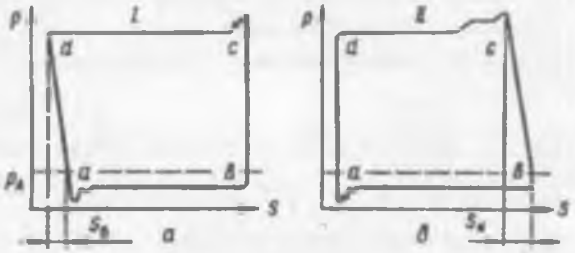
бу ерда, $\eta_{инд}$ – индикатор ф.и.к.

4.43-расм индикатор диаграмма ёрдамида насоснинг баъзи бир носозликларини аниқлаш мумкин.

4.43а-расмдаги диаграммада узатиш пайтида насос клапанининг кеч ёпилиши кузатилаётган бўлса, 4.43б-расмда эса, сўриш клапани ёпилишининг кечга колиши тасвирланган.



4.42-расм. Индикатор диаграммаси.



4.43-расм. Насос ишидаги баъзи носозликлар:
а – клапаннинг ёпишиб колиши;
б – сўриш клапани ёпилишининг кечикиши.

Индикатор диаграммасидаги ўзгаришлар насос ичидаги бошқа носозликлар мавжудлигидан далолат беради.

Цилиндрга ҳавони кириб колиши диаграммадаги сўриш горизонтал чизиғидан четланишига, чизиғнинг тебраниши кўрсатади.

Поршенли насослар асосан, суюкликни кам миқдорда узатишда босими 5 дан 100 МПа гача бўлган юкори ковушқоқ, тез алангаланувчи суюкликларни узатишда, ҳамда суюкликларни таксимлаш учун ишлатилади.

Поршенли насосларнинг камчиликлари: унумдорлиги кичик, суюклик нотекис узатилади, кривошип-шатунли механизм мавжудлиги, суюклик таркибида каттик заррачалар бўлса, клапанлари тез ишдан чиқиши киради. Ундан ташқари, уни ўрнатиш учун мустаҳкам пойдеворлар талаб этилади.

Поршенли насосларнинг классификацияси 4.6-жадвалда келтирилган .

Насослар классификацияси

4.6-жадвал

№	Тип	Тури	Алохида белгилари
1.	Юритиш усули	Электр юриткич (кривошип-шатун механизми ёки бошка)	Редуктор оркали электр юриткич айланма харакати
		Тўғри ҳаракатланувчи	Штокнинг илгарилама-кайтма харакатли машинадан
		Қўл ёрдамида ҳаракатланувчи	-

4.6-жадвалнинг давоми

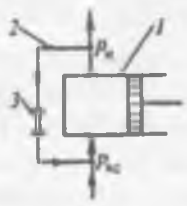
2.	Ҳосил қилган босими	Паст босимли	$p<1$ МПа
		Ўртача босимли	$1<p<2$ МПа
		Юқори босимли	$p>2$ МПа
3.	Поршень конструкцияси	Поршенли	S/D=0,5-1,5
		Плунжерли	S/D=2…8
4.	Айланиш частотаси	Тез юрар	120…300 айл/мин
		Ўрта тезликли	60…120 айл/мин
		Секин юрар	40…60 айл/мин
5.	Поршень ҳаракатининг йўналиши	Горизонтал	Пойдеворга тангенциал юклама тушади
		Вертикал	Пойдеворга нормал юклама тушади
6.	Ҳаракат карралиги	Бир карра (оддий) ҳаракатли	Суюкликни бир меъёрда узатиш беради
		Қўшалоқ ҳаракатли	
		Тўрт карра ҳаракатли	
		Уч карра ҳаракатли	
7.	Унумдорлиги	Кичик	$V<1$ м^3/с
		Ўрта	$1<V<2$ м^3/с
		Юқори	$V>2$ м^3/с

4.19.1. Поршенли насослар унумдорлнгини ростлаш

(2.97) формулага биноан поршенли насослар иш унумдорлигини қуйидаги усуллар ёрдамида ростлаш мумкин:

– турли узатиш сонига эга бўлган редуктор ўрнатиб кривошип айланиш тезлигини ўзгартириш йўли билан; одатда жуда катта насос қурилмаларида қўлланилади;

– кривошип втулкаси ҳолатига таъсир этиб поршень юриш масофасини ўзгартириб, яъни радиус r га таъсир этиб; шундай қилиб унумдорликни ҳам боскичма-боскич ҳамда аста-секин ўзгартириш мумкин;



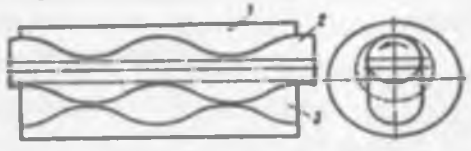
4.44-расм. Поршенли насослар унумдорлигини байпас шаҳобчасида вентил ёрдамида ростлаш:
1-насос; 2-байпас шахобчаси; 3-вентил (задвижка)

– ҳайдаш йўлидаги бир қисм суюкликни байпас шаҳобчасидаги вентил орқали сўриш йўлига узатиш (4.44-расм); ушбу усулда энергия сарфи бекорга йўқолади, чунки бир қисм суюклик сўриш йўлига қайтарилмоқда; бу ростлаш усули энергетик жиҳатдан зарарли ва ундан иш унумдорлиги фақат кичик миқдорда (10…20% дан кам) ўзгартирилганда қўлланилади.

Поршенли насоснинг унумдорлигини сўриш ва ҳайдаш йўлларида задвижка ўрнатиб ростлаш ман этилади. Биринчидан бу усул билан иш унумдорлигини ростлаб бўлмайди: чунки кривошип-шатун механизмининг бир айланишида бир миқдордаги ($V_o=FS$) суюклик сўрилади ва ҳайдалади. Иккинчидан, иш унумдорлигини задвижкалар ёрдамида ростлаш салбий ҳодисаларга олиб келиши мумкин.

4.20. Насосларнинг махсус турлари

Қуюлтирилган суюкликларни узатиш учун қовушкоклиги 1000 Па·с кийматга тенг бўлган суюкликлар учун ротацион турдаги ҳажмий насослар (мононасослар) ишлатилади.



4.45-расм. Мононасос схемаси:
1-статор, 2-ротор,
3-епик бўшлик

Мононасоснинг асосий қисмлари статор 1 ва ротор 2 бўлади (4.45-расм).

Одатда, статор ичи икки йўлли,

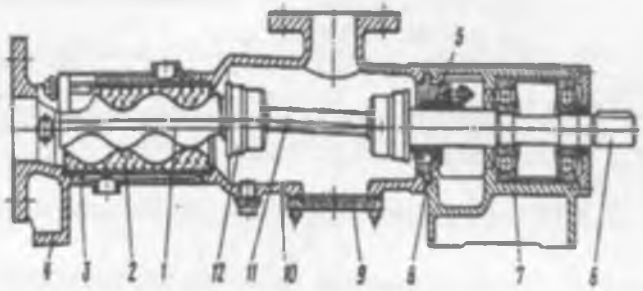
юзали, винтли, профилли, юкори резьбали цилиндрдан ташкил топган.

Статорга бир йўлли ротор ўрнатилган бўлиб, у ўзининг асосий ўки ва статорнинг кўндаланг кесим ўки атрофида ҳам айланади.

Статор ва ротор орасида ҳосил бўладиган ёпиқ бўшлиқлар 3, насос ишлаши пайтида суюклик билан тўлиб туради ва ротор айланганда, аксиал кўзғалиб боради. Ротор айланганда бу бўшлиқ ҳажми 0 дан максимумгача ўзгаради, бўшлик ортиб борганда суюклик сўриб борилади.

Мононасоснинг конструкцияси 4.46-расмда келтирилган. Насос кобиғи чўяндан ёки зангламайдиган пўлатдан тайёрланади. Статор табиий каучук, синтетик, махсус резина, полиуретан, пластик массадан, юмшоқ поливинилхлорид, тефлон, полиамиддан, ротор эса зангламайдиган металл ва пластмассадан тайёрланади.

Бу насосларнинг босими 2,4 МПа ва унумдорлиги 200 $м^3$/соат гача бўлиши мумкин.



4.46-расм. Мононасос конструкцияси:
1- ротор; 2-статор; 3-иситиш ғилофи; 4-ҳайдаш штуцери; 5-сальник; 6-ўк; 7-подшипник кобиғи; 8-зичловчи халқа; 9-копқоқ; 10-кобиқ; 11-бирлаштирувчи ўк; 12-шарнир.

Насосларда совитиш ёки иситиш учун ғилофлар бўлиши мумкин. Статорнинг ишчи температуралар оралиғи –30 дан +300°С гача.

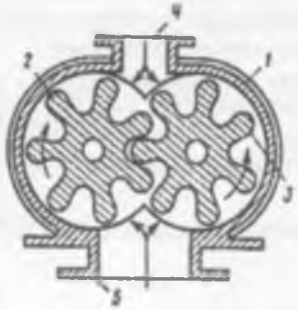
Кичик босим билан катта миқдордаги суюкликларни узатишда ўкли насослардан фойдаланиш юкори самара беради (4.47-расм).



4.47-расм. Ўкли насос схемаси:
1-статор; 2-ротор; 3-ёпиқ бўшлиқ.

Бу турдаги насосларнинг ишчи ғилдираги эшкакли винт шаклида тайёрланган бўлади. Суюклик куракча ёрдамида илиб олинади ва кобиқда айланиб, ўкнинг йўналиши бўйлаб узатилади. Насосдан кейин суюкликни айланма ҳаракатини тўғрилаб берувчи ускуна жойлашган бўлади.

Қуюк, юкори ковушкоқ суюкликларни узатишда шестерняли насослардан фойдаланилади (4.48-расм).



4.48-расм. Шестерняли насос:
1-кобиқ; 2,3-шестернялар; 4-ҳайдаш штуцери; 5-сўриш штуцери.

Насос чўян кобиқдан ясалган бўлиб, унга 2 та бир-бири билан илашадиган шестернялар ўрнатилган бўлади. Шестернялардан бири электр юриткичга уланган – етакловчи бўлса, иккинчиси – етакланувчи ҳисобланади.

Шестернялар ўзаро илашишдан чиққанида сийракланиш ҳосил бўлади ва суюклик насосга сўрилади. Шестерня тишлари суюкликни сўриб кетади ва айланиш йўналиши томон ҳаракатланади. Шестерня тишлари қайтадан илашганда, суюклик узатилади. Шестерняли

насосларни таксимлагич сифатида қўллаш ҳам мумкин. Ундан ташкари, кичик унумдорликда, юкори босимни таъминлаб беради.

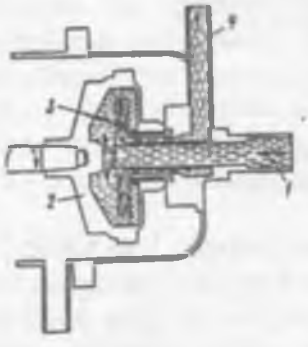
Суюкликларни аралаштириш учун марказдан кочма аралаштиргичлардан фойдаланилади (4.49-расм).

Суюклик маълум нисбатда айланаётган барабанга киради ва интенсив аралашади. Суюклик аралашмаси грейферга кириб, босим остида аралаштиргичдан штуцер оркали чикиб кетади.

Марказдан кочма насос турлари. Ишчи ғилдирагининг чархига караб марказдан кочма насослар 5 гуруҳга бўлинади.

4.7-жадвал

Гурух	D_1/D_2	n_s
Секин юрар	2,5	40...80
Ўртача тезликли	2	80...150
Тез юрар	1,4	150...300
Ярим ўкли	1,1	300...600
Ўкли	0,8	600...1200



4.49-расм. Марказдан кочма турдаги суюклик аралаштиргич:
1-суюклик узатиш штуцери; 2-аралаштирувчи барабан; 3-грейфер; 4-аралашмани чикариш штуцери.

Бир хил α_2, β_2, бурчаклар ва ε, η_r коэффициентларга эга насосларнинг асосий характеристикасини тез юрарлик критерийси n_s ифодалайди.

Тез юрарлик критерийси эталон насоснинг айланиш частотаси бўлиб, ф.и.к. ўзаро тенг бўлиб, 0,736 кВт қувват билан 1 м. сув уст. тенг босим ҳосил килади.

Ишчи ғилдираги D ва D_S диаметрли 2 та ўзаро мос бўлган ҳамда айланишлар частотаси мос равишда n ва n_s бўлган насосларни текшириб кўрамиз. Уларнинг босимлари H ва H_s, унумдорлиги V ва V_s бўлса, қувватлар N ва N_S = 0,736 кВт бўлади.

(4.108) тенгламадан напорни аниклаш учун (4.112) тенгламага мурожаат этсак:

$$\frac{H}{H_S} = \frac{nD}{n_S D_S}$$

(4.110) тенгламадан унумдорликни аниклаш учун (4.113) дан фойдаланамиз:

$$\frac{V}{V_S} = \frac{F \cdot C_{2r}}{F_S C_{2rS}} = \frac{n \cdot D^3}{n_S D_S^3}$$

Қувват нисбатини аниклаш учун (4.114) га мурожаат килсак:

$$\frac{N}{N_S} = \frac{\rho g V H}{\rho g V_S H_S} = \frac{n^3 D^5}{n_s^3 D_s^5}$$

Бу тенгламалардан H_S = 1 м ва N_S = 0,736 кВтларни ҳисобга олиб:

$$n_S = \frac{3{,}65 \cdot n\sqrt{V}}{H^{0,75}} \qquad (4.118)$$

(4.118) тенглама таҳлилидан аниқ айланишлар частотасида тез юрарлик коэффициенти унумдорлик ортишига тўғри пропорционал, напорга тескари пропорционал. Шу сабаб, секин юрар насослар унумдорлиги паст бўлиб, босимни юкори кийматга кўтаришга хизмат килса, тез юрарлар эса, кичик босим билан катта унумдорликни таъминлаб беради.

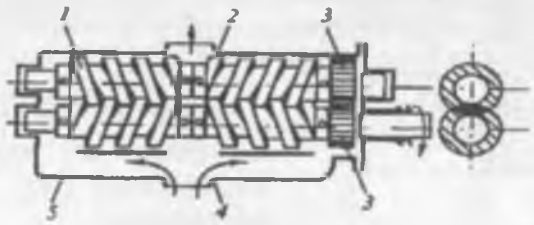
Марказдан кочма насосларнинг афзаллиги шундан иборатки, суюклик бир текис узатилади, кичик ўлчамли, тез юрар, клапанлари йўклиги, ростлаш осонлиги, пластмассадан тайёрлаш ва енгил пойдевор асосга ўрнатиш мумкин.

Камчиликларига эса куйидагилар киради: босим, унумдорлик ва фойдали иш коэффициенти, насоснинг иш режимига боғлик, суюклик ковушоклиги ва напор ортиши билан фойдали иш коэффициенти камаяди; паст унумдорлида насосларнинг фойдали иш коэффициенти кичик бўлади.

Бу турдаги насослар катта унумдорлик ва кичик босим керак бўлганда ишлатилади.

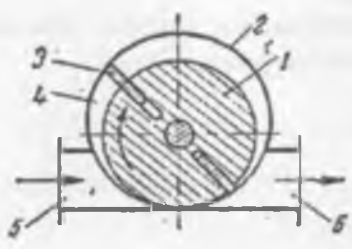
Винтсимон насос. Ишлаш принципи шестерняли насосникига ўхшаш.

Бу турдаги насослар шестерня 3 лар ёрдамида карама-карши томонга айланадиган иккита винт 1 дан таркиб топган. Винт 1 лар зич ёпишиб турадиган кобик 5 ичига ўрнатилган (4.50-расм). Ўк бўйича юклама ортиб кетмаслиги учун суюклик насосга ён томонидан киритилади ва ўртасида жойлашган штуцердан чикарилади. Насосга кирган суюклик винт арикчилари ва кобик орасидаги ҳажмни тўлдиради. Винтлар айланганда суюклик сурилиб марказгача боради ва ҳайдаш патрубкасига йўналтирилади.

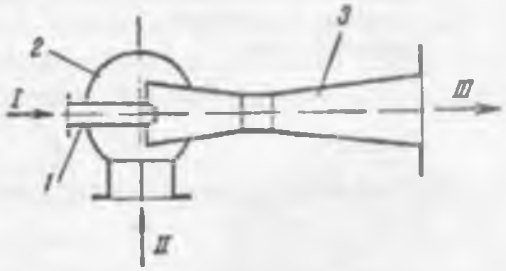


4.50-расм. Винтсимон насос:
1-винтлар; 2,4-ҳайдаш ва сўриш патрубкалар; 3-шестернялар; 5-кобик

Пластинали насос. Бундай насослар оғир цилиндр (ротор) 1 ва кобик 2 лардан таркиб топган (4.51-расм). Цилиндрда пластиналар учун бир хил кенгликда арикчалар ўйилган ва у кобик ичида эксцентрик ўрнатилган бўлади. Ротор 1 ўки қопқокнинг ён томонидан сальник оркали кобикдан чикарилади ва электр юриткич ўки билан бирлаштирилади. Ротордаги арикчаларга тўртбурчак шаклидаги пластина 3 лар маҳкамланади.



4.51-расм. Пластинали ротацион насос:
1-ротор; 2-кобик; 3-пластиналар; 4-ишчи бўшлик; 5-сўриш патрубкаси; 6-ҳайдаш патрубкаси



4.52-расм. Окимчали насос:
1-сопло; 2-насос кобиги; 3-диффузор; I-ишчи суюклик; II-узатилаётган суюклик; III-аралашма

Ротор айланганда, ушбу пластиналар кобик зич жойлашиб сирпанади ва ўроксимон шаклдаги бўшликни иккига бўлади: сўриш ва ҳайдаш камераларига. Сўриш камерасида пластина айланиш йўналишида ҳаракатланганда ушбу камерада вакуум ҳосил бўлади ва суюклик 5 патрубка оркали сўрилади. Вертикал ўкдан пластина ўтганда ҳайдаш камерасининг ҳажми камайиб боради ва суюклик ҳайдаш патрубка 6 оркали труба қувурига узатилади.

Окимчали насос. Бу турдаги насосларда суюкликларни узатиш ва напор ҳосил қилиш учун бошқа бир суюкликнинг кинетик энергиясидан фойдаланилади (4.52-расм). Одатда, бу суюклик ишчи суюклик (буғ ёки сув) деб номланади. Окимчали насослар

иккига гуруҳга бўлинади: инжектор (атмосфера босимидан юкори босим ҳосил килади) ва эжектор (қурилмада вакуум ҳосил килади).

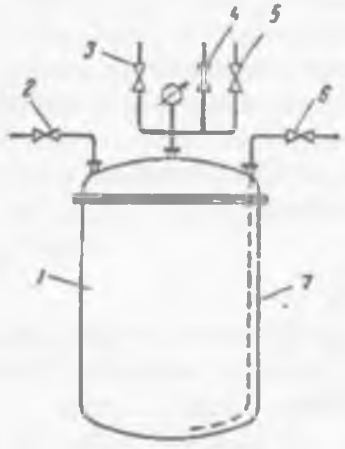
Ишчи суюклик катта тезликда сопло 1 дан аралашиш камераси 2 оркали диффузор 3 га узатилади. Бу даврда ишчи суюклик юзавий ишқаланиш ҳисобига узатилаётган суюкликни тортиб кетади. Диффузорнинг энг тор жойида ишчи ва узатилаётган суюкликлар тезлиги максимумга чикади ва Бернулли тенгламасига биноан статик босим эса минимал кийматга эга бўлади. Аралашиш камераси ва диффузордаги босимлар фарки узатилаётган суюкликни сўриш йўлидан камера 2 тортилишини таъминлайди. Диффузор 3 да оким тезлиги пасаяди, лекин унинг потенциал энергияси ортади ва напор остида суюклик ҳайдаш трубасига узатилади. Окимчали насослар унумдорлигини инжекция коэффициенти оркали ифодалаш қулайдир, яъни

$$\psi_и = \frac{G_и}{G_у} \qquad (4.119)$$

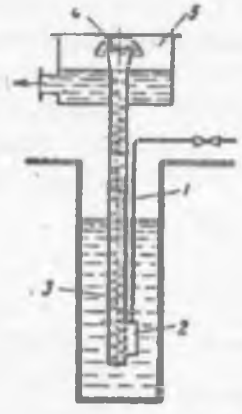
бу ерда, $G_и$ – ишчи суюклик сарфи, кг/с, $G_у$ – узатилаётган суюклик сарфи, кг/с

Окимчали насосларни ишчи ва узатилаётган суюкликлар, яъни ишчи суюклик буғи конденсацияланганда сувга айланса, аралашиши мумкин бўлган ҳолларда қўллаш рухсат этилади. Кўпинча, бу турдаги насослар буғ козонларига сувни узатишда ишлатилади.

Монтежю. Бу турдаги насос горизонтал ёки вертикал резервуар 1 кўринишида бўлиб, суюкликни узатиш учун сикилган ҳаво ёки инерт газ энергиясидан фойдаланилади (4.53-расм). Қурилмага суюклик очик кран 2 оркали юборилади. Бунинг учун ҳаво крани 3 ёки монтежюни вакуум йўли билан боғлайдиган кран 4 очилади. Суюклик узатилиб бошлашдан аввал 2,3 ва 4 кранлар ёпилади ва ҳайдаш йўлидаги кран 6 ва сикилган ҳаво узатиш йўлидаги кран 5 очилади. Сикилган ҳаво босими манометр оркали назорат килинади.



4.53-расм. Монтежю:
1-кобик, 2-6-кранлар,
7-сиқиб чикариш трубаси



4.54-расм. Ҳаволи кўтаргич:
1-сикилган ҳаво узатиш трубаси,
2-аралаштиргич, 3-кўтариш трубаси,
4-кайтаргич, 5-йиғгич

Монтежюнинг афзалликлари: ишкаланувчи ва айланувчи деталь ва кисмлар йўқ; кимёвий фаол, ифлосланган ва радиоактив суюкликларни узатиш учун қўллаш мумкин.

Камчиликлари: насос фойдали иш коэффициенти жуда паст, яъни 10…20%.

Ҳаволи кўтаргич (эрлифт). Бундай насослар сикилган ҳаво узатадиган труба 1 ва газ-суюклик аралашмаси ҳосил бўладиган камераси 2 лардан таркиб топган (4.54-расм). Маълумки, газ-суюклик аралашмасининг зичлиги суюклик зичлигидан кам бўлганлиги учун труба 3 оркали юкорига кўтарилади. Труба 3 дан чикишда кайтаргич 4 га урилиб пастга окиб тушади. Шундай килиб, газ-суюклик аралашмасидан ҳаво ажралиб чикади ва суюклик йиғгич 5 га тушади.

Ишчи суюклик сифатида «газ-ҳаво» ишлатилгани учун ушбу қурилманинг иккинчи номи ҳам бор, яъни газлифт. Бундай қурилмаларни ҳисоблаш учун 4.55-расмда

келтирилган схемадан фойдаланамиз.

Газ-суюклик аралашмасининг зичлиги ушбу формуладан аникланади:

$$\rho = \rho_г \varphi + \rho_ж (1 - \varphi) \tag{4.120}$$

$\rho_г \ll \rho_ж$ бўлгани учун $\rho = \rho_ж (1 - \varphi)$

Агар $H_ж$ маълум бўлса, суюкликнинг максимал кўтарилиш баландлиги H қуйидаги формуладан топилади:

$$H = H_ж \cdot \frac{\rho_ж - \rho_{г.ж}}{\rho_{г.ж}} \tag{4.121}$$

Зарур напор H ни таъминловчи трубанинг суюкликка чўкиб турган кисми $H_ж$ қуйидаги формуладан аникланади:

$$H_ж = H \cdot \frac{\rho_{г.ж}}{\rho_ж - \rho_{г.ж}} \tag{4.122}$$

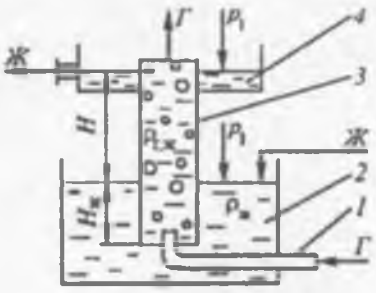
(4.121) ва (4.122) формулаларга кирувчи $(\rho_ж - \rho_{г.ж})/\rho_{г.ж}$ ни газ сақлаш φ оркали ифодаласак,

$$\frac{\rho_ж - \rho_{г.ж}}{\rho_{г.ж}} = \frac{\varphi}{1 - \varphi} \tag{4.123}$$

Унда (4.121) ва (4.122) формулалар ушбу кўринишга келади:

$$H = H_ж \cdot \frac{\varphi}{1 - \varphi}, \qquad H_ж = H \cdot \frac{1 - \varphi}{\varphi}. \tag{4.124}$$

Формуладан кўриниб турибдики, кўтариш баландлигини ошириш учун газ-суюклик аралашма таркибидаги газ миқдорини кўпайтириш керак.



4.55-расм. Газлифт схемаси:
1-газ узатиш трубаси, 2-суюклик идиши; 3-кўтариш трубаси; 4-кабул килиш идиши Г-газ; Ж-суюклик

Агар H ва $H_ж$ маълум бўлса, минимал газ сақлаш φ ушбу формуладан ҳисобланади:

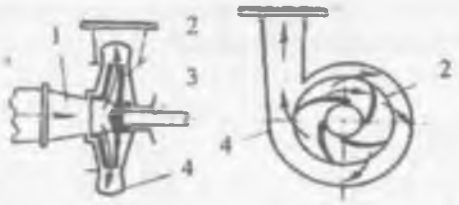
$$\varphi = \frac{H}{H - H_ж} \tag{4.125}$$

Газлифт параметрларини янада аникрок ҳисоблаш учун икки фазали оким ҳаракати давридаги гидравлик йўкотилишларни инобатга олиш керак. Ушбу йўкотилишлар суюк ва газ фазалар сарфи, кўтариш трубасининг диаметри, деворларининг ҳолати ва бошкаларга боғлик.

Ҳаволи кўтаргичнинг афзалликлари: ишкаланувчи ва ҳаракатланувчи кисм ва деталлар йўклиги. Камчилиги: нисбатан кичик ф.и.к. (25…35%).

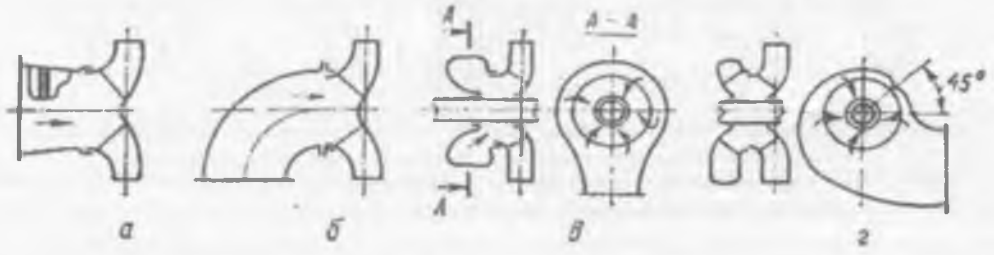
4.21. Насослар ҳаракатланувчи кисм ва зичлагичларининг турлари

Конструкциялари турли-туман бўлишига карамай, динамик (марказдан кочма) насослар бир катор ўхшаш элемент: узатиш патрубкаси 1, ишчи ғилдирак 2, ҳайдаш патрубкаси 3 ва ротор 4 лардан таркиб топган (4.56-расм).



4.56-расм. Марказдан қочма насоснинг принципиал схемаси:
1- узатиш патрубкаси, 2- ишчи ғилдирак, 3- хайдаш патрубкаси, 4-ротор

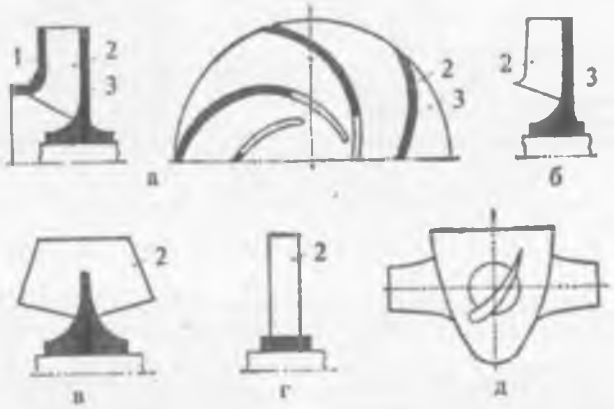
Узатиш патрубкаси суюкликларни ишчи ғилдиракка минимал йўқотишлар билан ва талаб этилган тезликлар таксимланишини таъминлаш учун хизмат қилади. 4.57-расмда марказдан қочма насослар узатиш патрубкаларининг конструкциялари келтирилган.



4.57-расм. Марказдан қочма насослар узатиш патрубка конструкциялари:
а-конфузорли патрубка, б – букилга тирсак,
в-халқасимон камера, г-ярим спиралсимон узатиш патрубкаси

Ишчи ғилдирак механик энергияси узатилаётган суюклик ғидравлик энергиясига айлантирилади. Ишчи ғилдирак радиал, диагонал ва ўкли русумли бўлиши мумкин. Ёпик турдаги ишчи ғилдирак етакчи 3 ва етакланувчи 1 дисклар орасидаги жойлашган паррак 2 лар дан иборат (4.58а-расм). Ярим очик русумли ишчи ғилдиракда етакланувчи диск бўлмайди ва парраклар асосий (етакчи) диск билан яхлит килиб ясалган(4.58б-расм).

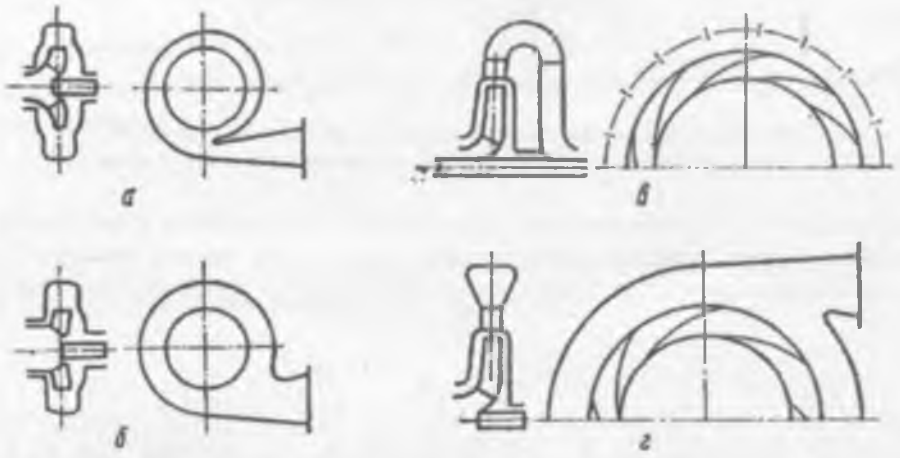
Уюрмали насос ишчи ғилдираги радиал парракли втулка кўринишида килинган. Ушбу насос ишчи ғилдираги ёпик русумли бўлиб, калта парраклар дискнинг учига ўрнатилган.



4.58-расм. Динамик насослар ишчи ғилдиракларининг конструкциялари:
а-марказдан кочма, ёпик типдаги, б - марказдан кочма, ярим очик типдаги,
в- марказдан кочма, очик типдаги, г-уюрмали насос; д-ўкли насос
1-етакланувчи диск, 2-паррак; 3-етакчи диск

Ҳайдаш патрубкаси ишчи ғилдиракдан чикаётган суюкликни йиғиш, тезлик моментини сўндириш ва суюклик кинетик энергиясини унинг босим энергиясига айланитириш, суюкликни ҳайдаш патрубкаси ёки насоснинг кейинги боскичига узатиш учун хизмат килади. Марказдан кочма насосларнинг ҳайдаш патрубкалари спиралсимон

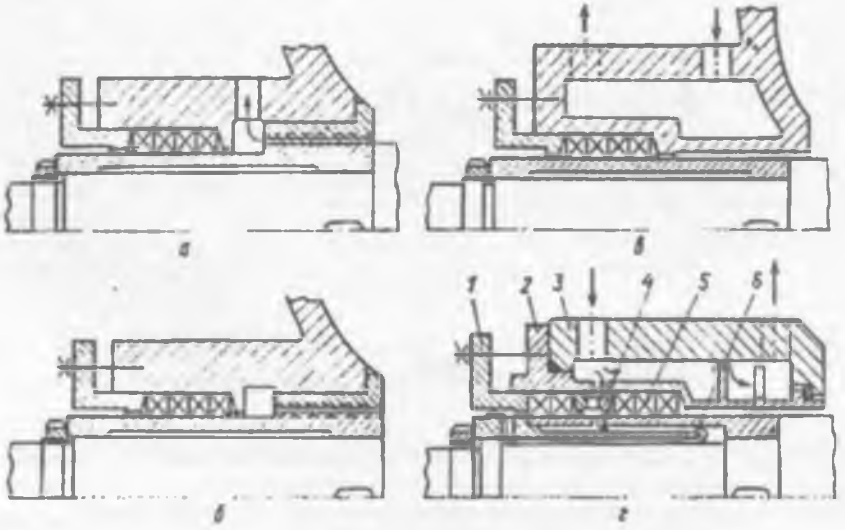
(4.59а-расм), ҳалқасимон (4.59б-расм), йўналтирувчи қурилма кўринишида (4.59в-расм)ва комбинацияланган (4.59г-расм) қилиб ясалади.



4.59-расм. Марказдан қочма насослар ҳайдаш патрубкаларининг конструкциялари:
а – марказдан қочма, епиқ типдаги; б – марказдан қочма, ярим очиқ типдаги;
в – марказдан қочма, очиқ типдаги; г-уюрмали насос; д – ўқли насос
1-етакланувчи диск; 2-паррак; 3-етакчи диск

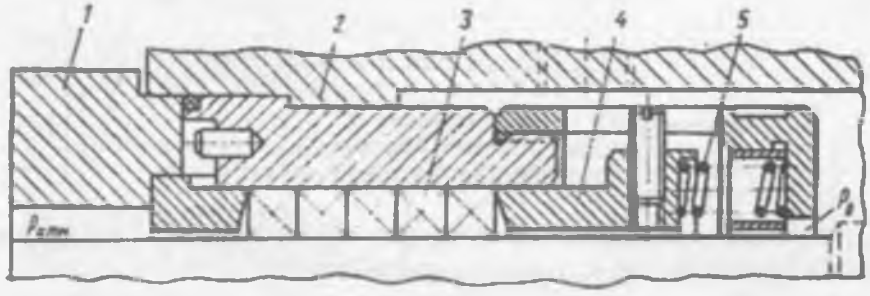
Насос ўқларининг зичлагичлари контактли бўлиб, асосан икки хилдаги, яъни юмшоқ тиқинли салниклар ва ён томон зичлагичлар конструкциялар кенг кўламда қўлланилади.

Салникли зичлагичлар контактли мосламалар турига киради ва насос ёрдамида узатилаётган суюқликнинг ташқарига интенсив оқиб кетмаслигини таъминлаш учун ишлатилади (4.60-расм). Ушбу мосламалар босим 1 МПа гача ва ҳимояловчи втулканинг айлана тезлиги 20 м/с гача бўлган шароитларда ишончли ишлайди. Салник қобиғи 2 насос қобиғи 3 да аниқ маҳкамланади. Унда, салникли тиқин ҳалқаси 5 ўрнатилади ва улар орасида гидрозатворнинг ҳалқаси 5 жойланади. Ўқ бўйлаб тиқинлар сиқувчи втулка 1 ёрдамида ҳимояловчи втулка 6 тақаб зичланади. Қўзғалмас бирикмалар резанали кистирмалар билан зичланади. 4.60-расмда салникли зичлагичларнинг турли хилдаги конструкциялари келтирилган.



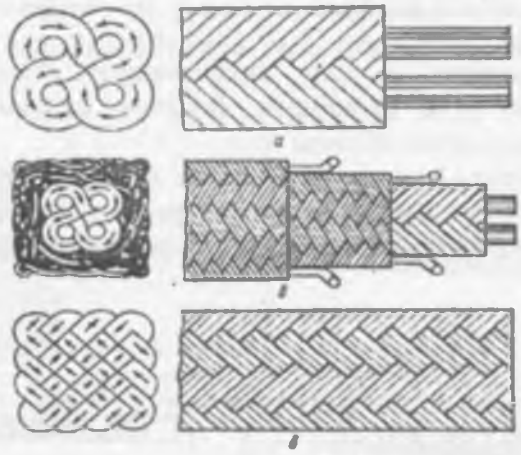
4.60-расм. Юмшоқ тиқинли салникли зичлагичлар:
а–гидравлик ҳалқасиз, б – ўқли импеллерли юкламаси пасайтирилган;
в- ташқи совитиш воситали; г-комбинацияланган совитишли
1-сиқувчи втулка; 2-салник қобиғи; 3-насос қобиғи;
4-гидрозатвор ҳалқаси; 5-салникли тиқин ҳалқаси; 6-ҳимояловчи втулка

Ўзи силжувчи салникли зичлагичлар копкок 1, втулка 2 дан иборат бўлиб, уларнинг ичида салникли тикин 3 жойлашади (4.61-расм). Ўк бўйлаб тикинни сиқиш втулка 4 ёрдамида зичловчи босим $p_в$ хисобига амалга ошади. Агар насос ишламаётган бўлса, тикинни сиқиш пружина 5 ёрдамида бажарилади.



4.61-расм. Ўзи силжувчи салникли зичлагичлар:
1-копкок, 2-втулка, 3-салникли тикин, 4-босиб турувчи втулка, 5-пружина

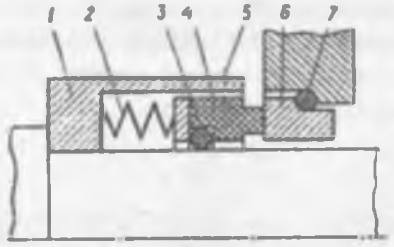
Тикиннинг физик-механик едирилишга бардошлиги ва антифрикцион хоссаларига тикин матосининг тўкилиш структураси катта аҳамиятга эга. Бу тикинларнинг афзаллиги шундаки, насос бўламини монтаж ва демонтаж қилиш бутун насосни ажратмасдан амалга оширса бўлади. Салникли тикинлар ташки тўкимали, бўйлама тешикли ва диаплексли турлари ишлаб чикарилади (4.62-расм). Диаплексли тўкилган тикин ўк едирилиш жадаллигини 30...50% га камайтиради. Нефть маҳсулотларини 80°С температурада узатувчи насосларнинг тикинлари мой ва графит шимдирилган асбестдан қилинган бўлади. Узатилаётган муҳит температураси ~200°С да асбест-қўрғошинли, 200°С дан юкорирок температураларда – асбест-алюминийли тикинлар ишлатилади.



4.62-расм. Салникли тикинларни тўкишнинг турлари:
а-бўйлама тешикли, 2-ташки тўкимали, 3-диаплексли (диагонали)

Ён томон зичлагичлар конструкцияларининг кўплигига карамасдан, бир катор ўхшаш ва ўзгармас элемент: бир-бирига ясси томонлари билан тегиб турган ишкаланиш жуфтлигининг иккита зичловчи халка 4 ва 6 лардан таркиб топган (4.63-расм). Ҳалка 6 кобикка ёки ўкга маҳкамланади ва элемент 7 ёрдамида зичланади. Бурчак ва ўк бўйлаб эркин ҳаракатланувчи ҳалка 4 сикувчи элемент 1 да ўрнатилади. Ушбу элементга пружиналар 2 ва иккиламчи зичловчи элемент 3 ҳамда етакловчи система 5 лар киради.

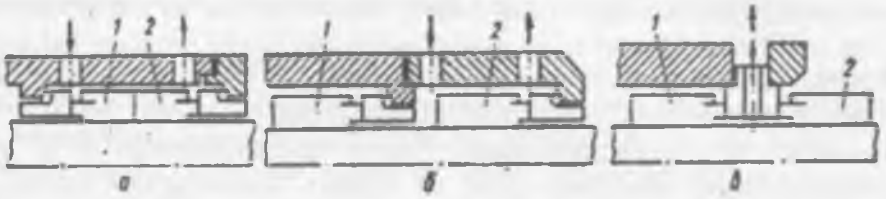
У ёки бу конструктив схемани танлаш эксплуатациянинг аник шароитлари билан белгиланади.



4.63-расм. Ён томон зичлагичи:
1-сикувчи элемент; 2-пружина; 3,7-зичловчи элементлар; 4-зичловчи халка; 5-стаклович система; 6-халка

Қўшалок ён томонли зичлагичлар қуйидаги шароитларда қўлланилади (4.64-расм): мойлаш кобилиятлари ёмон бўлган газсимон ва суюклик муҳитларни узатишда; таркибида каттиқ фаза бўлган босими ва температураси юкори бўлган суюкликларни узатишда; буғланган суюкликларни ишкаланиш зонасида кристалланишга мойил суюкликларни узатишда; заҳарли, енгил ёнувчан суюкликларни узатишда.

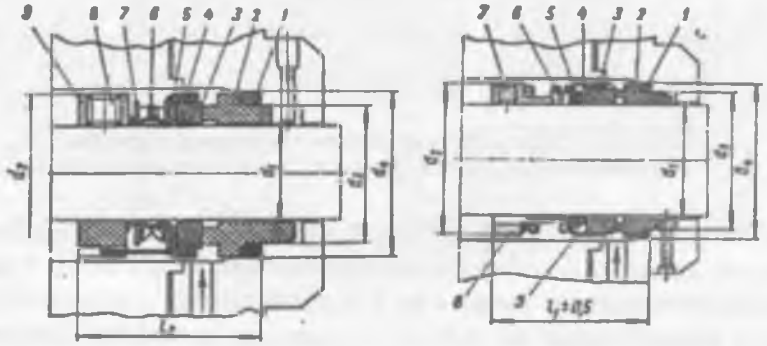
Қўшалок ён томонли зичлагичлар техника хавфсизлиги талабларига жавоб беради ва насос ўки ва деталларига қуйқаларнинг ўтириб қолишини бартараф килади.



4.64-расм. Қўшалок ён томонли зичлагичлар конструкциялари:
а-ички зичлагични ташки учма-уч ўрнатиш; б- ички зичлагични ички учма-уч ўрнатиш; в-ички зичлагични ички учма-уч ва ташки зичлагични оддий ўрнатиш. 1-ички зичлагич, 2-ташки зичлагич.

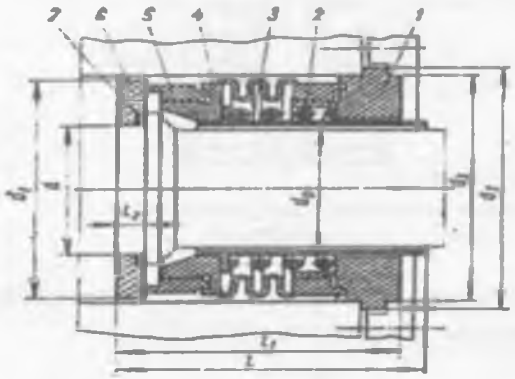
Шуни алоҳида таъкидлаш лозимки, ички зичлагич очилиб кетмаслиги ва икки суюклик аралашмаслиги учун затвордаги суюклик босими узатилаётган суюклик босимидан 0,1...0,15 МПа га ортик бўлиши шарт.

4.65-расмда 132 типдаги ён томонли зичлагич узатилаётган суюклик босими 1 МПа, температура -40 дан +105°С, каттик фаза концентрацияси 4% гача бўлган суюкликларни узатишда қўлланилади. Конструкцияда резина силфон ва тўлкинсимон типдаги пружина ишлатилади.

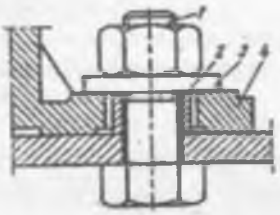


4.65-расм. Ён томонли зичлагич (132 тип) конструкцияси:
1- зичловчи халка; 2-қўзғалмас халка; 3-айланувчи халка; 4-обойма; 5-силфон; 6-тўлкинсимон пружина; 7-халка; 8-котирувчи винт; 9-таянч втулка.

4.66-расмда 422 типдаги ён томонли зичлагич узатилаётган суюклик босими 0,3 МПа, температура -40 дан +80°С, каттик фаза концентрацияси 0,1% гача бўлган суюкликларни узатишда қўлланилади.



4.66-расм. Ён томонли зичлагич конструкцияси:
1-фланец, 2-пружина, 3-втулка, 4-силфон, 5-қўзғалмас халқа, 6-айланувчи халқа, 7-кистирма



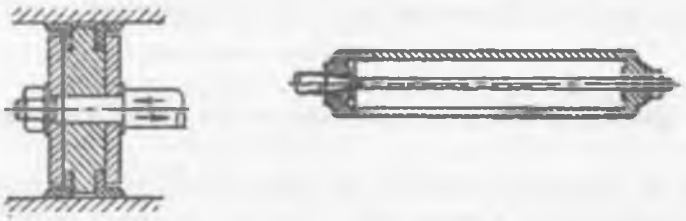
4.67-расм. Иссик суюкликлар учун насос таянчини компенсациялаб маҳкамлаш:
1-болт, 2-втулка, 3-шайба, 4-таянч.

Иш жараёнида насос кизиб олгандан кейин насос ва электр юриткичларнинг геометрик ўклари тўғри келмай колади. Натижада, насос агрегатининг тебраниши бошланади. Бунда, насос кобиғининг иссиклик деформацияси симметрик равишда таркалади ва кизиш жараёнида марказлаштиришнинг ишдан чикиши кузатилмайди.

Қобикнинг вертикал ҳолатдаги маҳкамлиги болтли бирикма билан белгиланади (4.67-расм). Бу ерда маҳкамловчи болт 1 ни втулка 2 да тортиш шундай амалга ошириладики, массив шайба 3 ва таянч 4 ларнинг юзалари бир-бирига зич ёпишиб туради.

Насос поршенлари дискли (4.68а-расм) ва плунжерли (4.68б-расм) килиб ясалади.

а) б)

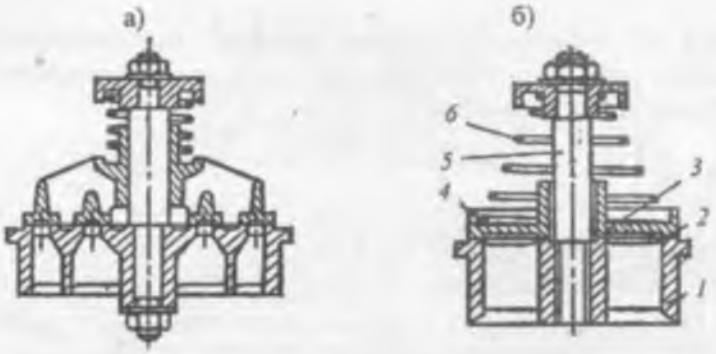


4.68-расм. Дискли (а) ва плунжерли (б) поршенлар конструкциялари.

Дискли поршенларни цилиндрда зичланиши металл ҳалкалар ёки чарм манжетлар ёрдамида амалга оширилади. Плунжерли поршень эса, юмшок тикинли ташки салник ёрдамида зичланади.

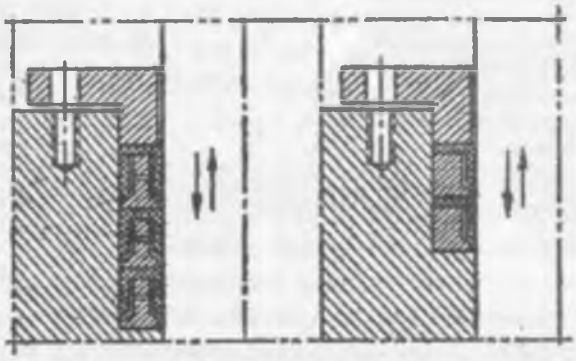
Кўпинча насос клапанлари тарелкали килиб ясалади. Унумдорлиги катта насослар учун тарелкали клапанлар икки (4.69а-расм) ва уч ҳалкали бўлади.

Кичик сарфли насосларда энг кўп кўлланиладиган клапан конструкцияси – бу оддий клапандир (4.69б-расм). Клапан эгари 1 цилиндр клапанли тўсиғига қўзғалмас килиб пресслаб ўтказилган. Эгар иккита сайкалланган ҳалқасимон юза 2 ва 3 ларга эга. Клапаннинг усти ва остидаги босимлар фарки туфайли клапан 4 йўналтирувчи чивик 5 бўйлаб сирпанади. Конуссимон пружина 6 таъсирида клапан 4 эгарга зич ўтиради ва сикилиб туради.



4.69-расм. Икки ҳалқали ва оддий тарелкали клапанлар конструкциялари:
1-эгар, 2,3-эгар юзалари, 4-клапан, 5-чивик; 6-конуссимон пружина

Айрим ҳолларда, тарелкали клапанлар қалин резинадан тайёрланади. Бундай материалдан клапаннинг ясалиши юқори даражадаги зичликни таъминлайди.



4.70-расм. Чарм манжетли салник конструкциялари.

Поршенли насослар салниклари юмшоқ тиқинли ёки чарм манжетли бўлади (4.70-расм). Насос томонидан ҳосил қилинаётган босим Г- ёки П-симон манжетларнинг ички юзасига таъсир этади ва штокка маълум куч билан сикиб кўяди. Насос қанчалик катта босим ҳосил қилса, манжетга шунчалик катта куч таъсир этади.

4.21.1. Насослар эксплуатациясида юзага келадиган носозликлар

Насосларда юз берадиган бузулиш ва турли-туман носозликларни аниқлаш бўйича тавсиялар бериш жуда кийин. Камдан-кам ҳолларда насоснинг бузулиш сабаби насоснинг ўзида бўлади. Шунинг учун, бошка сабаблар ижобий натижа бермаган ҳоллардагина насосни кисм ва деталларга ажратиб таъмирлаш керак.

Парракли насослардаги нуқсонлар ва уларни бартараф этиш усуллари

4.8-жадвал

№	Носозликлар	Сабаблар	Бартараф килиш усуллари
1.	Ишга туширилганда насос суюклик узатмайди	Нотўгри суюклик тўлдирилган	Суюклик кайтадан куйилсин ва ҳавони чикариб ташлашга эътибор берилсин.
		Айланишлар сони кичик	Айланишлар сонини ошириш керак
		Ҳавони чикариш вентили очиқ бўлгани у-н ҳаво насос кириши м-н	Вентилни ёпиш керак

		Кабул килувчи клапан зичлиги бузулган ёки тикилиб колган	Клапан текширилади, зарурат бўлса тозаланади
		Салник герметиклиги йўколган	Салникни сикиб тортиш ёки алмаштириш керак
2.	Насос, талаб этилаётган сарфни таъминламаяпти	Айланиш сони кичик	Айланишлар сонини ошириш керак
		Ишчи гилдирак тескари айланмокда	Ишчи гилдирак айланиш йўналишини текшириш керак; электр юриткич кутбларини алмаштириш зарур
		Система каршилиги ошган	Айланишлар сонини ошириш керак; агар электр юриткич ёрдамида амалга ошириб бўлмаса, катта диаметрли ишчи гилдирак ўрнатиш даркор ёки яна битта боскич кўшиш керак
		Сўриш трубаси тикилиб колган	Сўриш трубаси, кабул килувчи клапанни текшириш ва тозалаш, зарур бўлса насосни кисм ва деталларга ажратиш ва ишчи гилдракни тозалаш керак
		Суюклик сатхи паст ёки насос ва труба кувурида хаво бор	Насос ва труба кувури суюклик б-н тўлдирилади ва хаво чикарилади
		Салник оркали хаво сўрилади	Салник тортилади ёки тикин алмаштирилади;
		Суюклик ўтиш жойи едирилган	Насосни кисм ва деталга ажратиш ва едирилган деталлар алмаштириш к-к
3.	Истеъмол килинаётган кувват микдори ошиб кетган	Системанинг каршилиги техник шартларда белгиланган дан кам	Хайдаш йўлидаги задвижка техник шартларда белгиланган босимга эришгунга кадар беркитилади.
		Суюклик зичлиги юкори	Агар зичликни камайтириш имкони бўлмаса, ишчи гилдирак озгина кесилади ёки боскичлар сони камайтирилади
4.	Насос узатишни тўхтатди	Сўриш труба кувурида ёки салник оркали хаво сўриб олинмокда ва окимнинг узлуксизлиги бузулган	Бирикмалардаги зичликни таъминлаш ёки салникларни тортиш керак
		Кабул килиш резервуардаги сув сатхининг пасайиши	Насос тўхтатилсин ва сатх кўтарилишига эришиш керак
		Сўриш труба кувури ва кабул килиш клапани тикилган	Сўриш труба кувури ва кабул килиш клапани текширилсин, кисмларга ажратиб тозалаш керак
5.	Насос герметиклиги бузулган	Тортувчи шпилкалар нотўгри махкамланган	Насос тўхтатилсин, совук холатда бир меъёрда шпилкаларни тортиш таъминлансин
		Зичлагичлар шикастланган	Янги кистирма ва тикинлар кўйиб алмаштириш керак
6.	Салникда герметиклиги бузулган	Салник тикини едирилган ёки нотўгри махкамланган	Тикинни алмаштириш керак; ён томон зичлагичнинг тикинли юзаларини текшириш ва зарурат тугилса алмаштириш керак
		Химояловчи втулка каттик тортилгани ёки табиий равишда едирилган.	Втулкани сайкаллаш ёки алмаштириш, салникка янги тикин кўйиш керак.
		Салник остидаги ўкнинг уриши	Подшипниклар текширилсин, керак бўлса алмаштирилсин; ўк

			уришини ишчи ғилдирак маҳкамланган ҳолатда кузатиш лозим
7.	Подшипник керагидан ортик кизийди	Агрегат сифатсиз марказлаштирилган	Марказлаштириш текширилсин
		Труба қувурининг тебраниши насосга таъсир этмокда	Труба қувурининг маҳкамланишини ўзгартирилсин: агрегат марказлаштирилиши текширилсин
		Пойдевор билан зарур богланиш йўқ	Пойдеворга маҳкамланиш текширилсин
		Сифатсиз мой	Мой сифати текширнлсин, тўлдирилсин ёки янгисига алмаштирилсин; мой узатиш системасидаги босим ва узатиш текширилсин
		Мойнинг ковушкоклиги пасайган	Мойга қўшимча килиш ёки алмаштириш керак
8.	Насос шовқун таркатади	Насосда ҳаво бор	Насосни тўхтатиш ва кайтадан ишга тушириш керак
		Сарф жуда катта ёки напор жуда кичик	Задвижка ёрдамида шовкин йўколгунча насос ишлашини ростлаш лозим

Илгарилама-кайтма насослар сикиб чикариш принципида ишлайди ва улар ортикча юкламаларга жуда сезгир. Бузулишлар олдини олиш учун эксплуатация қоидаларига катъияи риоя килиш даркор. Агар бузулишни аниклаш кийин бўлса, уни тайёрлаган завод ёки корхонага мурожаат килиш керак. Поршенли насосларнинг айрим носозликлари ва уларни бартараф этиш усуллари 4.9-жадвалда келтирилган.

Ҳайдаш трубасидаги задвижка ва клапанларга алоҳида эътибор бериш керак, чунки насосни ишга туширишдан аввал уларнинг ҳаммаси очик ҳолатда бўлиши керак. Агар ушбу задвижкалар ёпик бўлса, насосдаги босим ошиб кетади, электр юриткичга ортикча юклама тушади ва бутун насос агрегатининг бузулишига олиб келиши мумкин. Шунинг учун, бу турдаги насосларда ҳайдаш патрубкасидан кейин тескари клапан ёки байпас линияси ўрнатилиши даркор.

Поршенли насослардаги бузулишлар ва уларни бартараф килиш усуллари

4.9-жадвал

№	Носозликлар	Сабаблар	Бартараф килиш усуллари
1.	Насос унумдорлигининг камайиши	Клапан осилиб колган	Вентилни очиш ва ростлаш керак
		Клапанга каттик жисмларнинг кирган	Зичловчи юзани текшириш, зарур ҳолларда сайкаллаш ёки алмаштириш керак
		Клапан тўлик ёпилмайди	Клапан пружинасини текшириш ёки алмаштириш керак
		Цилиндр гилзаси ва поршень ҳалкалари едирилган ёки тирналган	Гилза ва ҳалқани сайкаллаш ёки йўниб танлаш керак
2.	Насос нотурғун ишлаши	Сўриш баландлиги рухсат этилгандан кўп	Қабул резервуардаги суюклик сатҳини ўриатиш, сўриш патрубкаси ва клапанни текшириш, зарур бўлса уларни тозалаш
		Насосда буғ ҳосил бўлади	Сўриш баландлигини камайтириш керак
		Сўриш линияси оркали насосга ҳаво кирмокда	Сўриш линиясини герметиклигини текшириш ва

			салник назорат қилиш
3.	Босимнинг жуда катта миқдорда кўтарилиши	Ҳайдаш йўлидаги задвижкалар тўдиқ очилмаган	Задвижка ва вентилларни тўлиқ очиш зарур
		Ҳайдаш йўли тиқилган ёки жуда узун	Труба қувурини назорат қилиш ва нормал ҳолатга келтириш
4.	Клапан шовқин билан ишлайди	Етарли мақкамланмаган	Клапан мақкамланиши текшириш ва керакли бўлса зичловчи ҳалқаларни янгилаш
		Клапан пружинаси синган	Пружина алмаштирилсин
5.	Крейцкопф подшипникида тақиллаш	Тиркиш жуда катта	Крейцкопф подшипники алмаштирилсин; тиркиш ўлчами ростлансин
6.	Подшипник керагидан ортиқча қизиши	Сифатсиз мой	Мой алмаштирилсин
		Мой босими етарли эмас	Мой насоси ёрдамида босимни ростлансин
7.	Мой босимининг пасайиши	Подшипниклардаги тиркишлар жуда катта	Қистирма олиб подшипникни ростлансин
8.	Насос суюқлик тортмаяпти	Сўриш линияси орқали насосга ҳаво кирмоқда	Сўриш линиясидаги ҳамма бирикиш жойлари текширилсин
		Сўриш баландлиги рухсат этилгандан кўп	Қабул резервуардаги суюқлик сатҳини ўрнатиш, сўриш патрубкаси ва клапанни текшириш, зарур бўлса уларни тозалаш
		Насос тўлмаган	Қайтадан насос суюқлик билан тўлдирилсин

Роторли насослар илгарилама-қайтма насос каби сиқиб чиқариш принципида ишлайди. Агар юклама ошиб кетса, насоснинг бузулиши мумкин, чунки деталларнинг мустаҳкамлиги маълум максимал босимларга ҳисобланган. Шунга эътибор бериш керакки, насослар маълум бир суюқликларни узатиш учун мўлжалланган. Демак, насосларни эксплуатация қилишда корхона кўрсатмаларига қатъий риоя қилиш керак.

Ҳайдаш қувурида босим рухсат этилмаган босимдан ортиб кетиш олдини олиш учун кўпчилик роторли насосларга сақловчи клапанлар ўрнатилади. Агарда насосда бундай клапан бўлмаса, сақловчи клапанларни труба қувурига ўрнатиш мақсадга мувофиқ.

Сақловчи клапан орқали узатилаётган суюқликни қабул қилиш резервуарига йўналтириш тавсия этилади. Ушбу жараённи амалга ошириш даврида рухсат этилгандан ортиқ температурагача суюқликнинг қизишига йўл қўйиб бўлмайди, чунки бундай шароитда насос ишдан чиқиши мумкин.

Кўп винтли ва шестерняли насосларнинг айрим носозликлари ва уларни бартараф қилиш усуллари 4.10-жадвалда келтирилган.

Кўп винтли насослардаги бузулишлар ва уларни бартараф қилиш усуллари

4.10-жадвал

№	Носозликлар	Сабаблар	Бартараф қилиш усуллари
1.	Насос унумдорлиги ва напори жуда кам	Ишчи босимда сақловчи клапан очилади, клапан эгари зичланиш ёмон	Клапан эгарининг ифлосланиши текширилсин ва тозалансин, клапан алмаштирилсин
		Ишчи орган ва кобик орасидаги тиркиш катталашган	Ишчи орган ва кобик едирилиши текширилсин ва едирилиш катта бўлса деталлар алмаштирилсин
		Ҳаво сўрилиши ва хайдаш йўлида герметикликнинг бузилиши	Сўриш кувури герметиклиги текширилсин, зарур бўлса зичлаш керак
		Айланиш частотаси паст	Айланиш частотаси ўлчансин ва электр юриткичга келаётган кучланиш аниқлансин
		Узатилаётган суюқликнинг ковушкоклиги паст	Узатилаётган суюқликдан иссикликни ажратиб олишни

			яхшилаш керак.
		Насосдан чикишдаги босим манометр кўрсаткичидан юкори	Ҳайдаш линияси текширилсин. манометр тарировка қилинсин ёки алмаштирилсин
		Узатилаётган суюклик ковушкоклиги юкори	Суюклик температурасини ошириш керак
2.	Насос қуввати номиналдан кўп	Электр юриткич тайёрланишидаги нуксонлар.	Электр юриткич ва унинг қуввати текширилсин
		Насосдан чикишдаги босим манометрик босимдан кўп	Босимни камайтириш, манометрни артиш ва тарировка килиш керак
		Узатилаётган суюклик ковушкоклиги номиналдан анча юкори	Узатилаётган суюклик температурасини кўтариш, қуввати катта электр юриткич ўрнатиш зарур
		Қобикда роторнинг тебраниши мавжуд	Насосни деталларга ажратиш ва текшириш, нуксонли деталлар алмаштирилсин
3.	Қаттик тебраниш	Пойдевор ясашдаги нуксонлар	Пойдеворни ўзгартириш, зарур бўлса насос пойдеворга пўкакли ёки фетрли кистирмага ўрнатилсин
		Труба қувурининг тебраниши	Труба қувури яхшилаб маҳкамлансин
		Ҳавонинг насосга кириб колиши	Труба қувури бирикмаларини текширилсин
		Насос пойдеворга яхши ўрнатилмаган	Пойдевор болтлари тортилсин
4.	Насос нотурғун ишлашн	Подшипник ва айланувчан деталларнинг каттик едирилгани	Насос деталларга ажратилсин, зарур бўлса алмаштирилсин

4.21.2. Насосларни қўллаш соҳалари, афзаллик ва камчиликлари

Ҳар бир насосни қўллаш соҳалари бўлиб, у ерда ўз афзалликларини максимал тўлик ва тегишли камчиликларини энг кам миқдорда намоён килади (2.59-расм).

Ҳажмий насослар. Поршенли насослар юкори қовушқоқ, ёнувчан ва портловчан суюкликларни нисбатан катта бўлмаган унумдорлик ва юкори босим (50…1000 атм.) да узатиш учун мўлжалланган.

Кичик напор (<10...15 м) ва юкори унумдорлик (<1500 $м^3$/мин) талаб этилган соҳаларда пропеллерли насослар қўлланилади. Бу турдаги насослар ифлосланган ва кристалланишга мойил бўлган суюкликларни узатиш учун ишлатилади. Ушбу насослар гидравлик ф.и.к. катта, ихчам ва тез юрар.

Поршенли ва плунжерли насосларнинг асосий афзаллиги: фойдали иш коэффициентининг катта (η=0,9); кам миқдордаги, юкори қовушқоқ суюкликларни ҳар қандай босимда узатиб бериш хоссасига эга. Лекин уларда суюклик узатилиши нотекислиги, клапанларни тез ишдан чикиши ва катта ўлчамга эга бўлиши, поршенли ва плунжерли насосларнинг қўлланишини озгина чегаралайди. Плунжерли насосларни ишлатиш осонрок бўлиб, бузилиши камрок бўлади.

Марказдан қочма ва ўкли насослар. Жуда катта бўлмаган напор, ўрта ва юкори иш унумдорлиги талаб этилган ҳолларда ишлатилади. Бу насослар фойдали иш коэффициенти (η=0,8...0,95) юкори ва суюкликни бир меъёрда узлуксиз узатиб беради. Нисбатан содда тузилганлиги уларни узоқ хизмат қилишини ва ишончлилигини таъминлайди. Клапанларнинг йўклиги, ишқаланиш юзалари бўлмаслиги ифлосланган суюкликларни ҳам узатиш имконини беради. Электр юриткич билан бевосита уланиши насос қурилмасининг ихчамлигини таъминлайди ва унинг фойдали иш коэффициентини оширади. Куракчали насосларни ушбу афзалликлари, уларнинг турли саноатларда кенг

қўламда қўлланишига олиб келди. Марказдан қочма насослар учун асосий 2 та чегара мавжуддир: 10 МПа дан ортиқ босим олиш мумкин эмас; жуда кичик иш унумдорликка эга насосларни лойиҳалаш максадга мувофик эмас.

Маълумки, суюклик босимини ошириш учун ишчи ғилдирак айланишлар сонини кўпайтириш керак. Марказдан қочма куч айланишлар сонининг квадратига пропорционал бўлиб, нафакат суюкликка, балки ишчи ғилдиракка ҳам таъсир этади. Жуда юкори айланишлар сонида ишчи ғилдирак дисклари ва куракчалари механик бузилиши мумкин. Шунинг учун ишчи ғилдирак айланишлар сонини чегараланиши конструкцион материалларнинг механик мустаҳкамлиги билан белгиланади. Техник юксалиш туфайли янги, юкори мустаҳкамликка эга конструкцион материаллар яратилиши насос ҳосил қилаётган напор бўйича юкори чегарасининг аста-секин кўтарилишига олиб келади.

Бу насосларнинг камчилиги: унумдорлиги ва босими пастлигидир. Тармоқ каршилигининг ортиши билан иш унумдорлиги камаяди ва бу ҳол ўз навбатида ф.и.к. пасайтиради.

Винтсимон асос. Бу турдаги насослар нефть маҳсулотлари, ёнилғи, юкори ковушкок суюкликларни узатиш учун қўлланилади. Бу насослар ўқининг айланиш тезлиги 3000 айл/мин. гача бўлиб, унумдорлиги 300 м^3/соатгача ва ҳосил қиладиган босими 175 атм.

Винтсимон насослар қуйидаги афзалликларга эга: тез юрар, ихчам ва шовқунсиз ишлайди. Босим ўзгариши билан унумдорликка салбий таъсир этмайди ва ф.и.к. нисбатан юкори η=0,75...0,80. Ҳажмий насослар тузилиши оддий (шестерняли ва винтли) бўлиб, суюкликни бир меъёрда узатиб беради.

Пластинали насос. Кичик босим ва унумдорлик ҳамда суюклик таркибида қаттиқ фазаси бўлмаган суюкликларни узатиш учун пластинали насослар қўлланилади.

Шестерняли насос. Юқори босим (100…150 атм.) ва кичик иш унумдорлиги (<5…6 м^3/мин.) ҳамда суюклик таркибида каттик фазаси бўлмаган суюкликларни узатиш учун шестерняли насослар қўлланилади.

Оқимчали насослар. Бу насослар кичик (ўртача) напор ва иш унумдорлик талаб этилган ҳолларда қўлланилади. Ушбу насосларнинг афзаллиги шундан иборатки, уларнинг тузилиши анча содда, ифлосланган суюкликларни ҳам узата олади. Сув оқимчали насослар техникада қудуқлардан сувларни кўтариш учун хизмат қилади. Буғ - оқимчали насослар эса, буғ қозонларга сув узатиш учун ёки вакуум ҳосил қилишда хизмат қилади. Оқимчали насосларнинг камчилиги: фойдали иш коэффициенти жуда кичик ва юкори босим ҳосил кила олмайди.

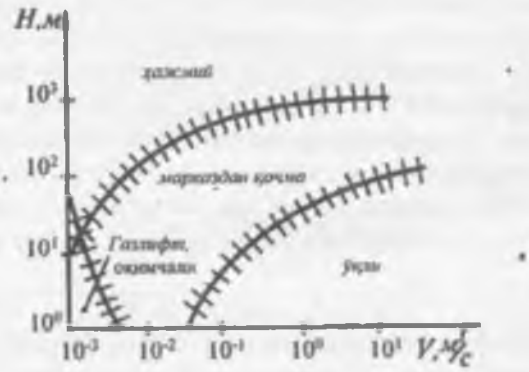
Уюрмали насослар. Кичик унумдорлик (<40 м^3/мин.) ва катта напорлар (<250 м) да тоза, ковушқоқлиги паст бўлган суюкликларни узатиш учун уюрмали насослар ишлатилади. Бу турдаги насослар афзалликлари: тузилиши содда, ихчам ва юкори напорлар олиш мумкинлиги.

Камчиликлари: ф.и.к. кичик η=0.20...0,50, энергиянинг йўқотилиши салмокли ҳамда таркибида каттик фаза бўлган ва ковушқоқ суюкликларни узатишга яроқсизлиги.

Ҳаволи (газли) кўтаргич ва оқимчали насослар ҳаракатланувчи ва ишқаланувчи кисм ва деталли насосларни қўллаш ман этилган технологияларда ишлатилади. Ушбу насослар кичик (ўртача) напор ва иш унумдорлик талаб этилган ҳолларда қўлланилади. Бу насослар тузилиши содда ва уларга кўрсатиладиган хизмат ҳам оддийлигидир. Мисол учун, чукур кудуклардан сув чикариш, агрессив суюкликларни узатишда қўлланилади. Ҳаволи кўтаргич, монтежю ва окимчали насослар ф.и.к. паст (25...35%). Лекин насос таркибида ҳаракатчан кисм ва деталлар йўклиги, унинг энг асосий афзаллигидир.

Монтежю. Бу насосни қўллаш соҳаси кичик напор ва унумдорлик талаб этиладиган технологик жараёнлардир.

4.71-расмда турли хилдаги насосларни қўллаш соҳаларининг чегаралари келтирилган.



4.71-расм. Турли насосларни қўллаш соҳалари.

Ушбу бобнинг якунида шуни таъкидлаш керакки, ҳар бир аниқ ҳолат учун насосни танлаш техник-иқтисодий ҳисоблашлар асосида ҳамда эксплуатацион, насос ва бошқа жиҳозларнинг конструктив характеристикалари инобатга олган ҳолда амалга оширилади.

4-боб. Насослар бўйича Мустақил тайёрланиш ва қайтариш учун саволлар

1. Насос қандай машина?
2. Насослар қандай турларга бўлинади?
3. Насосларнинг асосий параметрларини ифодаловчи формулаларни ёзинг ва ўлчов бирликларини аниқланг.
4. Насос қурилмасининг ф.и.к.
5. Насоснинг сўриш баландлиги қандай аниқланади?
6. Марказдан қочма насос конструкцияси, ишлаш принципи ва афзалликлари.
7. Поршенли насос конструкцияси, ишлаш принципи ва афзалликлари.
8. Марказдан қочма насос конструкцияси, ишлаш принципи ва афзалликлари.
9. Пропорционаллик қонунини ифодаловчи формулаларни ёзинг.
10. Ўқли насос конструкцияси, ишлаш принципи ва афзалликлари.
11. Шестерняли насос конструкцияси, ишлаш принципи ва афзалликлари.
12. Винтсимон насос конструкцияси, ишлаш принципи ва афзалликлари.
13. Пластинали насос конструкцияси, ишлаш принципи ва афзалликлари.
14. Оқимчали насос конструкцияси, ишлаш принципи ва афзалликлари.
15. Монтежю конструкцияси, ишлаш принципи ва афзалликлари.
16. Ҳаволи кўтаргич конструкцияси, ишлаш принципи ва афзалликлари.
17. Насосларни қўллаш соҳалари.

КОМПРЕССОРЛАР

4.22. Асосий тушунчалар

Кимё ва нефть-газни кайта ишлаш саноатлари корхоналарида кўп миқдорда газ ва газ аралашмаларини кайта ишлашга тўғри келади. Кўпгина кимёвий жараёнларнинг атмосфера босимдан фаркли босимлар остида олиб борилиши, жараён тезлигини оширади, қурилма ўлчамларини кичик бўлишига ва ҳоказоларга олиб келади.

Газларни сиқиш ёрдамида уларнинг қувурларда ва қурилмаларда ҳаракати таъминланади ва вакуум ҳосил қилинади. Бундан ташкари, ҳаво ва газларни сиқиш, уларни аралаштириш, суюкликларни пуркаш учун ишлатилади. Кимё ва нефть-газ саноатларида қўлланиладиган босим миқдорлари 10^{-3} дан 10^{8} $Н/м^2$ (10^{-8}...10^{3} атм) гача бўлади.

Газларни узатиш ва сиқиш учун мўлжалланган машиналар компрессор машиналари дейилади.

Компрессор машинаси ҳосил қиладиган охирги босим P_2 нинг, газни сўрилиш пайтидаги босим P_1 га нисбати *сиқиш даражаси* деб номланади.

Сикиш кўрсаткичининг киймати бўйича компрессор машиналари қуйидаги турларга бўлинади:

1) вентиляторлар (P_2/P_1) < 1,1 – катта миқдордаги газларни узатиш учун;

2) газодувкалар 1,1 < (P_2/P_1) < 3 – нисбатан катта гидравлик қаршиликка эга қувурлардан газларни узатиш учун;

3) компрессорлар (P_2/P_1) > 3 юқори босим ҳосил қилиш учун ишлатилади;

4) вакуум-насос атмосфера босимидан кичик бўлган босимларда газларни сўриб олиш учун.

Компрессор машиналари ишлаш усули (принципи) бўйича поршенли, роторли, марказдан кочма, ўкли ва бошка машиналарга бўлинади.

Поршенли машиналарда газларни сиқиш ҳажмининг камайиши ҳисобига амалга ошади. Бунда поршеннинг илгарилама-кайтма ҳаракати туфайли газнинг босими оширилади.

Роторли машиналарда газларни сиқиш эксцентрик жойлашган роторнинг айланиши туфайли ҳажмнинг камайиши окибатида ҳосил бўлади.

Марказдан кочма машиналарда ишчи ғилдиракнинг айланишида ҳосил бўладиган инерция кучлари ёрдамида газ сиқилади.

Ўкли машиналарда ишчи ғилдирак ва йўналтирувчи қурилма узунлиги бўйлаб, газ ҳаракатланганда унинг сикилиши содир бўлади.

Вакуум-насос сифатида ҳар кандай компрессордан фойдаланиш мумкин. Фақат вакуум-насос билан компрессор орасида фарк шундаки, вакуум-насосда сўриш босимнинг атмосфера босимидан сезиларли кам бўлса, узатиш эса атмосфера босимидан кўпрок бўлади. Поршенли компрессорлар кам миқдордаги газларни катта босимларгача (0,5 ... 20 МПа ва ундан юкори) сикишда ишлатилади. Турбокомпрессорлар эса, катта миқдордаги газларни нисбатан паст босимларда (0,15...1,5 МПа) узатиб беришга мўлжалланган.

4.23. Газларни сиқиш жараёнининг термодинамик асослари

Реал газларни сиқиш жараёнида унинг ҳажми, босими ва температураси ўзгаради. Газларни сиқиш жараёни назарияси идеал газ термодинамикасига асосланади ва ушбу тенглама билан ифодаланади:

$$p = \rho R T \qquad (4.126)$$

Компрессордан чиқишдаги 10 МПа ва ундан юкори бўлган газ учун реал газнинг ҳолат тенгламасидан фойдаланса бўлади:

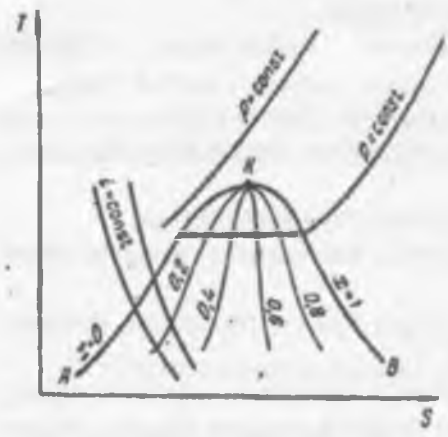
$$p = z\rho RT \qquad (4.127)$$

бу ерда, z – сикилиш коэффициенти. унинг сон кийматлари махсус адабиетларда келтирилган.

Лекин амалий ҳисоблашлар учун температура-энтропия ёки ***T-S*** термодинамик диаграммадан фойдаланиш қулай ва ишончли. Одатда, ***T-S*** диаграмма тажриба маълумотлари асосида қурилади.

4.72-расмда ***AKB*** чегаравий эгри чизиқ тасвирланган бўлиб, унинг максимуми критик нукта ***K*** га тўғри келади. Ушбу эгри чизиқ ва абсцисса ўқи оралиғидаги соҳада, бир вақтнинг ўзида ҳам суюқ, ҳам буғ фазалар мавжуддир. ***KA*** кесманинг чап қисмидаги соҳа буғнинг тўлиқ конденсацияланишига тўғри келади. Графикнинг бу қисмида қуруқлик даражаси $x=1$. КА кесмаии ўнг қисми эса, суюқликнинг тўлиқ буғланишини ифодалайди ва унда қуруқлик даражаси $x=0$. Чегаравий эгри чизиқнинг чап томонида суюқ, ўнг томонида эса фақат буғ (газсимон) фазалар бўлади. Критик нукта ***K*** нинг координаталари газнинг критик параметрларини характерлайди.

Нам буғ соҳасида ўзгармас намлик чизиқлари (x=const) ўтказилади. Ўзгармас температура чизиқлари (изотермалар) абсцисса, энтропия чизиқлари (***T***=const ва ***S***=const) эса ордината ўқларига параллелдир. Ўта қизиган буғ соҳасидаги изобара чизиқлари (p=const) тепага йўналган бўлса, нам буғ соҳасида эса, изотерма чизиқлари билан устма-уст тушади, чунки бу ерда температура иссиқлик ўзгармаган ҳолда суюқликни буғланишига сарфланади. Суюқ фаза соҳасидаги изобара чизиқлари чегаравий эгри чизиқ билан бирлашиб кетади. Бунга сабаб суюқликнинг сикилмаслиги ва босимнинг физик хоссаларга суст таъсиридир.



4.72-расм. T-S диаграмма.

Ундан ташқари, ***T-S*** диаграммада ўзгармас энтальпия чизиқлари (i=const) ҳам ўтказилган. ***T-S*** диаграммадаги газнинг ҳамма параметрлари 1 кг газга нисбатан олинган.

Термодинамиканинг қонунига биноан, қайтар жараёнлар учун энтропиянинг ортиши қуйидагига тенг

$$dS = \frac{dQ}{T} \qquad (4.128)$$

Ушбу тенглама ёрдамида газ ҳолатининг ўзгариш иссиқлигини ҳисоблаб топиш мумкин:

$$Q = \int T\,dS \qquad (4.129)$$

Газларни сикиш жараёни. Газни сиқиш жараёнидаги охирги босими атроф-муҳит билан иссиклик алмашинишга боғлик. Назарий жиҳатдан фақат иккита ҳолат бўлиши мумкин:

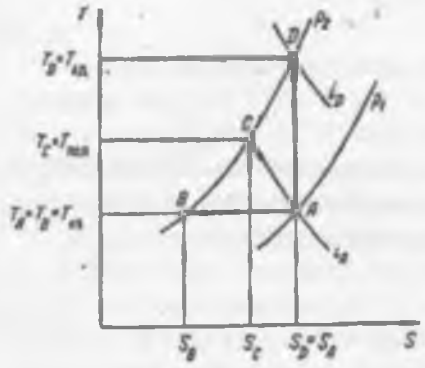
1) Изотермик жараён – газни сиқиш жараёнида ҳосил бўлаётган иссикликнинг ҳаммаси атроф-муҳитга ажратиб олинади ва газнинг температураси ўзгармас бўлиб туради;

2) Адиабатик жараён – бунда атроф-муҳит билан иссиклик алмашиниш умуман йўк ва сикиш жараёнида иссиклик газнинг ички энергиясини оширишга сарфланади ва натижада унинг температураси кўтарилади.

Одатда, газни сиқиш жараёнида ҳажм ва босим ўзгариши билан унинг температурасининг ўзгаришига олиб келади ва ҳосил бўлаётган иссикликнинг бир қисми атроф-муҳитга ўтади.

Сиқиш жараёнидаги иш ва истеъмол қилинаётган қувват. Газни p_1 босимдан p_2 гача изотермик сиқиш жараёни ***T-S*** диаграммада T_A=const чизиғи бўйлаб ўтказилган ***AB***

тўғри кесма билан ифодаланади (4.73-расм).



4.73-расм. T-S диаграммада газни сиқиш жараёнини тасвирлаш.

Адиабатик сиқиш жараёни газ ва атроф-муҳит ўртасида умуман иссиқлик алмашмаслиги билан характерланади. Газни адиабатик сиқишда $dQ=0$ ва $dS=0$. Шундай қилиб, адиабатик жараёнда энтропия ўзгармас ва у T-S диаграммада S_A =const чизиғи бўйлаб ўтказилган $АД$ тўғри чизиқ билан тасвирланади.

Газни p_1 босимдан p_2 гача сиқиш даврида политропик жараён юз беради ва у AC кия чизиғи билан характерланади.

Агар бошланғич босим p_1 ва охиргиси p_2 маълум бўлса, газни сиқиш учун сарфланган солиштирма иш l аналитик усулда ҳам аниқланиши мумкин:

изотермик жараён учун

$$l_{из} = p_1 v_1 \ln \frac{p_2}{p_1} \tag{4.130}$$

адиабатик жараён учун

$$l_{ад} = \frac{k}{k-1} p_1 v_1 \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] \tag{4.131}$$

политропик жараён учун

$$l_{пол} = \frac{m}{m-1} p_1 v_1 \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{m-1}{m}} - 1 \right] \tag{4.132}$$

бу ерда, v_1 – сўриш давридаги газнинг солиштирма ҳажми, м³/кг; $k=c_p/c_v$ – адиабата кўрсаткичи (газнинг ўзгармас ҳажмдаги иссиқлик сиғимига нисбати); m – политропа кўрсаткичи.

Политропа кўрсаткичи m нинг киймати газнинг табиати, хоссалари ва атроф-муҳит билан иссиқлик алмашиниш шароитларига боғлиқ. Масалан, газни сув ёрдамида совутиладиган компрессорда ҳаво сиқилганда m =1,35 деб тахмин қилса бўлади.

Изотермик сиқишда энг кам иш сарфланади. Шунинг учун ҳам газларни сиқиш изотермик жараёнга яқин шароитда ташкил этишга ҳаракат қилинади. Демак, сиқиш жараёнида ҳосил бўлаётган иссикликни газни совитиш йўли билан ажратиб олинади.

Сиқиш жараёнидан сўнг газнинг температураси T_2 қуйидагича аниқланади:

изотермик жараён учун

$$T_2 = T_1 \tag{4.133}$$

адиабатик жараён учун

$$T_2 = T_1 \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \tag{4.134}$$

политропик жараён учун

$$T_2 = T_1 \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{m-1}{m}} \tag{4.135}$$

Газни сиқиш учун компрессор сарфлаётган назарий қувват $N_н$ (Вт) ушбу формула

ёрдамида топилади:

$$N_a = V\rho l \tag{4.136}$$

бу ерда, V – компрессорнинг ҳажмий сарфи,м^3/с; ρ – газ зичлиги, кг/м^3

Агар компрессорнинг ҳажмий иш унумдорлиги ва газнинг зичлиги сўриш шароити, (яъни $V=V_1$ ва $\rho=\rho_1=1/v_1$) ҳамда (2.104)...(2.108) тенгламаларни ҳисобга олсак, газни компрессорда сикиш жараёнида сарфланаётган қувватни аниқлаш мумкин:

изотермик жараён учун

$$N_{a.из} = p_1 V_1 \ln\frac{p_2}{p_1} \tag{4.137}$$

адиабатик жараён учун

$$N_{a.ад} = \frac{k}{k-1} p_1 V_1 \left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} - 1\right] \tag{4.138}$$

политропик жараён учун

$$N_{a.пол} = \frac{m}{m-1} p_1 V_1 \left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{m-1}{m}} - 1\right] \tag{4.139}$$

Компрессор ўқидаги қувват N_e ни қуйидаги тенглама оркали ҳисоблаб топилади:

$$N_e = \frac{\rho V L}{\eta_v \eta_{мех}} \tag{4.140}$$

бу ерда, η_v – ҳажмий коэффициент, суюқликни клапан, турли тиркишлардан окиб чикиб кетишини ҳисобга олади, $\eta_{мех}$ – компрессорнинг механик фойдали иш коэффициенти, механик ишкаланишни енгиш учун сарфланадиган энергияни ҳисобга олади.

Электр юриткич қуввати $N_{эл}$ компрессор ўқидаги қувват N_e дан катта, чунки юриткичнинг ўзида ва узатмада маълум миқдорда қувват йўқотилади:

$$N_{эл} = \frac{N_e}{\eta_{эл}\eta_{уз}} \tag{4.141}$$

бу ерда, $\eta_{эл}$ ва $\eta_{уз}$ – электр юриткич ва узатманинг фойдали иш коэффициентлари

Юриткич керакли қуввати $N_{эл}$ одатда 10…15% захира билан қабул килинади, яъни

$$N_{эл} = (1{,}1...1{,}15)\cdot N_{эл} \tag{4.142}$$

Адиабатик фойдали иш коэффициентнинг $\eta_{ад}$ киймати бирга якин бўлиб, 0,93…0,97 га тенгдир. Изотермик фойдали иш коэффициенти $\eta_{из}$ сикилиш даражасига караб, 0,64…0,78 киймат оралиғида бўлади. Механик фойдали иш коэффициенти $\eta_{мех}$ кўпинча 0,85…0,95 ораликдаги кийматга тенг.

Вентилятор ўқидаги N_e қувватни:

$$N_e = \rho Q H g/\eta_e \tag{4.143}$$

тенгламадан аникланади.

бу ерда, η_e – вентилятор фойдали иш коэффициенти бўлиб, узатиш коэффициенти η_v ва механик фойдали иш коэффициенти $\eta_{мех}$ ларнинг кўпайтмаси оркали аникланади.

4.24. Поршенли компрессорлар

Поршенли компрессорлар сикиш боскичи сонига караб бир, икки ва кўп боскичли, ишлаш принципи бўйича эса, оддий (бир томонлама) ва икки томонлама ҳаракатли компрессорларга бўлинади. Компрессор машинасининг тузилиши худди поршенли насоснинг тузилишига ўхшаш. Компрессор машинасининг газни бирор оралик ёки охирги босимгача кўтарувчи кисмига ***сикиш боскичи*** дейилади.

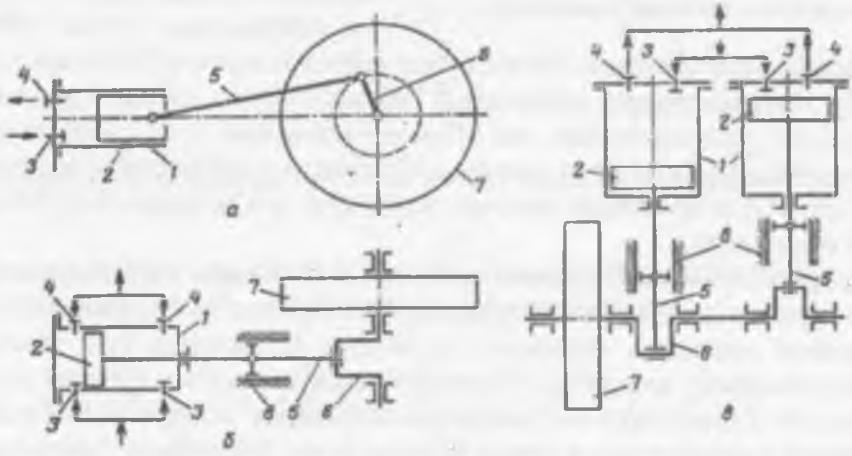
Поршень цилиндрда ўнгга ва чапга кривошип-шатун механизми ёрдамида илгарилама - кайтма ҳаракат килади. Компрессорларда поршень цилиндр деворига зич килиб ўрнатилади ва уни икки кисмга бўлиб туради. Поршень чапдан ўнгга илгарилама ҳаракат килганда, сўриш клапани очилади ва цилиндр газга тўлади. Поршень оркага кайтганда эса, цилиндрдаги газнинг сикилиши натижасида босим ортади ва ҳайдаш қувурига узатилади. Маълумки, газ сикилганда унинг температураси ортади.

Оддий поршенли компрессорларда поршеннинг бир маротба тўлик, бориб-келишида бир маротаба сўриш ва узатиш бўлади. Икки томонлама поршенли компрессорларда иккита сўриш ва иккита узатиш бўлади (4.74-расм).

Бир боскичли компрессорлар горизонтал ва вертикал ҳолда тайёрланади. Горизонтал компрессорлар икки томонлама, вертикаллари эса бир томонлама бўлади.

Бир боскичли, бир томонлама горизонтал компрессорда (4.74а-расм) поршень 2 цилиндр 1 да ҳаракатланади. Цилиндр бир томонидан сўриш 3 ва узатиш 4 клапанлари ўрнатилган копкок билан ёпилган. Поршень шатун 5 ва кривошип 6 билан бевосита уланган.

Ўкда эса, кривошипдан ташкари маховик 8 ўрнатилган. Поршень чапдан ўнгга ҳаракатланганда, цилиндр ичида, яъни копкок билан поршень орасида, сийракланиш ҳосил бўлади. Сўриш қувурида босимлар фарки ҳосил бўлгандан сўнг, цилиндрда клапан 3 очилади ва цилиндрга газ киради. Поршень ўнгга караб ҳаракат килганда эса, сўриш



4.74-расм. Оддий поршенли компрессор:
а-бир цилиндрли, бир томонлама харакатланувчи; б-бир цилиндрли, икки томонлама харакатланувчи; в-икки цилиндрли, бир томонлама харакатланувчи. 1-цилиндр, 2-поршень, 3-сўриш клапани, 4-ҳайдаш клапани, 5-шатун; 6-кривошип, 7-маховик; 8-крейцкопф

клапани ёпилади, цилиндр ичидаги газ поршень ёрдамида, маълум босим p_2 гача сикилади ва клапан 4 очилгандан сўнг газ узатиш қувурига берилади. Бундан сўнг цикл яна кайтарилади.

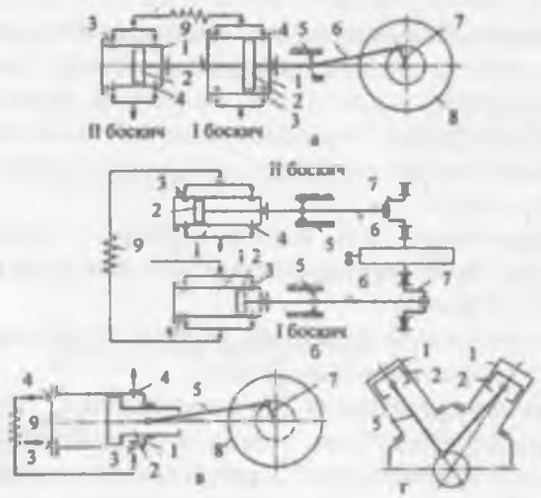
Бир боскичли икки томонламали компрессорда (4.74б-расм) иккита сўриш ва иккита узатиш клапанлари бор. Бу компрессорларнинг тузилиши мураккаб, лекин унумдорлиги оддий компрессорга нисбатан икки марта кўп.

Сикилган газни совитиш учун цилиндр, баъзида эса копкокда ҳам сув учун ғилоф

қилинади.

Юқорида кўриб чиқилган компрессорларнинг унумдорлигини ошириш учун улар кўп цилиндрли қилиб тайёрланади. 4.74в-расмда икки цилиндрли компрессор кўрсатилган. Бир томонлама, икки цилиндрли компрессор бир-бирига нисбатан 90° ёки 180° да жойлашган иккита цилиндр, битта тирсакли ўқ ва кривошип узаткичдан иборат.

Бир босқичли вертикал компрессорлар, горизонтал машиналарга нисбатан тез юрар ва унумдорлиги кўпрок бўлади. Ундан ташқари, улар кам жой эгаллайди, поршень ва цилиндрлари эса кам едирилади (горизонтал компрессорларда оғирлик кучи таъсирида поршень ва цилиндрнинг бир томони кўпрок едирилади).



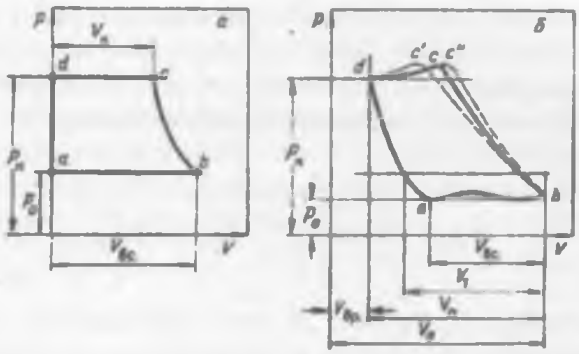
4.75-расм. Икки босқичли поршенли компрессор:
а-«тандем», б-«компаунд», в-дифференциал поршенли, г-V-симон цилиндрли
1-цилиндр, 2-поршень, 3-сўриш клапани, 4-ҳайдаш клапани, 5-крейцкопф, 6-шатун, 7-кривошип, 8-маховик, 9-совутқич

Икки босқичли горизонтал компрессорлар одатда бир цилиндрли дифференциал поршенли қилиб тайёрланади (4.74в-расм). Аввал газ поршень 2 нинг чап томонида цилиндр 1 да сиқилади, сўнг совуткич 9 оркали цилиндрнинг бошқа томонидан киради ва керакли p_2 босимгача сиқилади.

Кўп босқичли компрессорлар «тандем» системаси (цилиндрлар кетма-кет жойлашган, 4.75а-расм) ёки «компаунд» системаси (цилиндрлар параллел жойлашган 4.75б-расм) бўйича тайёрланади. Сўнгги пайтда «оппозит» компрессорлар кенг тарқалган бўлиб, бунда поршень ҳаракат йўналиши ўзаро кесишган бўлади. Бу компрессорларда цилиндрлар тирсакли ўқнинг иккала томонида жойлашган бўлиб, оппозит компрессорларда вал айланиш тезлигини 2...2,5 мартагача орттириш мумкин. Бу машина унумдорлигини оширади. Поршенли компрессорларда газни узлуксиз узатиш учун, уни мой ва намликдан тозалаш зарур, сўнг эса истеъмолчига узатиш ресивер оркали амалга оширилади.

Индикатор диаграмма. Поршенли насосларни текшириш учун индикатор диаграммаси олинади. Бунда компрессорнинг тирсакли ўки бир марта айланганда, босим ва узатилган газ ҳажми орасидаги боғлиқлик курилади. 4.7б-расмда бир томонлама, бир босқичли компрессорнинг назарий p-V диаграммаси кўрсатилган. Назарий компрессорда диаграммадаги b ва d нукталарга мос келадиган ҳолатларда цилиндр копкоғига якин келади ва газни сўриш жараёни узатиш тамом бўлиши билан бошланади. Диаграммада сўриш жараёни ab, сикиш bc ва узатиш cd чизиклар билан тасвирланади.

Ҳакикий компрессорда сиқиш жараёни (4.7б-расм) назарий сиқишдан анча фарк килади. Цилиндр копкоғи ва поршеннинг орасида доимо бўш ҳажм ҳосил бўлади ва у «зарарли бўшлиқ» деб номланади. Бу бўшликда узатиш ва сикиш жараёнидан сўнг поршень оркага кайтганда, газ кенгаяди ва сўриш клапани очилади, яъни поршень маълум бир ораликда a нуктагача бекор ҳаракатланади. Бунинг окибатида компрессор унумдорлиги пасаяди, «зарарли бўшлиқ» цилиндрнинг иш ҳажмига нисбатан улушларда олинади: $\varepsilon \cdot V$ (бу ерда, ε– зарарли бўшлик ҳажмининг поршень ҳаракати туфайли ҳосил бўлган фойдали ҳажмга нисбати тенг) одатда, «зарарли ёки фойдасиз бўшлиқ» цилиндр ҳажмининг 3...5% ни ташкил этади.



4.76-расм. Индикатор диаграммалари:
а-назарий, б-ишчи

4.76-расмда ac' ва ac'' сикиш чизиклари мос равишда изотермик ва адиабатик жараёнларни характерлайди. Ушбу диаграммадаги юзалар сикиш жараёнида бажарилган ишни англатади, яъни изотермик сикишда бажарилган иш энг кичик бўлса, адиабатикда энг катта кийматга эга бўлади.

Реал шароитда сикиш жараёни (ac чизик) политроп жараёнда амалга ошади. Бунда, ажраб чикаётган иссикликнинг бир кисмигина атроф-мухитга таркалади.

Компрессор унумдорлиги. Поршечнинг бир маротаба босиб ўтган йўлида сўрилган газ ҳажми $V_{сўр}$ «зарарли бўшлик» таъсири туфайли V_ϕ ҳажмга нисбатан кичик бўлади ва компрессорнинг унумдорлигини пасайтиради. Бу унумдорликнинг пасайиши компрессорнинг ҳажмий фойдали иш коэффициенти λ_0 билан ҳисобга олинади ва қуйидагича аникланади:

$$\lambda_0 = \frac{V_{сўр}}{V_п} = \frac{V_{сўр}}{Q_н} \tag{4.144}$$

бу ерда, $Q_н$ – компрессорнинг назарий унумдорлиги, вакт бирлиги ичидаги поршень харакати туфайли ҳосил бўлган V_ϕ ҳажмга тенг.

Цилиндрнинг тўлик ҳажми $V_0 = V_\phi + \varepsilon V_\phi$ дан, сўриб олинган газ ҳажми $V_{сўр} = \lambda V_\phi$ айирмасини фойдали ҳажмга нисбатини x билан белгиласак:

$$x = \frac{(V_0 - V_{сўр})}{V_{ф}} = \frac{(V_\phi + \varepsilon V_\phi - \lambda V_\phi)}{V_\phi} = 1 - \varepsilon - \lambda \tag{4.145}$$

унда:

$$\lambda_0 = 1 + \varepsilon - x \tag{4.146}$$

«Зарарли бўшлик»да газнинг кенгайиши политропик деб ҳисобласак, тенгламани қуйидагича ёзиш мумкин:

$$p_2(\varepsilon \cdot V_\phi)^n = p_1(V_0 - V_{сўр})^n = p_1(x \cdot V_\phi)^n \tag{4.147}$$

бу ерда $x \cdot V_\phi = V_0 - V_{сўр}$ - p_2 дан ва p_1 га ўзгарганда газнинг зарарли ёки фойдасиз бўшликда эгаллаган ҳажми.

Бундан

$$x = \varepsilon \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{1}{n}} \qquad (4.148)$$

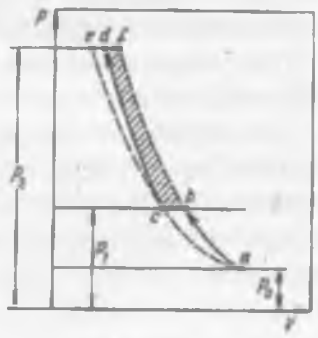
Ушбу ифодани (4.146) га қўйиб, қуйидаги ифодани оламиз:

$$\lambda_0 = 1 - \varepsilon \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right] \qquad (4.149)$$

(4.149) ифодадан кўриниб турибдики, λ_0 нинг киймати ε га, сикиш даражаси p_2/p_1 га ва политропа кўрсаткичи m га, газ хоссаси ва компрессор конструкциясига боғлик экан.

Сикиш кўрсаткичи ортиши билан ҳажмий коэффициент λ_0 нинг киймати камаяди ва нолга тенг бўлиб колиши хам мумкин. Сикиш кўрсаткичи λ_0 =0 бўлганда, сикиш даражаси одатда ***сикиш чегараси*** дейилади. Бу ҳолда газ, зарарли бўшликда кенгаяди ва бутун цилиндрни тўлдириб, сўриш жараёнини тўхтатади ва компрессор унумдорлиги ноль бўлиб колади.

Компрессорнинг унумдорлиги нафакат (4.149) тенгламадан аникланадиган λ_0 га кирадиган параметр кийматларига боғлик, балки клапан яхши жойлашмаса, газнинг чикиб кетиши окибатида унумдорлик пасаяди ҳамда сўрилаётган газ цилиндр деворига урилиб кизиши окибатида ҳажми ортса, сўриладиган газ микдори камаяди. Шунинг учун, компрессор унумдорлигини ҳисоблашда узатиш коэффициенти киритилади. Узатиш коэффициенти λ_v компрессордаги барча йўкотилишларни ҳисобга олади.



4.77-расм. Компрессорда газни кўп боскичли сикиш жараёнининг *p-V* назарий диаграммаси.

Узатиш коэффициенти λ_v ҳажмий коэффициент λ_0 билан, турли тиркишлардан газни чикиб кетиши билан бирга исиб кетишини ҳисобга олувчи коэффициент λ_1 нинг кўпайтмасидан ташкил топган, яъни $\lambda_v = \lambda_0 \cdot \lambda_1$. Узатиш коэффициенти λ_v ни куйидаги формуладан ҳам ҳисоблаб топиш мумкин:

$$\lambda_v = \lambda_0 \left(1{,}01 - 1{,}02 \frac{p_2}{p_1} \right) \qquad (4.150)$$

Бунда ҳакикий унумдорлик Q штокнинг кўндаланг кесим юзасини ҳисобга олмаганда куйидагича аникланади:

$$Q = \lambda_v \cdot zF\, S \cdot n \qquad (4.151)$$

бу ерда, z – поршеннинг бир маротаба ҳаракатидаги сўриб олиш сони (бир томонлама компрессорларда $z = 1$); F – поршень кўндаланг кесим юзаси, S – поршень йўли, n – бир секундда компрессор ўкининг айланишлар сони.

Агар газ босимини 0,5...0,7 МПа дан юкори кийматгача сикиш зарур бўлса, кўп боскичли компрессорлар кўлланилади.

Бундай компрессорлар газ температурасини жуда кўп кўтарилишига йўл кўймайди ва компрессорнинг иш самарадорлигини оширади. Мисол учун, икки боскичли компрессорда бир хил кийматга эришиш учун кам микдорда энергия сарфланади.

Бу ҳолатни (4.77-расмда) курилган *p-V* назарий диаграммада кўриб чикамиз.

Икки боскичли компрессорнинг биринчи боскичида p_0 босимдан p_1 гача AB оралиқда адиабатик сикилади, BC чизик оралиғида эса, газнинг дастлабки температурасигача иссиклик алмашиниш курилмасида совутилади (ACE изотерма чизиғи). Иккинчи боскичда газ $СД$ адиабатик чизиғи бўйича охирги p_2 босимгача сикилади. Шунинг учун

оралик совуткичли, икки боскичли газни сикиш бир боскичли компрессорда сикиш жараёнини ифодаловчи *ABF* адиабатага нисбатан изотермага якин бўлади (*АВСД* силлик чизик бўйлаб боради). Штрихланган *ВСДF* юза икки боскичли сикишни бир боскичлигига нисбатан бажарилган ишдаги ютуғини кўрсатади. Юкорида айтилган маълумотлар тахлили шуни кўрсатадики, боскичлар сони ортиши билан сикиш жараёни изотермик жараёнга якинлашади. Лекин компрессорда боскичлар сони ортса, конструкцияси мураккаблашади. Шунинг учун компрессорда боскичлар сони 6...7 тадан ортмайди.

Компрессорнинг хамма боскичларда сикиш кўрсаткичи бир хил бўлиши, максадга мувофик. Агар машина *m* сикиш боскичли бўлганда

$$c = \left(\frac{p_k}{p_1}\right)^{\frac{1}{m}} . \qquad (4.152)$$

Кўп боскичли компрессорларнинг унумдорлиги биринчи боскичдаги сўрилган газ бўйича (4.151) ифодадан аникланади.

Боскичлар орасида босимларнинг йўкотилиши хар боскич назарий сикиш кўрсаткичидан бир оз каттарок бўлиши керак ва уни куйидагича хисоблаш мумкин:

$$c = \psi\left(\frac{p_k}{p_1}\right)^{\frac{1}{m}} \qquad (4.153)$$

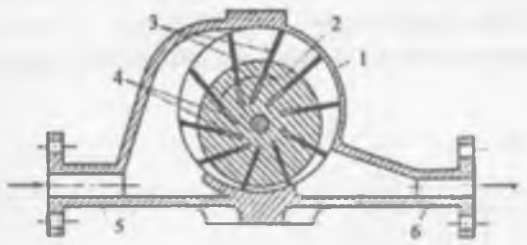
бу ерда, ψ = 1,1 1,5 боскичлар орасида босим йўкотилишини хисобга олувчи коэффициент, p_k – охирги босим

Поршенли компрессорларнинг баъзи камчиликлари: катта жой эгаллайди, секин харакат килади, оғир, кўп металл сарфлайди ва хоказо.

Маълумки кичик унумдорлик ва юкори босимли марказдан кочма компрессорлар тайёрлаш маълум кийинчиликлар билан боғлик. Шунинг учун 0,5 МПа босимдан юкори ва 3000...6000 м^3/соат унумдорликка эришиш учун вертикал поршенли машиналардан фойдаланилади. Улар ихчам, тез юрар ва фойдали иш коэффициенти юкори бўлади.

4.25. Роторли компрессорлар

4.78-расмда пластина-шибер типидаги роторли компрессорлар кўрсатилган. Оғир ротор 2 нинг айланишида, кўндаланг арикларда жойлашган пластина 3 лар эркин харакат килишади. Ротор 2 нинг арикчаларида радиал йўналишда осон сирпанадиган пластиналар бўлиб, улар ротор билан кобик орасидаги ўроксимон бўшликни бир неча кисмга, яъни ячейкага бўлиб туради. Пластиналар айланиши натижасида улар орасидаги бўшликка газ патрубка 5 дан сўриб олинади. Пластиналар орасидаги хажм камайиши билан газнинг босими ортади ва узатиш трубаси 6 оркали хайдаш кувурига узатилади. Роторли компрессор вали бевосита электр юриткич билан уланиши мумкин. Бундай холларда компрессор ихчам ва енгил бўлади.



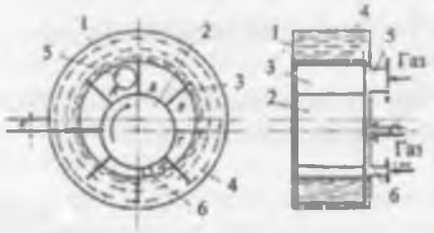
4.78-расм. Пластина типидаги роторли компрессор:
1-кобик (статор), 2-ротор, 3-пластиналар, 4-арикчалар, 5-сўриш патрубкаси, 6-хайдаш патрубкаси

Сув халкали роторли компрессорлар (4.79-расм). Статор 1 га эксцентрик холатда узунлиги бир хил ротор 2 жойлаштирилган. Ишга туширишдан авал компрессорнинг ярми сув билан тўлдирилади.

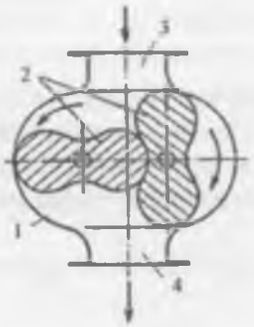
Ротор айланганда сув четга сочилиб, бир хил калинликдаги сувдан иборат бўлган халка 4 хосил бўлади. Ротор парраклари ва сув халкалари орасида ячейкалар хосил бўлади. Ротор айланишининг биринчи ярмида ячейка катталашса, иккинчи ярмида камаяди.

Бунда патрубок 5 оркали газ сўрилса, сикилган газ патрубок 6 оркали узатилади. Шундай килиб, сув халкалари компрессорда поршень вазифасини бажаради, чунки ушбу халка ёрдамида *А,Б,В,Г,Д* ишчи камераларнинг хажми ўзгартирилади. Демак, сув халкали компрессорда хосил килинадиган босим катта бўлмагани учун, ундан газодувка ёки вакуум - насос сифатида фойдаланиш мумкин.

Икки парракли ротор компрессорлар (газодувкалар). Кобик 1 да иккита параллел ўкларда иккита ротор 2 айланади (4.80-расм). Уларнинг бири электр юриткич ёрдамида айлантирилса, иккинчиси тишли узатма ёрдамида айланади. Ротор 2 лар ўзаро хамда кобик девори билан зич жойлашган бўлиб, камерани икки кисмга ажратиб туради. Биринчи камерага патрубок 3 оркали газ сўриб олинса, бошкасида эса патрубка 4 оркали сикилган газ хайдаш қувурига узатилади.



4.79-расм. Сув халкали, роторли компрессор:
1-статор, 2-ротор, 3-парраклар, 4-сувли халка, 5,6- сўриш ва хайдаш патрубкалари



4.80-расм. Ротацион компрессор (газодувка):
1-кобик, 2-роторлар, 3,4-сўриш ва хайдаш патрубкалари.

Роторли компрессорлар босими 1,0 МПа ва унумдорлиги 5000...6000 м^3/соатгача бўлганда қўлланади. Роторли компрессор камчиликлари: тайёрлаш мураккаб, тез ишдан чикади, ротор пластиналари жуда тез едирилади, ишлаганда кўп шовкин таркатади ва эксплуатацияси киммат.

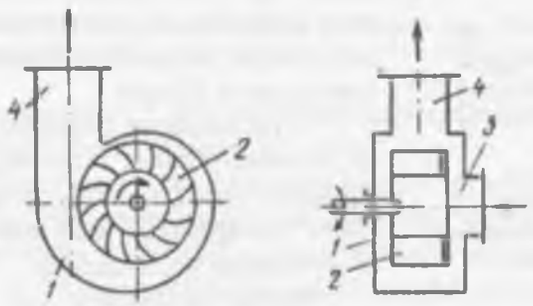
4.26. Марказдан қочма типдаги компрессорлар

Динамик компрессорлар. Бу турдаги машиналарга асосан марказдан кочма, ўкли ва окимчали компрессорлар мисол бўлади.

Марказдан қочма компрессорлар шу турдаги насослар каби ишлаш принципи бир хил. Уларга вентилятор, турбогазодувка ва турбокомпрессорлар киради.

Марказдан қочма вентиляторлар шартли равишда кичик ($p<10^3$ Па), ўрта босимли ($p=10^3...3\cdot10^3$ Па) ва юкори босимли ($p=3\cdot10^3...10^4$ Па) вентиляторга бўлинади.

Кичик босимли вентиляторнинг спирал кўринишидаги кобиғи 1 да бир нечта курак-



4.81- расм. Марказдан қочма вентилятор:
1-кобик, 2-ишчи гилдирак, 3-сўриш патрубкаси, 4-хайдаш патрубкаси.

чали ишчи ғилдирак 2 айланади (4.81-расм).

Газ ғилдирак ўки оркали патрубка 3 ёрдамида сўриб олинади ва узатиш патрубкаси 4 оркали ҳайдаш қувурига чикариб беради. Ўрта ва юкори босимли вентиляторлар ишчи ғилдиракларининг эни нисбатан кенг бўлиб, куракчалари олдинга эгилган бўлади.

Марказдан кочма вентиляторлар характеристикаси насосларники билан бир хил бўлиб, Q, H, ва N каби параметрлар айланишлар сони n га боғлик ва (4.154)...(4.156) тенгламалардан ҳисоблаб аникланади. Вентиляторда ҳосил бўладиган босим H (4.157) ёки (4.98) тенгламалар ёрдамида аникланади:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{c_2'}{c_2''} = \frac{n_1}{n_2} \tag{4.154}$$

$$\frac{H_1}{H_2} \approx \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \tag{4.155}$$

$$\frac{N_1}{N_2} \approx \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3 \tag{4.156}$$

$$H = H + \frac{(p_2 - p_1)}{\rho \cdot g} + \frac{\left(w^2_{ox} - w^2_{yx}\right)}{2 \cdot g} + h_{ayx} \tag{4.157}$$

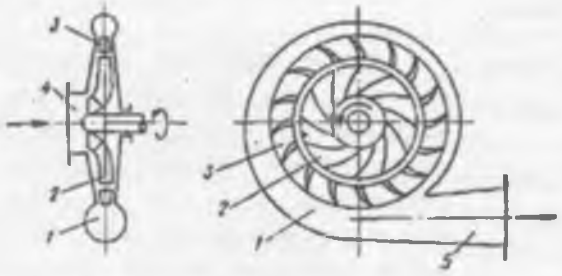
$$H = H_z + \frac{(p_2 - p_1)}{(\rho \cdot g)} + h_{ayx}$$

Вентилятор ўкидаги N_e кувватни ушбу тенгламадан аникланади.

$$N_e = \frac{\rho Q H g}{\eta_u} \tag{4.158}$$

бу ерда, η_u – вентилятор ф и к бўлиб, у узатиш ф и к η_y, гидравлик ф и к η_z ва механик ф и к $\eta_{мех}$ ларнинг кўпайтмаси оркали топилади.

Турбогазодувкалар. Бир боскичли турбогазодувкалар юкори босимли вентиляторга ўхшаш бўлиб, газларни $3 \cdot 10^4$ Па босимгача сикади (4.82-расм). Спирал кўринишидаги кобик 1 да ғилдирак 2 айланади, ғилдиракнинг куракчаларида ичкарига йўналтирувчи мосламаси 3 жойлашган ва унда газнинг кинетик энергияси босимнинг потенциал энергияга айлантирилади. Сикилган газ турбогазодувкалар патрубкаси 5 оркали чикади.



4.82-расм. Турбогазодувка схемаси:
1 - кобик; 2 - ишчи ғилдирак; 3 - йўналтирувчи
мослама; 4 - сўриш патрубкаси; 5 - хайдаш патрубкаси.

Кўп боскичли турбогазодувкаларда битта ўкка бир нечта куракчали ғилдираклар

(3…4 та) ўрнатилади. Бунда газ боскичлар орасида совутилмайди. Кўп боскичли турбогазодувкаларда ғилдираклар диаметри ўзгармайди энига эса, биринчисидан охирига караб. камайиб боради. Бу билан ҳар бир боскичда сикиш даражаси ортиб боради. Ўкнинг айланишлар сони ва куракчалар тузилиши ўзгартирилмайди. Турбогазодувкаларда сикиш даражаси 3…3,5 дан ортмайди.

Турбокомпрессорлар тузилиши бўйича худди турбогазодувка конструкцияси каби. факат улар юкори сикиш даражасини таъминлайди. Ундан ташкари, уларда ғилдираклар сони анча кўп бўлади. Ғилдираклар диаметри ва эни биринчи ғилдиракка нисбатан астасекин камайиб боради. Кўп ҳолларда турбокомпрессор ғилдираклари секцияланиб, 2 ёки 3 кобикка жойлаштирилади. Ҳар бир кобикда ғилдираклар диаметри турлича бўлса, лекин кобик ичидаги ғилдираклар диаметри бир хил, эни эса ҳар хилдир. Одатда, бир кобикдан иккинчисига ўтаётган сикилган газ махсус совуткичларда температураси пасайтирилади. Турбокомпрессорларда максимал эришиш мумкин бўлган босим 2,5…3,0 МПа.

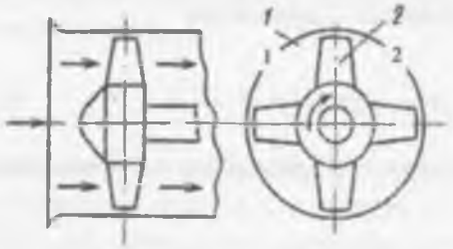
4.27. Ўкли ва винтли компрессорлар

Ўкли компрессорларнинг кобиғи киска цилиндрик патрубка 1 кўринишида тайёрланади (4.83-расм) ва унинг ичида ишчи ғилдирак (куракчали пропеллер кўринишида) 2 айланади.

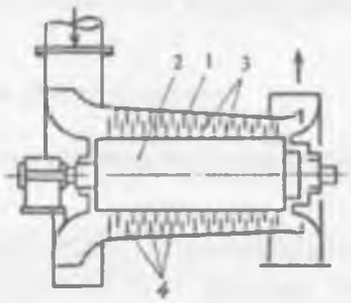
Вентилятор ўки бўйлаб тўғридан-тўғри ҳаво ҳаракат килади.

Шу сабабли ўкли вентиляторлар фойдали иш коэффициенти марказдан кочма вентиляторникидан анча юкори бўлади. Лекин ўкли вентилятор ҳосил килаётган напор марказдан кочма вентилятор напоридан 3…4 марта паст.

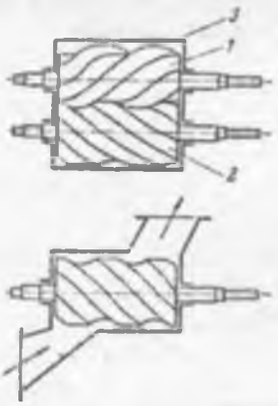
Ўкли компрессор тузилиши бўйича кўп поғонали ўкли вентиляторларга ўхшайди (4.84-расм). Одатда поғоналар сони 10…20 та бўлиши мумкин, лекин сиқилаётган газнинг температураси пасайтирилмайди.



4.83-расм. Ўкли вентилятор:
1-кобик, 2-ишчи ғилдирак.



4.84-расм. Ўкли компрессор:
1-кобик, 2-ротор, 3-ишчи куракча, 4-кўзгалмас куракчалар.



4.85-расм. Винтли компрессор.
1,2-роторлар; 3-кобик.

Ишчи куракчали 3 цилиндрик ротор 2 курилма кобиғи 1 да айланади. Ишчи куракчалар кобиғида маҳкамланган кўзғалмас куракчалар 4 орасида айланиб ҳаракатланади. Ундан ташкари, кўзғалмас куракчалар сикилаётган газни бир поғонадан иккинчисига йўналтирувчи мослама вазифасини ҳам бажаради. Куракчалар ва кобик орасидаги тирқиш жуда кичик (0,5 мм гача) бўлади.

Ўкли компрессорлар ихчам, юкори фойдали иш коэффициентига эга ва катта иш унумдорликни

(50000…80000 м^3/соат) таъминлаб бера олади. Лекин ҳосил киладиган босими 0,5...0,6 МПа дан ошмайди. Тур-

богазодувка ва турбокомпрессорлар жуда катта ҳажмда газлар узатилиши талаб этилганда қўллаш максадга мувофик. Иш унумдорлиги 3000...6000 м^3/соат, босими 1...1,2 МПа (лекин 3,0 МПа дан ортмайди).

Винтли компрессорлар параллел ўкли иккита 1 ва 2 роторлардан таркиб топган бўлиб, кобик 3 ичида айланади (4.85-расм).

Ротор 1 бир нечта тишли (одатда 3...4 та) цилиндр кўринишида бўлиб, улар винтсимон чизик бўйлаб жойлашган. Ротор 2 да эса, винтсимон чизик бўйлаб ботиклик (чукурлик) ясалган ва шакли ротор 1 нинг тишларига мос келади. Ротор 1 айланганда, винтсимон тишлар ротор 2 ботиклигига илинганда икки ротор бўшлиғидаги газ сикиб чикарилади.

Икки поғонали компрессорлар 0,8 МПа гача босим ҳосил килади; роторнинг айланиш тезлиги 10000 айл/мин. 0,2 МПа босим берувчи винтли компрессорлар фойдали иш коэффициенти бошка турдаги машиналарникидан катта бўлади.

Винтли компрессорлар ихчамлиги, тез юрарлиги ва узатилаётган газлар тозалиги билан ажралиб туради.

Камчиликлари: винтли роторларни тайёрлаш мураккаб ва компрессор ишлаш пайтида ортикча шовкин чикаради.

4.28. Вакуум-насослар

Вакуум-насосларни компрессорлардан конструктив фаркини белгиловчи кўрсаткич, бу улардаги сикиш даражасининг юкорилигидир.

Масалан, вакуум-насос газ (ҳаво)ни 0.05 атмосфера босимида сўриб олса (сийракланиш 95%) ва уни насосдан чикишида 1,1 атм гача сикади (ортикча босим 0,1 атм га тенг бўлиб, турли каршиликларни енгиш учун сарфланади). Бу ҳолда насоснинг сикиш даражаси:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{1,1}{0,05} = 22$$

га тенг бўлади. Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, бир боскичли поршенли компрессорларда сикиш даражаси 8 дан ошмайди.

Бундай юкори сикиш даражасида вакуум-насоснинг ҳажмий коэффициенти ва унумдорлиги кескин пасайиб кетади. Шунинг учун насоснинг ишчи ҳажмидан тўлик фойдаланиш учун «зарарли бўшлик» улушини минимумга туширишга ҳаракат килинади. Шу максадда вакуум-насоснинг кўп турларида, мисол учун, поршенли ва ротор- пластинали насосларда, босимни текислаш усули кўлланади ва бунда вакуум-насосларнинг узатиш коэффициентини λ_v =0.8...0,9 гача оширса бўлади.

Поршенли вакуум-насослар. Ушбу курилма ҳўл ва қурук машиналарга бўлинади. Қурук вакуум-насос газни узатиш учун, ҳўл вакуум насослар эса, газ ва суюкликларни бир вактнинг ўзида узатиш учун ишлатилади.

Қурук вакуум-насослар поршенли компрессорлардан конструктив тузилиш бўйича фарк килмайди. Ушбу машиналарни ҳажмий коэффициентини ошириш учун махсус таксимлаш механизми (золотник) билан таъминланган. Ушбу механизм ёрдамида зарарли бўшлик сикиш жараёни охирида сўриш камераси билан уланади, бу вактда босим сўриш босими p_1 га тенг бўлади. p_2 босимгача сикилган газ «зарарли бўшлик»дан p_1 босимли камерага ўтади. Шунинг учун зарарли бўшликда газ босими пасаяди ва вакуум-насос поршени кўзгалиши олдидан газ сўрилади. Табиийки, бу ҳол унумдорликнинг ошишига олиб келади.

Суюклик вакуум-насосда махсус таксимлаш механизми бўлмайди. Ортикча миқдордаги суюкликни чикариб ташлаш максадида узатиш ва сўриш клапанлари бироз катталаштирилган бўлади (клапандан чикаётган суюклик тезлиги, газнинг ҳаракат тезлигидан кичик бўлиши учун). Шунинг учун суюклик вакуум-насосларда «зарарли бўшлиги»

кўпрок бўлиб, курук вакуум-насосларга нисбатан сийракланиш киймати анча кичик бўлади.

Қурук поршенли вакуум-насослар учун электр юриткичлар сикиш даражасининг максимал кийматига караб танланади, яъни колдик босим киймати p_1=0,33 атм. (узатиш босими p_2=1 атм бўлиш шарти бажарилса).

Суюклик вакуум-насосларда газ ҳолатининг ўзгариш жараёни изотермик бўлади, чунки сўриш суюклиги билан газ орасида интенсив иссиклик алмашинади. Бунга сабаб, суюклик иссиклик сиғими, газникига нисбатан жуда катталигидир.

Роторли пластинали ва сув ҳалқали вакуум-насослар. Бу турдаги насослар мос равишда компрессорларнинг айни ўзи. Роторли ва сув ҳалқали насосларда босимни ростлаш учун «зарарли бўшлик» билан энг кичик босимли камерани боғлаб турувчи махсус канал оркали газ ўтказилади. Шу йўл билан вакуум-насоснинг ҳажмий коэффициентини оширишга эришилади. Ишчи суюклик парциал босими ва температураси канча катта бўлса, сув ҳалқали вакуум-насос ҳосил киладиган сийракланиши шунча кичик кийматга эга бўлади. Шунинг учун, одатда сув ҳалқали вакуум-насосга имкони борича паст температурали суюклик куйиш керак.

Окимчали вакуум-насослар. Бу вакуум-насослар ишлаш принципи бўйича суюклик насосларига ўхшашдир. Одатда, окимчали вакуум-насосларда ишчи элткич сифатида сув буғидан фойдаланилади. Буг окимчали насослар, агрессив муҳитларга бардош, легирланган ва махсус материаллардан тайёрланиб, кислота ва бошка суюкликлар буғларини сўриб олиш учун ишлатилади.

Бир боскичли буғ окимчали насосларда ҳосил килинадиган сийракланиш абсолют босимнинг 90% дан ортмайди. Чукурроқ вакуум ҳосил килиш учун кўп боскичли буг окимчали, кетма-кет уланган вакуум-насослар қўлланилади. Боскичлар орасида ишлатилган буғларни конденсациялаш фойдаланилган буғларни сикиш керакмаслигини таъминлайди ва умумий энергия сарфини камайтиради.

4.28.1. Газ ва буғ турбиналари

Соплолн курилма ва роторнинг ишчи ғилдираклари оркали буғ, газ ёки сув окимларининг энергиясини механик энергияга айлантирувчи куракчали двигател ***турбина*** деб номланади.

Ишчи жисм характерига караб ***бугли, газли*** ва ***гидравлик турбина***лар бўлади. Ҳозирги кунда бугли ва газли турбиналар кимё ва нефть-газни кайта ишлаш саноатларида кенг кўламда ишлатилади.

Одатда, ТЭЦ лардан ёки козон-утилизаторларда олинадиган энергетик буғда ишлайдиган буг турбиналари турбокомпрессор ва турбонасосларнинг юриткичи сифатида қўлланилади.

Кимё саноатининг ортикча босимли технологик ва чикинди газларида ишлайдиган газ турбиналари турбокомпрессор ва турбонасосларнинг юриткичи сифатида қўлланилади.

Турбиналар бир ва кўп поғонали бўлади. Бир поғонали турбина статор (соплоли курилма) ва ротор (ишчи ғилдирак) таркиб топган. Ротор-ишчи ғилдиракнинг четига куракчалар ўрнатилган ва улар ишчи жисм ҳаракати учун каналлар ҳосил килади.

Кўп погонали турбиналар бир нечта кетма-кет бирлаштирилган бир поғонали турбиналардан иборат.

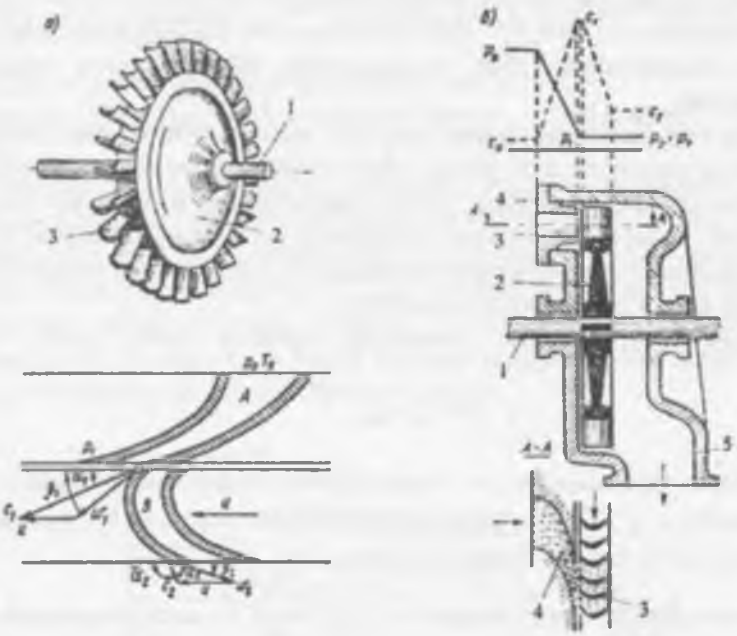
4.86-расмда энг оддий турбина схемаси тасвирланган.

Турбина ўки 1 га ишчи куракча 3 ли диск 2 маҳкамланган. Турбина қобиги 5 да сопло 4 жойлашган. Ишчи жисм соплога киради, у ерда адиабатик кенгаяди ва унинг босими p_0 дан p_1 гача камаяди, тезлиги эса c_0 дан c_1 гача ортади. Катта тезликли ишчи жисм соплодан ишчи куракчалар каналига йўналтирилади ва у ерда кинетик энергиянинг бир қисми куракчалар айланиш энергиясига айланади. Натижада, тезлик c_1 дан c_2 гача

пасаяди. Ишчи куракчалардаги босим ўзгармайди. Тезлиги c_2 гача камайган ишчи жисм турбинадан чикиб кетади ва конденсатор узатилади. Турбиналарда кенгаювчи соплолар ўрнатилган бўлиб, ундан ўта юкори тезликда окиб чикиш пайтида турбина ўкининг айланиш частотаси 30000 айл/мин. ни ташкил этади.

Турбина ўки айланиш частотасини u/c=0,4…0,5 оптимал нисбатни саклаб колган холда пасайтириш учун пропорционал равишда c_1 ни ва p_1 ларни камайтириш лозим.

Тезлик ва босимнинг ўзгариши 4.86б-расмда да келтирилган. Ушбу турбина ф.и.к. ва куввати кичик, тузилиши содда, арзон ва эксплуатацияда кулай.



4.86-расм. Оддий турбина:
а-турбинали диск; б-турбина схемаси.
1-ўк, 2-диск; 3-куракчалар; 4-сопло; 5-кобик.

Ишчи жисм окимининг куракчага киришдаги абсолют тезлиги ушбу формуладан аникланади (4.86б-расм):

$$c_1 = 1{,}41 \cdot \varphi \cdot \sqrt{h_0} \qquad (4.159)$$

бу ерда, φ=0,94…0,98 – тезлик коэффициенти, h_0 – бошлангич параметр p_0 ва T_0 дан p_1 гача изоэнтропиали иссикликлар фарки, Ж/кг.

Ишчи куракчалар айланма тезлиги куйидаги формуладан топилади:

$$u = \frac{2\pi r n}{60} \qquad (4.160)$$

бу ерда, r – турбина ўки бўйлаб куракчаларнинг жойлашиш ўртача радиуси, м; n–турбина ўкининг айланиш частотаси, айл/мин.

Ишчи жисм окимининг куракча четида хосил килаётган куввати ушбу тенгламадан хисобланади:

$$N_u = P_u \cdot u = m_c \cdot u\left(c_1 \cos\alpha_1 + c_2 \cos\alpha_2\right) \qquad (4.161)$$

Агар ишчи жисм статор соплоларида кенгайса, роторнинг ишчи куракчалари каналларида ўзгармас босимда факат окимнинг йўналиши ўзгарадиган турбиналар ***актив турбина*** деб номланади.

Агар ишчи жисм ротор соплосида ҳамда ротор куракчаларининг каналларида ҳам кенгайса, бундай турбиналар ***реактив турбина*** деб номланади.

Буғ турбиналари. Турли саноатларда жуда кўп актив турбиналар ишлатилади. Актив турбиналар босимига қараб учга бўлинади:

– паст босимли P=0,12…0,25 МПа;

– ўртача босимли P=4 МПа;

– юкори босимли P=6…13 МПа.

Янги буғнинг температураси 530°С гача бўлади.

Бир поғонали актив турбиналарнинг нисбий ф.и.к. η=0,70…0,78, икки поғонали учун η=0,50…0,56, уч поғоналида эса η=0,40…0,50. Фойдали иш коэффициентининг поғоналар сони ортиши билан камайишига сабаб, турбинанинг йўналтирувчи куракчаларидаги йўқотишлар билан боғлик.

Турбинадаги умумий босимлар фарки ҳар бир поғона бўйича бир текисда таксимланган. Поғоналар сони канчалик кўп бўлса, битта поғонада иссиклик ажралиб чикиши шунчалик кам бўлади. Демак, роторнинг кичик айланишлар сонида энг юкори нисбий ф.и.к. эришиш мумкин. Иккинчи томондан поғоналар сонини кўпайтириш турбина конструкциясини мураккаблаштиради ва кимматлаштиради, лекин ф.и.к. юкори бўлгани учун бу турдаги турбиналар кенг кўламда кўлланилмокда.

Буғ конденсацион турбинанинг самарали куввати (кВт) ушбу тенгламадан ҳисобланади:

$$N_c = m \cdot h_o \cdot \eta_{oi} \tag{4.162}$$

бу ерда, h_o – турбинада иссиклик пасайиши, кЖ/кг; m – нормал кувватда буғнинг массавий сарфи, кг/с; $\eta_{oi}=\eta_m \cdot \eta_e$ – турбинанинг самарали нисбий ф.и.к.; $\eta_{oi}=h_o^i/h_o$ – турбинанинг ички нисбий ф.и.к.; h_o ва h_0^z – турбинадаги назарий ва хакикий иссиклик пасайишлари; η_m=0,99…0,995 – турбина механик ф.и.к.

Турбинанинг ички нисбий ф.и.к. унинг 1 кг буғ учун тузилган иссиклик балансидан топилади:

$$h_o = h_o \cdot \eta_{oi} + \sum_{i=1}^{i=n} h_i \tag{4.163}$$

Бундан

$$\eta_{oi} = \frac{h_o - \sum_{i=1}^{i=n} h_i}{h_o} \tag{4.164}$$

Кўпчилик замонавий турбиналар ф.и.к. η_{oi}=0,7…0,88.

Нисбий фойдали иш коэффициенти турбина мукаммаллигини, абсолют эса – самарадорлигини билдиради.

Конденсацион кўп поғонали буғ турбиналар самарадорлигини баҳолаш учун ф.и.к дан ташкари яна иккита кўрсаткичдан фойдаланилади:

– 1 кВт электр энергия ишлаб чикариш учун буғнинг солиштирма сарфи (кг/кВт);

$$d_e = \frac{m}{N_e} \tag{4.165}$$

– иссикликнинг солиштирма сарфи (кЖ/кВт);

$$q_e = \frac{Q}{N_e} \tag{4.166}$$

бу ерда, $N_e = N_e/\eta$ – электр генератор ф.и.к.

Газли турбиналар. Ишлаш принципига қараб газли турбиналар буғли турбиналардан сезиларли даражада фаркланмайди. Иккала турбинада кечадиган жараёнлар ўхшаш ва бир хилдир.

Газ турбиналарининг ўзига хос белгилари куйидагилардан иборат:

– газ турбиналари юқори температура ва паст босимларда ишлагани учун иссикликка бардош пўлатдан ясалган поғоналар сони кам бўлади; турбина материаллари коррозияга чидамли ҳам бўлиши керак;

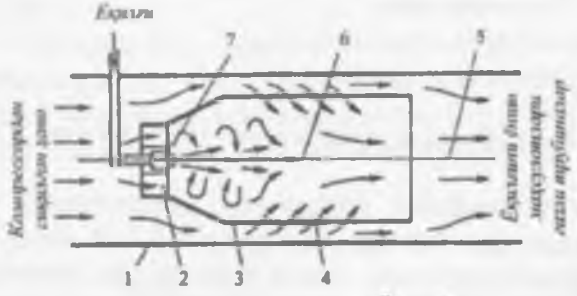
– газ окимларининг температураси юкори бўлгани учун турбина деталларини ҳаво ёки сув ёрдамида совитиш талаб этилади; турбина конструкцияси мураккаблашади ва совутувчи элткич билан маълум миқдорда иссиклик йўкотилади;

– ҳамма турбиналарда ишчи жисм таркибида заҳарли моддалар бўлгани учун ушбу газларнинг машина залига кирмаслиги учун турбинанинг лабиринт зичланишларига компрессордан ҳаво ҳайдалади; бир вактнинг ўзида турбина ўки ва бошка деталлар ҳам совутилади;

– газ турбиналарида ёниш камерасининг мавжудлиги.

4.87-расмда суюклик ёкилғисининг ёниш камерасининг энг оддий схемаси тасвирланган.

Ушбу камера кам легирланган пўлатдан ясалган цилиндрик кобик 1дан иборат бўлиб, ичига легирланган пўлатдан тайёрланган иссиклик трубаси 3 ўрнатилган. Иссиклик трубаси ичига пуркагич 7 жойлаштирилган. Ортиклилик коэффициенти α=1,5...2,0 бўлган дастлабки ҳаво йўналтирувчи куракча 2 лар оркали иссиклик трубаси 3 га ҳайдалади. Бу ерда пуркагичдан майда дисперс ҳолатда пуркалаётган суюк ёкилғи ва ҳаво жуда интенсив аралашади. Камера 6 да ёниш маҳсулотларининг температурасини пасайтириш максадида у ерга иккиламчи ҳаво окими узатилади.



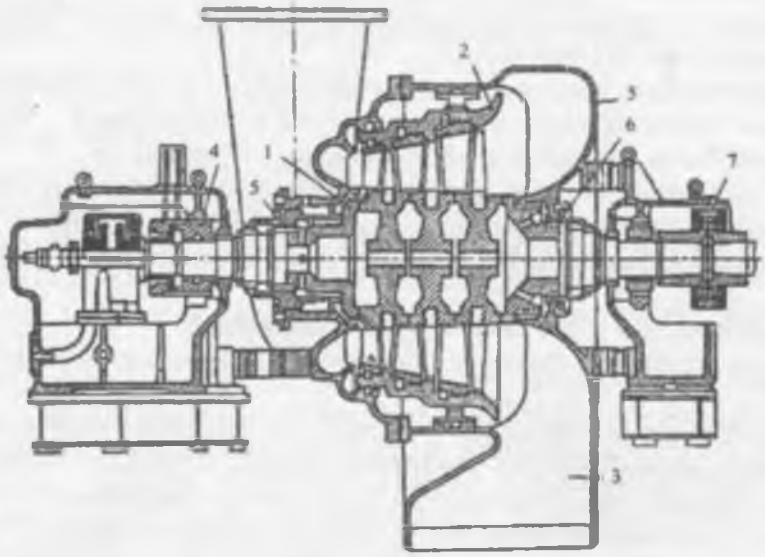
4.87-расм. Газ турбинанинг суюк ёкилғи ёниш камераси:

1-кобик; 2-йўналтирувчи куракча; 3-иссиклик трубаси; 4-тешик; 5-аралашиш зонаси; 6-ёниш зонаси; 7-пуркагич

Иккиламчи ҳаво камера кобиғи ва иссиклик трубаси орасидаги каналлар оркали ўтиб уни совутади. Бир кисм ҳаво тешик 4 лардан ўтиб ёниш маҳсулотлари билан аралашиб унинг температурасини пасайтиради, яна бир қисми эса – ҳалкасимон канал бўйлаб ҳаракатланади, унинг деворларини совутади ва аралашиш зонаси 5 да асосий оким билан қўшилади. Натижада, газ аралашмаси белгиланган 1023 К температурага тенглашади. Ёниш камерасидан чиқаётган газ аралашмасидаги ҳавонинг ортикчалик коэффициенти α нинг киймати 5...6 баробар юкори бўлади. Газ турбинасидан чиқаётган ёниш маҳсулотларининг температураси анча баланд бўлгани учун ҳаволи регенератив иситкичларда иссиклиги утилизация қилинади. Одатда, регенераторлар – бу трубали ёки пластинали иссиклик алмашиниш курилмалари бўлиб, трубалар ичида ҳаво, трубалараро бўшликда ёниш маҳсулотлари ҳаракатланади.

4.88-расмда ЛМЗ русумли газ турбинасининг конструкцияси келтирилган. Утилизация қиладиган газ турбиналари технологик газ ёки саноатларнинг газ чикиндиларида ишлайди.

Биринчи ҳолатда турбиналар экзотермик реактордан кейин, иккинчи ҳолатда – технологик занжирнинг охирида. Асосан, ушбу турбиналар компрессор ва насосларнинг юритқичи сифатида қўлланилади ҳамда технологик жараёнларни сикилган ҳаво билан таъминлайди.



4.88-расм. ЛМЗ русумли газ турбинасининг бўйлама киркими:
1-ротор; 2-обойма; 3-чикариш патрубкаси; 4-таянч подшипник; 5-олдинги лабиринт зичлагич; 6- орка лабиринт зичлагич; 7-эгилувчан муфта

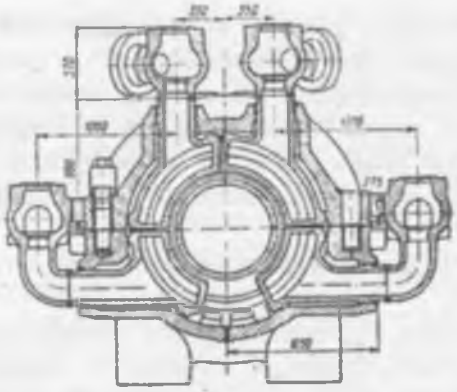
4.28.2. Турбиналарнинг асосий қисм ва деталлари

Одатда, турбиналар темир-бетон пойдеворга маҳкамланган пойдевор рамасига ўрнатилади. Пойдевор рамаси чўян ёки пўлатдан пайвандланиб ясалади. Электр генератор турбина билан умумий рамага ёки алоҳида рамага ўрнатилиши мумкин.

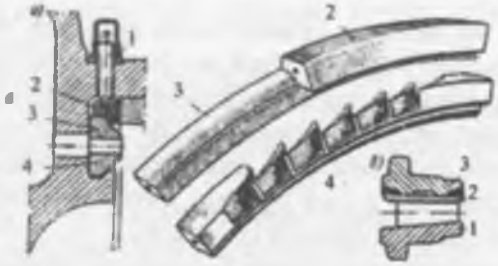
Турбина кобиғи жуда мураккаб шаклли бўлади. Турбинани монтаж қилиш ва таъмирлаш ишларини осонлаштириш учун горизонтал текислик бўйича ажралувчан қилинади. Тепа ва паст қисмларнинг фланецлари болт ёки шпилкалар ёрдамида бирлаштирилади. Қобикни кайта ишлаш осон бўлиши учун уни вертикал текислик бўйича ҳам ажралувчан қилинади. Агар босим жуда юкори бўлса, кобик ажралмас, яхлит қилиб тайёрланади.

Газларнинг турбинадаги босими ўртача бўлса, кобикни углеродли пўлатдан ясаш мумкин; юкори ва ўта юкори босимли турбиналарнинг кобиклари таркибида хром, никель, молибден, вольфрам, ванадий ва бошка камёб элементлар бўлган легирланган пўлатлардан тайёрланади. Бу қурилмаларнинг болт, шпилка ва гайкалари ҳам легирланган пўлатдан ясалади. Бошланғич температуралари юкори бўлганда турбина кобиклари икки катламли, говак қилиб тайёрланади ва бўшлиғига иссикликка чидамли материал қўйилади. Бунда, юкори температура билан таъсирда бўлган кобик иссикликка бардош пўлатдан, ташқи кобик эса паст температуралар таъсирида бўлгани учун перлитли пўлатдан ясалади. Ишчи жисм турбина кобиғига турлича киритилади. 4.89-расмда юкори босимли буғ турбинасига ишчи жисмни киритиш конструкцияси кўрсатилган.

Сопло ва диафрагмалар. Ичида сопло жойлашган сопло қутилари кобикка киритилган ва пайвандланган. Соплоли қутиларга клапанли қутилар маҳкамланган ва пайванд қилиб қўйилган.



4.89-расм. Юкори босимли турбина кобигига бугни узатиш.

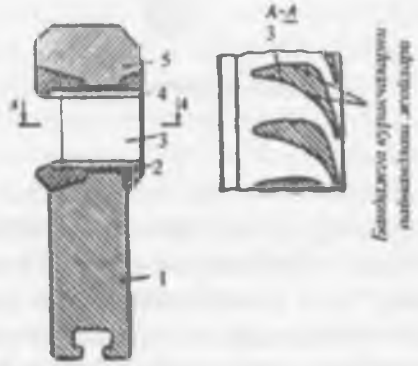


4.90-расм. Турбина биринчи поғонасининг соплоси:
1-болт, 2-конус пона,
3-устки белбоғ, 4-сегмент

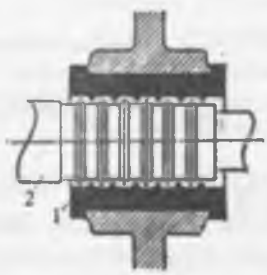
Турбина биринчи поғонасининг соплоси фрезерланган куракли сегмент 4 кўринишида бўлади (4.90а-расм). Сегментлар кобик девори ёки сопло қутиларига конус пона 2 оркали болт 1 ёрдамида маҳкамланади.

Юкори босимли турбиналарда фрезерланган алоҳида куракчалардан йигилган соплоли сегментлар, охирги конструкцияларда – пайвандланган соплоли сегментлар қўлланилади (4.90б-расм).

Турбиналарда пайвандланган пўлатдан ясалган диафрагмалар қўлланилади (4.91-расм). Сопло деворини ташкил этувчи куракча 3 лар шаклли пўлат лентадан тайёрланади ва ташки 4 ҳамда ички 2 бандажларга пайвандланади. Шу усулда ясалган сопло панжараси ҳалка (обод) 5 ва диафрагма жисми 1 га пайвандланади.



4.91-расм. Пайвандланган диафрагма:
1-диафрагма; 2,4-ички ва ташки бандажлар, 3-куракча; 5-халка



4.92-расм. Лабиринтли зичлагич схемаси:
1-обойма; 2-турбина ўки

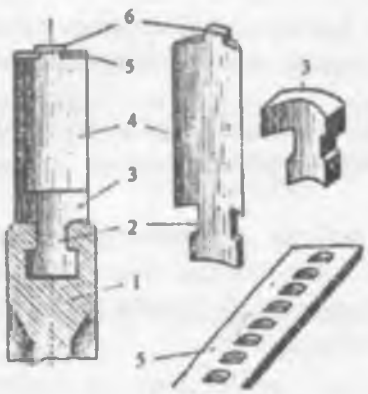
Турбина зичлагичлари. Турбина кобиғига ўкнинг кириш жойида ён томон зичлагичлари ўрнатилади. Газли турбиналарда бу зичлагичларнинг вазифаси газнинг атроф-муҳитга чикиб кетмаслигини таъминлаш. Зичлагичларнинг энг кенг тарқалган конструкцияси – бу лабиринтли зичлагичлар (4.92-расм). Турбина кобиғида обойма 1 ўрнатилган ва унда ҳалқасимон бўртикликлар мавжуд. Турбина ўкида ҳам тегишли бўртикликлар бор. Буғ ёки газ ўқдаги бўртикликлар обойма ёки обойма бўртикликлари ҳамда ўк орасидаги тиркишдан ўтиб кенгаяди, босимни пасайтиради ва тезликни оширади.

Юкори температурада ишлайдиган зичлагичлар никель, никелли пўлат ёки зангламас пўлатлардан тайёрланади. Нисбатан пастрок температураларда латун ёки никелли латун (нейзилбер) ишлатилади.

Ўқ ва дисклар. Ўқлар текис ва бутун узунлиги бўйича бир хил диаметрли ва зинапояли килиб ясалади. Дисклар ўкга ўтказиладиган ёки ўк билан бир бутун, яъни яхлит ротор кўринишида ясалади. Дискни ўқ билан маҳкамлашнинг бир катор усуллари мавжуд. Усуллардан энг кенг таркалгани, бу дискни ўкга иссик ўтказишдир. Бунда, киздирилган диск иссик ҳолатида ўкга кийгизилади. Совиши билан ўкни зич камраб олади ва мустаҳкам бирикма ҳосил бўлади. Катта кучланишлар остида дискнинг ўкда айланиб кетмаслиги учун ўкга шпонка кокилади.

Яхлит роторлар юкори босимли ва тезюрар, лекин қуввати нисбатан кичик турбиналарда қўлланилади.

Ишчи кураклар. Кураклар оғир шароитларда ишлатилгани учун уларни тайёрлаш ва дискларга маҳкамлаш ишларига алоҳида эътибор берилади. Куракча уч кисмга бўлинади (4.93-расм): куракча думи; куракчанинг ишчи кисми; куракча чўккиси.



4.93-расм. Турбананинг штампланган кураги:
1-диск халкаси; 2-куракча думи; 3-оралик жисм;
4-куракчанинг ишчи кисми; 5-лентали бандаж;
6-куракча чўккиси



4.94-расм. Бурама куракча.

Кичик юкламалар остида ишлайдиган куракчалар пўлат лентадан тайёрланади. Куракчалар орасидаги масофалар оралик жисм 3 ларни қўйиб таъминланади. Куракчалар диск 1 нинг ҳалкасида махкамланади. Куракчалар усти лентали бандаж 5 ёрдамида ёпилади. Бунда, бандаж 5 куракчалар чўккиси 6 ўтказилади ва чўккилари пачоклаб қўйилади. Температура таъсирида кенгайишини инобатга олган ҳолда бандаж бир неча кисмдан ясалади ва улар орасида тиркиш колдирилади. Айрим ҳолларда бандаж симдан тайёрланиши мумкин.

Турбина охирги поғоналаридаги узун куракчалар билан ҳосил килинган каналларда окимнинг параметрлари куракча баландлиги бўйлаб ўзгаради. Шунинг учун, юкори ф.и.к. олиш учун куракчанинг баландлиги бўйича унинг кўндаланг кесими, яъни шакли ва ўрнатиш бурчаги β, ўзгариши керак. Бурама куракчалар шакл беришда мустаҳкамлик ва ишончлилик талаблари ҳисобга олиниши зарур (4.94-расм).

Конденсацион турбиналарнинг охирги куракчалари нам буғ соҳасида ишлайди. Буғ таркибида намликнинг мавжудлиги куракчалар юзасининг бузулишига – эрозияга дучор килади. Куракча кириш жойининг тепа кисми энг кўп эрозияга учрайди. Куракчаларни эрозиядан ҳимоялаш учун турли усуллар қўлланилади: куракчалар каттик материаллардан ясалади; куракчалар юзаси емирилишга чидамли материал билан копланади; куракча юзаси тобланади; куракчаларнинг тепа учи махсус каттик қотишмалар билан ҳимояланади.

Бирлаштириш муфталари. Турбина роторлари ва генераторларини бирлаштириш учун муфталар ишлатилади. Бирлаштирувчи муфталар турлари: каттиқ, ярим каттик (кисман эгилувчан), эгилувчан ва ҳаракатчан бўлади.

Қаттиқ муфталар ўкга ўтказилган иккита фланецдан иборат бўлиб, нисбатан юмшоқ кистирма оркали болтлар билан бирлаштириб тортилган. Эгилувчан муфта роторни салмокли равишда ўк бўйлаб силжиш имконини беради ва ўкларнинг бир-бирига оз микдорда тўғри келмаслигини компенсация кила олади.

Ўк буриш мосламалари. Турбина тўхтатилгандан кейин роторнинг совиши бир текисда кечмайди. Роторнинг пастки кисми тез, тепа кисми эса – секин совийди. Натижада, ўк деформацияга учрайди. Катта турбиналарда ўкнинг кийшайиши жуда катта бўлиб, юкори амплитудали тебранишлар турбинани ишга тушириб бўлмаслигига олиб келади. Шунинг учун, роторни бир текисда совитиш максадида буғ турбиналари ўк буриш мосламалари билан таъминланган. Унинг асосий вазифаси, турбинани ишга тушириш ва тўхташиш жараёнларида роторни аста-секин айлантиришдир.

4.29. Компрессорларни таққослаш ва танлаш

Мамлакат иктисодиётининг ҳамма саноатларида поршенли ва марказдан кочма компрессор машиналарининг кўлланилиши жуда кенг таркалган.

Турбокомпрессор ва турбогазодувкалар тузилишининг соддалиги, ихчамлиги ва газни бир меъёрда узатиши билан ажралиб туради. Уларнинг асосий афзалликлари: газ тоза, мой ва чангларсиз узатилади. Инерция кучларининг йўклиги ва катта тезликда айланиши, турбокомпрессорларни кичик пойдеворларга маҳкамлаш имконини беради.

Турбокомпрессорлар ф.и.к. киймати поршенли машиналарникига караганда камрок бўлади. Иш унумдорлиги 6000 м^3/соат ва ундан юкори бўлган турбокомпрессорлар иктисодий жиҳатдан фойдали, чунки капитал ва хизмат кўрсатиш харажатлари жуда кам. Шунинг учун турбокомпрессорларни катта микдордаги унумдорлик (10000...200000 м^3/соат) ва 30 атм гача босим талаб этилганда (ўртача 10...12 атм.) кўллаш максадга мувофик. Ҳозирги пайтда кўп боскичли турбокомпрессорлар газ босимини 300 атм.гача кўтариб бера олади. Ундан ташкари, узатиладиган газ тозалигига юкори талаблар кўйилганда, бу турдаги компрессорлар жуда кўл келади.

Газ сарфи 10000 м^3/соатгача, яъни кичик микдордаги сарфларда ва 1000 атм босим бўлганда поршенли компрессорлар кўлланилади.

Роторли ва винтли компрессорлар марказдан кочма насослар каби афзалликларга эга бўлиб, турбокомпрессорларга нисбатан ф.и.к. юкори, унумдорлиги 6000 м^3/соатдан паст бўлган сарфларда ва босими 15 атм дан юкори бўлмаганда ишлатилади. Роторли компрессорларнинг камчиликлари: кўрсатиладиган хизмат ва тайёрлаш мураккаб, ротор пластиналари тез едирилади ва ишчи камераларини зичлаш кийин.

Турбокомпрессорлар унумдорлигини турли усулларда ростлаш мумкин:

– иктисодий жиҳатдан энг самаралиси – бу ишчи гилдирак айланишлар сони n га таъсир этиш. Лекин, ушбу усул конструктив томондан жуда мураккаб ва уни факат катта унумдорликка эга турбокомпрессорларда кўллаш максадга мувофик;

– ҳайдаш йўлидаги бир кисм газни сўриш йўлига ўтказиш. Ушбу усул иктисодий жиҳатдан самарасиз, чунки рецикл килинаётган газга сарфланган сикиш энергияси йўкотилади;

– сўриш ёки ҳайдаш йўлида задвижка ўрнатиш. Ушбу усулнинг афзаллиги унинг соддалигида. Лекин задвижка маълум гидравлик каршилик эга ва уни енгишга энергия сарфланади. Аммо ушбу йўкотилиш тўлик босимлар фарки p_2-p_1 дан анча кичик. Сўриш йўлига ўрнатилган задвижка босимнинг атмосфера босимидан пасайишига олиб келади. Бу ҳол ўз навбатида яхши зичланмаган жойлардан ҳаво сўрилишига ва технологик газлар билан аралашишига, айрим ҳолларда эса портловчи газ аралашмалари ҳосил бўлишига

олиб келади.

Ўкли компрессорлар ихчам ва фойдали иш коэффициенти юкори. Юкори микдордаги унумдорлик (80000 $м^3$/соат) ва кичик босимлар (6 атм. гача) талаб этилганда ишлатилади. Вакуум-насослар ҳосил киладиган сийракланиш кийматига караб қўлланилади.

Поршенли суюклик вакуум-насосларнинг абсолют сийракланиши 80...85%ни ҳосил килади. Бу машиналарнинг такомиллаштирилган конструкциялари 93...97% гача сийракланиш беради. Қурук поршенли вакуум-насосларда босим ростлагичи билан бўлса, сийракланиш кийматини 99,9% га етказиш мумкин. Ротор пластинали, босим ростлагичли вакуум-насослар 98...99% ли сийракланишни таъминлаб берса, ростлагичсизлиги эса – 95...96% ни ташкил этади.

Ўртача сийракланишни (90...95%) ҳосил килиш, агрессив ва портловчи газларни аралаштириш учун саноат корхоналарида сув ҳалкали вакуум-насослар кенг қўлланилади. Марказдан кочма машиналар поршенлиларга нисбатан анча қулай ва кўп афзалликларга эга, лекин фойдали иш коэффициенти жуда кичик. Сув ҳалкали вакуум-насос ҳосил киладиган сийракланиш киймати, ишчи элткич бўлган сув бугининг температурасига боғлик бўлган парциал босим билан чегараланади. 0,05...0,1 мм.сим.уст.дан катта бўлмаган қолдик босим олиш учун махсус конструкцияли ротор вакуум-насослардан фойдаланилади. Бундай икки боскичли машиналарнинг колдик босими 0,005 мм.сим.уст.ни ташкил этади. Уч боскичли машиналарда эса - 0,001 мм.сим.уст.

95...99,8% ли сийракланишни кўп боскичли, буғ окимчали, вакуум-насосларда олиш мумкин. Бундай қурилмалар оддийлиги ва айланувчан кисмлардан иборат бўлгани билан ажралиб туради ва улар кимёвий агрессив газларни сўриб олишда кўп қўлланилади. Буғ окимчали насос қурилмаларини узатмасиз, пойдеворсиз, исталган жойга ўрнатиш мумкин. Буғ окимчали вакуум-насосларнинг камчиликлари: сув буғининг сарфи катта, сўрилаётган газнинг буғ билан аралашма ҳосил килишидир.

4-боб. Компрессорлар бўйича Мустақил тайёрланиш ва қайтариш учун саволлар

1. Компрессор кандай машина?
2. Қайси кўрсаткич бўйича компрессорлар ажратилади?
3. Компрессорлар неча гуруҳга бўлинади?
4. Изотермик жараёнда $T_{из}$, $l_{из}$ ва $N_{из}$ ларни аниклаш формуласини ёзинг.
5. Адиабатик жараёнда $T_{ад}$, $l_{ад}$ ва $N_{ад}$ ларни аниклаш формуласини ёзинг.
6. Политропик жараёнда $T_{пол}$, $l_{пол}$ ва $N_{пол}$ ларни аниклаш формуласини ёзинг.
7. Поршенли компрессор конструкцияси, ишлаш принципи ва афзалликлари.
8. Пластинали компрессор конструкцияси, ишлаш принципи ва афзалликлари.
9. Ротацион компрессор конструкцияси, ишлаш принципи ва афзалликлари.
10. Марказдан кочма вентилятор конструкцияси, ишлаши ва афзалликлари.
11. Ўкли компрессор конструкцияси, ишлаш принципи ва афзалликлари.
12. Винтсимон компрессор конструкцияси, ишлаш принципи ва афзалликлари.
13. Вакуум-насослар конструкцияси, ишлаш принципи ва афзалликлари.
14. Оддий турбина ва поғонасининг конструкцияси.
15. Газли турбина конструкцияси.
16. Турбиналар асосий кисм ва деталлари.
17. Компрессорларни қўллаш соҳалари.

5 - боб. ГИДРОМЕХАНИК ЖАРАЁНЛАР

Гидромеханик жараёнларга қуйидагилар киради: суюқ ва газсимон турли жинсли системаларни гравитацион (чўктириш), марказдан қочма (центрифугалаш) ёки электр майдони кучлари таъсирида қаттиқ заррачалардан тозалаш; босимлар фарқи остида суюқлик ва газларни ғовак тўсиқлар оркали ўтказиб фильтрлаш; суюқлик муҳитларида аралаштириш; мавҳум қайнаш ва бошқалар.

5.1. Турли жинсли системалар классификацияси

Камида иккита ҳар хил фазалардан (суюқлик – қаттиқ жисм, суюқлик – газ ва ҳ.) таркиб топган аралашмалар ***турли жинсли системалар*** деб номланади. Заррачалари ўта майин янчилган ҳолатдаги фаза ***дисперс*** ёки ***ички фаза*** деб аталади. Дисперс фаза заррачаларини ўраб олган муҳит эса ***дисперсион*** ёки ***ташқи фаза*** деб аталади.

Фазаларнинг физик ҳолатига қараб турли жинсли системалар қуйидаги гуруҳларга бўлинади: суспензия, эмульсия, кўпик, чанг, тутун ва туманлар (5.1-расм).



5.1-расм. Турли жинсли системалар классификацияси.

Суюқлик ва қаттиқ заррачалардан ташкил топган турли жинсли система ***суспензия*** деб аталади. Қаттиқ заррачалар ўлчамига қараб суспензиялар шартли равишда қуйидаги турларга бўлинади: дағал (>100 мкм); майин (0,5...100 мкм); лойқа (0,1...0,5 мкм) суспензиялар ва коллоид эритмалар (≤ 0,1 мкм).

Бири иккинчисида эримайдиган, дисперс ва дисперсион фазалардан ташкил топган аралашма системаси **эмульсия** деб номланади. Дисперс фаза заррачаларининг ўлчами кенг оралиқда ўзгариши мумкин. Одатда, эмульсия оғирлик кучи таъсирида қатламларга ажралади. Лекин дисперс фаза томчилари 0,4...0,5 мкм дан кичик бўлса, стабилизаторлар қўшилган ҳолларда эмульсиялар турғун бўлади ва узоқ муддат давомида қатламларга ажралмайди. Дисперс фаза концентрацияси ортиши билан дисперс фаза дисперсион фазага ўтиши ва тескариси бўлиши мумкин. Бундай ўзаро алмашиниш ҳодисаси фазалар **инверсияси** дейилади.

Суюқлик ва унда тақсимланган газ пуфакчаларидан ташкил топган системалар **кўпиклар** деб аталади. Кўпиклар ўз хоссалари бўйича эмульсияларга яқин.

Газ ва унда тақсимланган 0,3...5 мкм ўлчамли қаттиқ заррачалардан ташкил топган системалар **тутунлар** деб номланади. Тутунлар буғ (ёки газ) ларнинг суюқ ёки қаттиқ ҳолатга конденсацияланиш жараёни оркали ўтишда ҳосил бўлади. Ундан ташқари, қаттиқ ёқилғилар ёниши натижасида ҳам пайдо бўлади.

Газ ва унда тақсимланган 3...70 мкм ўлчамли қаттиқ заррачалардан ташкил топган си-

стемалар **чанглар** деб аталади.

Кўпинча чанглар каттик материални майдалаш, аралаштириш ва маълум масофага узатиш пайтида хосил бўлади.

Дисперсион газ ва ўлчами 0,3...5 мкм бўлган дисперс суюклик фазалардан ташкил топган системаларга **туманлар** дейилади. Туманлар сув буғини совитиш жараёнида, буғнинг конденсацияланиши натижасида хосил бўлади.

Тутун, чанг ва туманлар – **аэрозоллар** деб юритилади.

5.2. Ажратиш усуллари

Кимё, нефть-газни кайта ишлаш ва бошка саноатларда турли жинсли системаларни ташкил этувчи фазаларга ажратишга тўғри келади. Ажратиш усулларини танлашда дисперс фаза ўлчамига, фазалар зичликлари фаркига ва дисперсион фаза ковушоклигига ахамият бериш зарур. Турли жинсли системаларни ажратиш учун куйидаги усуллар қўлланилади: а) чўктириш; б) фильтрлаш; в) центрифугалаш; г) суюклик ёрдамида ажратиш.

Оғирлик кучи, инерция (жумладан, марказдан кочма) ёки электростатик кучлар ёрдамида турли жинсли системалар таркибидаги каттик ёки суюклик заррачаларини ажратиш жараёни **чўктириш** деб номланади. Агар жараён факат оғирлик кучи таъсирида олиб борилса, **тиндириш** деб юритилади. Тиндириш одатда турли жинсли системаларни дастлабки ажратиш учун ишлатилади.

Фильтрлаш – турли жинсли системаларни ғоваксимон тўсик - фильтр ёрдамида ажратиш жараёнидир. Бунда, ғоваксимон тўсик суюклик ёки газни ўтказиб юборади, аммо мухитдаги каттик заррачаларни ушлаб колади. Суспензия, эмульсия ва чангларни ажратиш учун чўктириш жараёнига караганда фильтрлаш анча самарали.

Центрифугалаш – суспензия ва эмульсияларни марказдан кочма куч таъсирида ажратиш жараёнидир. Бу жараёнда яхлит ёки ғоваксимон тўсиклар хам ишлатилади. Центрифугалаш жараёнида чўкма ва суюк фаза (фугат) хосил бўлади.

Суюклик ёрдамида ажратиш усули деб, газ таркибидаги каттик заррачаларни бирорта суюклик иштирокида ушлаб колиш жараёнига айтилади. Бу жараён оғирлик ёки инерция кучлари таъсирида олиб борилади ва газларни тозалаш учун ишлатилади. Баъзан, бу усулдан суспензияларни ажратишда хам фойдаланиш мумкин.

5.3. Ажратиш жараёнининг моддий баланси

Дисперс фаза ***a*** ва дисперсион фаза ***b*** лардан ташкил топган турли жинсли система ажратилиши керак. Куйидаги белгилашларни киритамиз:

$G_{ар}$, $G_{чўк}$, $G_{тс}$ – бошланғич аралашма, чўкма ва тозаланган суюклик массалари, кг;

$x_{ар}$, $x_{чўк}$, $x_{тс}$ – бошланғич аралашма, чўкма ва тозаланган суюкликлар таркибида ***b*** модда концентрацияси, %.

Агар ажратиш жараёнида масса йўкотилиши бўлмаса, моддий баланс тенгламасини ушбу кўринишда ёзиш мумкин:

моддаларнинг умумий миқдори бўйича

$$G_{ар} = G_{тс} + G_{чўк} \tag{5.1}$$

дисперс фаза (***b*** модда) бўйича

$$G_{ар}x_{ар} = G_{тс}x_{тс} + G_{чўк}x_{чўк} \tag{5.2}$$

(5.1) ва (5.2) тенгламаларни биргаликда ечсак, тозаланган суюклик миқдорини топамиз:

$$G_{тс} = G_{ар}\frac{x_{чўк} - x_{ар}}{x_{чўк} - x_{тс}} \tag{5.3}$$

ва чўкма миқдорини:

$$G_{чук} = G_{ар}\frac{x_{ар} - x_{экс}}{x_{чук} - x_{экс}} \quad (5.4)$$

Ажратиш жараёнининг самарадорлиги ажратиш жадаллиги билан характерланади:

$$Э_{ажр} = \frac{G_{ар} \cdot x_{ар} - G_{экс} \cdot x_{экс}}{G_{ар} \cdot x_{ар}} \quad (5.5)$$

(5.3) ва (5.4) тенгламалар ёрдамида аралаштириш жараёнини ҳам ифодаласа бўлади. Ундан ташкари, (5.3) тенгламадан аралашма таркибидаги дисперс фаза концентрациясини ҳам топиш мумкин:

$$x_{ар} = \frac{G_{экс}x_{экс} + G_{чук} \cdot x_{чук}}{G_{ар}} \quad (5.6)$$

ТИНДИРИШ ВА ЧЎКТИРИШ

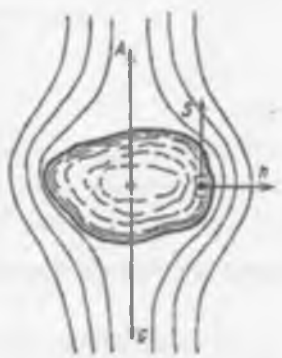
5.4. Оғирлик кучи таъсирида чўктириш

Чўкиш жараёнида каттик жисм турли кучлар таъсирида суюкликда ҳаракат килади. Оғирлик кучи таъсирида унинг суюкликдаги ҳаракатини кўриб чикамиз. Бунда, каттик заррачага оғирлик кучи G, кўтарувчи (Архимед) куч A ва ишкаланиш кучлари T таъсир этади (5.2-расм).

Ихтиёрий шаклдаги заррачани кўриб чикамиз. Унинг ҳажми чизикли ўлчамининг учинчи даражасига тўғри пропорционалдир.

$$V = \varphi_1 l^3 \quad (5.7)$$

бу ерда, l – заррача габарит ўлчами, диаметри; φ_1 –шаклга боғлик коэффициент



5.2-расм. Оғирлик кучи G таъсирида заррача чўкишининг дифференциал тенгламасини чикаришга оид.

Агар, заррача зичлиги $\rho_з$, суюкликники $\rho_с$ бўлса, унда заррачага оғирлик кучи G ва кўтарувчи куч A лар таъсир этмокда. Бу иккала куч карама-карши йўналган бўлади.

$$G = \varphi_1 l^3 \rho_з g, \quad A = \varphi_1 l^3 \rho_с g \quad (5.8)$$

Ушбу кучларнинг фарки таъсири остида заррача суюкликда ҳаракат килади ва унинг ташки юза бирлигига ишкаланиш кучи T таъсир этади.

Ишкаланиш кучи T Ньютон-Петров конунига биноан аникланади:

$$T = \mu\frac{\partial w}{\partial n}$$

бу ерда, μ – динамик ковушоклик коэффициенти; $\partial w/\partial n$ – тезлик градиенти

Бутун заррачага таъсир этувчи муҳитнинг каршилик кучи унинг юзасига боғлик. Демак, муҳитнинг каршилик кучи куйидагига тенг:

$$R = \varphi_2 l^3 \mu\frac{\partial w}{\partial n} \quad (5.9)$$

Механиканинг иккинчи конунига биноан, оғирлик, кўтарувчи ва ишкаланиш кучларининг тенг таъсир этувчиси, заррача массасининг эркин тушиш тезланиш кўпайтмасига тенг. Демак:

$$\varphi_1 l^3(\rho_з - \rho_с)g - \varphi_2 l^3 \mu\frac{\partial w}{\partial n} = \varphi_1 l^3 \rho_з \frac{dw}{d\tau} \quad (5.10)$$

(5.10) тенглик оғирлик кучи таъсирида чўкаётган заррачанинг дифференциал тенгламаси деб номланади.

Ўхшашлик назарияси услубларини қўллаб, (5.10) дан оғирлик кучи таъсирида заррачанинг чўкиш жараёнини ифодаловчи ўхшашлик тенгламаларини олиш мумкин.

Бунинг учун (3.10) тенгламани $\varphi_1 l^3 \rho_c \frac{dw}{d\tau}$ бўлиб:

$$g\frac{d\tau}{dw}\frac{\rho_з-\rho_c}{\rho_з}\cdot\frac{\rho_з}{\rho_ж}-\frac{c_2\mu\partial w d\tau}{c_1\rho_з l\partial n dw}\cdot\frac{\rho_з}{\rho_c}-\frac{\rho_з}{\rho_c}=0 \qquad (5.11)$$

Олинган натижани $\rho_з/\rho_c$ кўпайтириб ва тегишли кискартиришларни амалга оширсак, куйидаги кўринишга эга бўламиз:

$$\frac{\varphi_2}{\varphi_1}\cdot\frac{\mu\tau}{l\rho}=\frac{\varphi_2}{\varphi_1}\cdot\frac{\mu}{\rho w l}=\frac{\varphi_2}{\varphi_1}\cdot\frac{1}{\mathrm{Re}} \qquad (5.12)$$

φ_2/φ_1 – нисбат заррача шаклига боғлик ва ***шакл коэффициенти*** деб номланади:

$$f=\frac{\varphi_2}{\varphi_1} \qquad (5.13)$$

ўлчамсиз комплекс эса:

$$\frac{\mu}{\rho w l}=\frac{1}{\mathrm{Re}} \qquad \text{ёки} \qquad \mathrm{Re}=\frac{wl\rho}{\mu}=\frac{wl}{\nu}$$

Рейнольдс сони дейилади. Бу сон суюклик окимлари ҳаракатининг гидродинамик ўхшашлигини характерлайди, заррачанинг чўкиш жараёнида эса – суюкликнинг заррача атрофидан окиб ўтиш гидродинамик ўхшашлигини ифодалайди.

Худди шу йўл билан (5.11) нинг биринчи айрилувчисидан куйидаги кўринишга келамиз:

$$\frac{g\tau}{w}\cdot\frac{\rho_з-\rho_c}{\rho_c}=\frac{gl}{w^2}\cdot\frac{\rho_з-\rho_c}{\rho_c} \qquad (5.14)$$

(5.14) тенгламани Re^2 га кўпайтирсак, *Архимед* критерийсини оламиз:

$$Ar=\frac{w^2l^2}{\nu^2}\frac{gl}{w^2}\cdot\frac{\rho_з-\rho_c}{\rho_c}=\frac{gl^3}{\nu^2}\frac{\rho_з-\rho_c}{\rho_c} \qquad (5.15)$$

Ушбу критерий оғирлик ва кўтарувчи кучлар фаркининг кўтарувчи кучга нисбатини характерлайди.

Шундай килиб, ўхшашлик назарияси услубларини қўллаб, (5.10) тенгламадан заррачаларнинг чўкиш жараёнини ифодаловчи ўхшашлик тенгламасини келтириб чикариш мумкин:

$$\mathrm{Re}=a(fAr)^n \qquad (5.16)$$

Чўкиш жараёнини тажрибавий ўрганиш натижасида куйидаги режимлар аникланган: ламинар ($Re \le 0{,}2$), ўтиш ($0{,}2 < Re < 50$) ва турбулент ($Re < 500$). Амалий ҳисоблар учун куйидаги формулалардан фойдаланиш мумкин:

$Re < 1{,}85$ ёки $f\cdot Ar < 33$ бўлганда

$$\mathrm{Re}=\frac{f\cdot Ar}{18}=0{,}056\,f\cdot Ar \qquad (5.17)$$

$1{,}85 < Re < 500$ ёки $33 < f\cdot Ar < 83\cdot10^3$ бўлганда

$$\mathrm{Re}=0{,}152\cdot(fAr)^{0{,}725} \qquad (5.18)$$

$Re > 500$ ёки $f\cdot Ar > 83\cdot10^3$ бўлганда

$$\mathrm{Re}=1{,}74\cdot(fAr)^{0{,}5} \qquad (5.19)$$

(5.17)...(5.19) формулалар ёрдамида аникланган Рейнольдс сони оркали оғирлик кучи таъсирида суюкликда чўкаётган заррача тезлигини топиш мумкин:

$$w_{чук} = \frac{\mathrm{Re} \cdot \mu}{l \cdot \rho} \qquad (5.20)$$

Ламинар ҳаракат режимида чўкиш тезлигини қуйида келтирилган усулда топилади. d диаметрли сферик шаклга эга заррачалар учун $w_{чук}$ (3.17) формуладан аниқлаш мумкин:

$$\frac{w_{чук} d\rho}{\mu} = \frac{1}{18} \frac{gd^3(\rho_з - \rho)}{\upsilon^2 \rho}$$

Агар $\nu = \mu/\rho$ эканлигини ҳисобга олсак, чўкиш тезлиги ушбу кўринишда ёзилади:

$$w_{чук} = \frac{gd^2(\rho_з - \rho)}{18\mu} \qquad (5.21)$$

(5.21) формула Стокс конунини, яъни шарсимон заррачаларнинг ламинар режимдаги чўкиш тезлиги, улар диаметрининг квадратига, муҳит ва заррача зичликлари фаркига тўғри пропорционал ва муҳит ковушоқлигига тескари пропорционаллигини ифодалайди.

Нотўғри шаклдаги заррачалар учун чўкиш тезлиги шарсимонникидан кам бўлади. Заррачалар шакл коэффициентининг қийматлари махсус адабиётларда келтирилган.

Суюқликда томчининг чўкиш жараёнида унинг шакли узлуксиз равишда ўзгариб туради. Бундай ҳолларда суюқлик томчисининг чўкиш тезлиги проф. Н.И.Смирнов формуласи ёрдамида ҳисобланади:

$$w_{чук} = \frac{gd^{2,5}}{\sigma} \left(\frac{\rho - \rho_T}{\rho_T} \right)^{1,5} \cdot \left(\frac{\mu}{\rho g} \right)^{0,5} \qquad (5.22)$$

бу ерда, d – томчининг ўртача диаметри; σ – фазалар чегарасидаги сиртий таранглик; $\rho_т$ – томчи хосил қилувчи суюқлик зичлиги; ρ – муҳит зичлиги; μ – муҳит ковушоқлиги.

Стокс конунига биноан, чўкаётган каттик заррачанинг максимал ўлчами ушбу формуладан топилади:

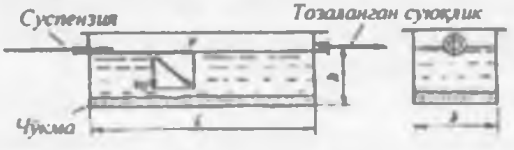
$$d_{макс} \approx 1{,}56 \sqrt{\frac{\mu^2}{\rho(\rho_з - \rho)}}$$

Чўкиш жараёнининг кинетик конуниятларини ўрганиш натижасида қуйидаги умумий коида келиб чикади: заррача ўлчами ва фаза зичликларининг фарки ортиши билан чўкиш тезлиги кўпаяди, лекин муҳитнинг ковушоклиги кўпайиши билан чўкиш тезлиги камаяди.

5.5. Сиқик чўкиш тезлиги

5.4 параграфда каттик жисмнинг суюкликдаги ҳаракат конунлари кўриб чикилган ва заррачанинг оғирлик кучи таъсирида эркин чўкиш тезлиги аниқланган. Ушбу конунларни факат дисперс фаза концентрацияси паст системаларга қўллаш мумкин.

Лекин саноатда дисперс фаза концентрацияси юкори бўлган ҳолларда ҳам чўктириш жараёнлари, яъни чўкаётган заррачалар бир-бири билан тўқнашганда ҳам, амалга оширилади (5.3-расм).



5.3-расм. Чўкиш жараёни схемаси.

Кўпчилик тадкикотлар шуни кўрсатдики, чўкма катлами устида қуюклашган суспензия зонаси ҳосил бўлади ва бу ерда ***сиқиқ*** шароитда заррачаларнинг чўкиши рўй беради. Бунда, заррачалар ўзаро тўқнашади ва жараён ишкаланиш кучи иштирокида боради. Натижада, майда заррачалар ўзидан катта, йирик заррачалар ҳаракатини секинлаштиради. Шу пайтнинг ўзида йирик заррачаларни ўзи билан бирга майда, кичик ўлчамли заррачаларни илаштириб олиб кетади ва уларнинг ҳаракатини тезлаштиради. Қурилма тубига якинлашган сари заррача тезлиги пасаяди ва чўкма аста-секин зичланиб боради. Заррача тезлигининг пасайиши суюкликнинг тўхтатиш ҳаракати, яъни заррача сикиб

чикараётган суюклик харакатининг тескари йўналиши билан белгиланади.

Заррачанинг сикик чўкиши ҳар доим эркин чўкиш тезлигидан кам бўлади. Бунга сабаб муҳитнинг каршилиги ва қўшимча каршилик мавжудлиги, яъни ишкаланиш каршилиги ва заррачаларнинг ўзаро тўқнашувидир. Ушбу ҳолатда муҳит каршилигининг ортиши, чўкаётган заррачалар массасининг суюкликка динамик таъсири билан характерланади. Бу ҳол, ўз навбатида, муҳитда кўтарилувчи окимлар ҳосил бўлишига олиб келади.

Гидродинамик нуктаи назаридан, заррачаларнинг сикик чўкиши, каттик заррачалар катламининг мавҳум кайнаш жараёнига ўхшашлигидир.

Шунинг учун, кўзгалмас муҳитда заррачаларнинг бир текисда чўкиши, уларнинг кўтарилувчи окимда учиб юришига айнан ўхшашдир. Демак, сикик чўкиш конуниятларини, мавҳум кайнаш катламидаги кўтарилувчи оким ҳаракати оркали ўрганиш кулайдир. Бунда, сикик чўкиш тезлиги каттик заррачалар катламининг мавҳум кайнаш ҳолатидаги оким тезлигига тенг. Заррачалар концентрацияси нолга караб интилганда, сикик чўкиш тезлиги максимал кийматига, яъни эркин чўкиш тезлигига якинлашиши шубҳасиздир.

Шундай килиб, ҳисоблаш формуласининг умумий кўриниши мавҳум кайнаш катламида окимнинг тезлигини аниклаш каби бўлиши керак, яъни куйидаги функция оркали ифодаланади:

$$\mathrm{Re}_{сусп} = f(Ar, \varepsilon)$$

Ҳамма режимлар учун сикик ҳолатдаги чўкиш тезлигини аниклаш учун куйидаги умумий тенгламадан фойдаланилади:

$$\mathrm{Re}_{сусп} = \frac{Ar \cdot \varepsilon^{4,75}}{18 + 0{,}6\sqrt{Ar \cdot \varepsilon^{4,75}}} \qquad (5.23)$$

бу ерда

$$\mathrm{Re} = \frac{wd\rho}{\mu} \quad \text{ва} \quad Ar = \frac{gd^3}{\nu^2}\,\frac{\rho_3 - \rho}{\rho} \qquad (5.24)$$

$$\varepsilon = \frac{V_0 - V}{V_0} \qquad (5.25)$$

бу ерда, V_0 – суспензиядаги суюклик хажми, м^3, V - суспензиядаги каттик заррачалар хажми, м^3

Шарсимон каттик заррачаларнинг сикик ҳолатдаги чўкиш тезлигини куйидаги тенгламалар ёрдамида топиш мумкин:

агар $\varepsilon > 0{,}7$ дан бўлса: $$w_{сусп} = w_{эрк} \cdot \varepsilon^2 \cdot 10^{-1{,}82(1-\varepsilon)} \qquad (5.26)$$

агар $\varepsilon \le 0{,}7$ дан бўлса: $$w_{сусп} = w_{эрк}\,\frac{0{,}123 \cdot \varepsilon^2}{1-\varepsilon} \qquad (5.27)$$

5.6. Суспензия концентрацияси ва заррачалар шаклининг чўкиш тезлигига таъсири

Юкорида кайд этилгандек, суюк муҳитда каттик жисм ҳаракати пайтида унинг шакли чўкиш тезлигига салмокли таъсир этади. Оғирлик кучи таъсиридаги чўкиш жараёнида ушбу таъсир шакл коэффициенти f оркали ҳисобга олинади. Шар шаклидаги жисмлар учун $f = 1$. Одатда, шар шаклида бўлмаган жисмлар учун $f < 1$.

5.1-жадвал

Т/р	Заррача шакли	Коэффициент f
1	Шар	1,00
2	Думалок	0,77
3	Серкирра	0,66
4	Чўзинчок	0,58
5	Пластинасимон	0,43

Агар, заррача шакли шарсимон бўлмаса, унинг назарий чўкиш тезлиги суюклик окими режимига караб танланади. Формуладаги аникловчи ўлчам сифатида заррачанинг эквивалент диаметри қўлланилади. Сўнг эса, заррачанинг ҳакикий шаклига караб, аникланган чўкиш тезлиги $w_{чўк}$ тегишли шакл коэффициенти f га кўпайтирилади:

$$w'_{чўк} = w_{чўк} \cdot f \qquad (5.28)$$

Келтириб чикарилган формулаларда чексиз бўшликда заррачалар эркин чўкмокда деб фараз килинган. Бундай тахмин суспензия концентрацияси жуда паст бўлганда тўғри. Лекин суспензия концентрацияси ўрта ва юкори бўлса, чўкиш жараёнида заррачалар бир-бири билан тўкнашади ва катта заррачалар майдаларини илинтириб, ўзи билан олиб кетади. Заррачаларнинг бундай тўкнашуви натижасида, уларнинг ҳаракат энергияси пасаяди, яъни мухитнинг каршилиги ортади ва окибатда чўкиш тезлиги камаяди.

Агар суспензия концентрацияси канчалик юкори бўлса, чўкиш тезлигига сикиклик ходисаси шунчалик катта таъсир килади. Шунинг учун, ҳакикий ёки назарий чўкиш тезлиги, ҳажмий концентрацияни ҳисобга олувчи тузатиш коэффициентига кўпайтирилади.

5.7. Марказдан кочма куч таъсирида чўктириш

Эмульсиядаги суюклик томчиларини ва суспензиядаги каттик заррачаларни марказдан кочма кучлар майдонида ажратиш жараёнига ***центрифугалаш*** дейилади. Центрифугалаш жараёнини амалга оширадиган курилма ***центрифуга*** деб номланади.

Марказдан кочма куч таъсирида суспензия ***чўкма*** ва ***фугат*** деб номланувчи суюклик фазаларга ажралади. Одатда чўкма курилма ротори ичида колади, фугат эса ташкарига чикарилади.

Центрифуга ишлаш пайтида ҳосил бўладиган марказдан кочма куч чўктириш жараёнидаги оғирлик ва фильтрлашдаги гидростатик кучларга нисбатан анча катта бўлади. Шунинг учун турли жинсли системаларни ажратиш учун қўлланиладиган чўктириш ва фильтрлаш жараёнларига караганда центрифугалаш жуда самарали ҳисобланади.

Центрифуганинг асосий кисми горизонтал ёки вертикал ўкга ўрнатилган ва катта тезликда айланувчи цилиндрик ротор бўлиб, у электр юриткич ёрдамида айланма ҳаракатга келтирилади. Марказдан кочма куч таъсирида турли жинсли системадаги каттик заррачалар чўкмага тушиб, суюкликдан ажралади.

Ажратиш принципига караб, центрифугалар 2 хил бўлади: фильтрловчи ва чўктирувчи центрифугалар.

Чўктирувчи центрифуганинг цилиндрик ротори яхлит деворли бўлиб, эмульсия ва суспензияларни чўктириш принципи асосида ажратади. Бу курилмада ажратиш жараёнида оғирлик кучи ўрнига марказдан кочма куч ишлатилади. Цилиндрик ротор айланиши натижасида ҳосил бўладиган марказдан кочма куч таъсирида суспензия ёки эмульсия ротор деворига караб ҳаракат килади. Зичлиги юкори бўлган каттик заррачалар ротор деворида, зичлиги камроғи эса ўк атрофида йиғилади.

Фильтрловчи центрифуга ротори тешикли бўлиб, эмульсия ва суспензияларни фильтрлаш принципи асосида ажратади. Бу курилмаларда, ажратиш жараёнида босимлар фарки ўрнига, марказдан кочма куч ишлатилади.

Бу турдаги центрифугаларда суспензия ёки эмульсия ротор деворига караб ҳаракат килади ва фазаларга ажралади. Фазаларга ажратиш жараёни куйидагича рўй беради: суюк фаза роторнинг тўсиғидан ўтиб, курилма кобиғига йиғилади ва штуцер оркали чикарилади. Каттик фаза эса, фильтрловчи тўсикда ушланиб колади ва ундан сўнг ротордан туширилади.

Ишлаш принципига кўра центрифугалар даврий ва узлуксиз бўлади. Ротор ўкининг ўрнатилишига караб, горизонтал ва вертикал центрифугалар бўлади. Даврий ишлайдиган центрифугаларда чўкма қўл, оғирлик кучи ёки пичок ёрдамида туширилади. Узлуксиз центрифугаларда чўкма шнек ёрдамида инерцион ва пульсацион кучлар ёрдамида туширилади.

Фильтрловчи ва чўктиривчи центрифугаларда ажратиш жараёнларининг тахлили шуни кўрсатадики, чўктириш ва фильтрлаш жараёнлар билан центрифугалаш орасида ўх-

шаклик кўп ва ҳамма жараёнларнинг умумий конуниятлари ҳам ўхшашдир.

Центрифугаларда ҳосил бўладиган марказдан қочма куч ушбу тенглик билан ифодаланади:

$$c = \frac{mw^2}{r} = \frac{Gw^2}{gr} \tag{5.29}$$

бу ерда, m – айланувчи жисм массаси, кг; G – айланувчи жисм оғирлиги, Н; w – роторнинг айланиш тезлиги, м/с; g – эркин тушиш тезланиши, м²/с; r – ротор айланиш радиуси, м.

Роторнинг айланиш тезлиги ушбу тенгликдан топилади:

$$w = \omega \cdot r = \frac{2\pi n}{60} r \tag{5.30}$$

бу ерда, ω – бурчак тезлиги, рад/с; n – айланиш сони, айл/мин.

(5.29) ва (5.30) тенгликлардан марказдан қочма кучни аниқлаймиз:

$$c = \frac{G}{rg}\left(\frac{2\pi n}{60} r\right)^2 \tag{5.31}$$

ёки

$$c \approx \frac{Grn^2}{900} \tag{5.32}$$

Шундай қилиб, ротор диаметрини кўпайтиришга қараганда, унинг айланиш сонини ошириш, марказдан қочма кучнинг ўсишига олиб келади.

Центрифугаларнинг иш унумдорлиги ажратиш коэффициентига боғлиқ. Центрифугаларда ажратиш коэффициенти марказдан қочма кучлар майдонида ҳосил бўлган кучланиш билан характерланади. Центрифугада ҳосил бўлаётган марказдан қочма кучлар миқдорининг оғирлик кучи тезланишидан неча маротаба кўплигини кўрсатувчи катталик ***ажратиш коэффициенти*** деб номланади:

$$K_a = \frac{w^2}{rg} \tag{5. 33}$$

Центрифуга ротори айланиш частотасининг ортиши ва диаметрининг камайиши билан марказдан қочма куч майдонида ажратиш самарадорлиги ортади. Агар айланиш тезлигини айланиш частотаси орқали ифодаласак, ажратиш коэффициентини аниқлаш учун ушбу кўринишдаги формулани оламиз:

$$K_a \approx \frac{n^2 r}{900} \tag{5.34}$$

Ажратиш коэффициенти центрифугаларнинг муҳим характеристикаси бўлиб, унинг ажратиш кобилиятини аниқловчи кўрсаткичдир.

5.8. Тиндириш ва чўктириш қурилмалари

Чўктириш жараёни турли конструкцияли қурилмаларда, яъни чўктиргичларда амалга оширилади.

Чўктиргичда суспензия ҳаракати туфайли чўктириш жараёни содир бўлади: каттиқ заррачалар қурилма тубига чўкади ва чўкма қатламини ҳосил қилади.

Одатда, чўктиргичларни ҳисоби ўз ичига энг майда заррачаларни чўктиришни кўзда тутади.

Чўктиргичнинг солиштирма иш унумдорлигини қуйидаги формуладан топиш мумкин:

$$V = \frac{lbh}{\tau_0} \qquad (5.35)$$

бу ерда. l, b, h – қурилманинг геометрик ўлчамлари, м; τ_0 – заррачаларнинг ўртага чўкиш давомийлиги, с.

Агар чўктиргичнинг иш унумдорлиги маълум бўлса, чўктириш юзасини ушбу формуладан аниклаш мумкин:

$$F = \frac{G}{\rho \cdot w} \qquad (5.36)$$

бу ерда. $G=G_m/\tau$ – чўктиргичнинг иш унумдорлиги, кг/с, ρ – махсулот зичлиги, кг/м^3

Тиндириш ва чўктириш учун мўлжалланган қурилмалар ишлаш принципига кўра қуйидагиларга бўлинади: гравитацион чўктиргич, центрифуга, гидроциклон ва сепараторларга.

Тиндиргичлар узлукли, ярим узлуксиз ва узлуксиз ишлайдиган бўлади.

Чўктириш жараёни механизми. Суюклик турли жинсли системаларни тиндириш жараёнида дисперс муҳитдаги заррачалар концентрацияси тепадан пастга кўпайиб боради (5.4-расм).

Аралашма баландлиги бўйича шартли равишда 4 та зонага ажратиш мумкин:

– чўкма ёки шлам катлами;

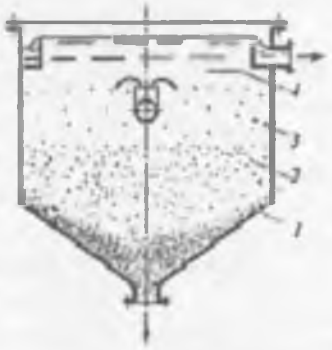
– куюк суспензия катлами;

– эркин чўкиш зонаси;

– тиник суюклик катлами.

Куюк суспензия катламида заррачаларнинг бир-бирига урилиб ва ишкаланиб сикик чўкиши содир бўлади. Бунда, нисбатан майда заррачалар йирикрок заррачалар чўкишига халакит беради. Йирик заррачалар майда заррачаларни кетидан тортади, бундай ҳол заррачаларнинг ёппасига чўкишини таъминлайди. Лекин баландлиги бўйича тезликларнинг сон кийматлари ўзгаради. Чўкма юзасига якинлашган сари заррачаларнинг зичлиги ортиб боради, тезлиги эса – камайиб боради. Бунга сабаб, сикиб чикарилаётган суюкликнинг тескари йўналишдаги ҳаракатидир. Сикик чўкиш зонасидан юкорирокда эркин чўкиш ва тиник суюклик зоналари ҳосил бўлади. Даврий чўкиш жараёнларида, вакт ўтиши билан эркин ва сикик чўкиш зоналарининг баландлиги ўзгариб туради.

Эркин чўкиш зонасида заррачага оғирлик кучи, архимед кучи ва суюклик томонидан кўрсатилаётган каршилик кучлари таъсир этади (5.2-расм). Қаттик заррачаларнинг чўкиш тезликлари юкорида келтирилган формулалар ёрдамида аникланади.



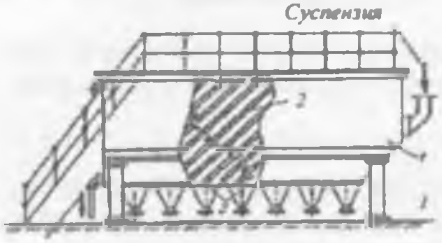
5.4-расм. Тиндириш жараёнининг схемаси:
1-чўкма катлами, 2-куюк суспензия катлами,
3-эркин чўкиш зонаси, 4-тиник суюклик катлами.

Узлукли ишлайдиган тиндиргич. Бу турдаги қурилма аралаштиргичи бўлмаган, ясси сув ҳавзасидан иборат. Сув ҳавзаси суспензия билан тўлдирилгандан сўнг, тўлик ажралиш содир бўлгунча, чўктириш жараёни давом этади.

Ундан кейин, чўкма катламидан юкорида жойлашган штуцердан тозаланган суюклик чикариб олинади. Курилма тубидаги каттик заррачалардан бўлган чўкма кўл ёрдамида олиб ташланади.

Чўктиргич ўлчамлари ва шакли турли жинсли система заррачалари диаметри ва суспензия концентрациясига боғлик. Суспензия зичлиги ва заррачаларининг диаметри ортиши, тиндиргич ўлчамларини камайтириш имконини беради.

Тиндириш жараёнининг давомийлиги дисперсион фаза ковушкоклигига боғлик. Маълумки, температура ўсиши билан суюкликлар ковушкоклиги пасаяди. Шунинг учун, чўктириш жараёнини интенсивлаш максадида суспензиялар киздирилади (агар технологияга зид бўлмаса).



5.5-расм. Кия тўсикли ярим узлуксиз тиндиргич:
1-кобик; 2-кия тўсиклар; 3-бункер.

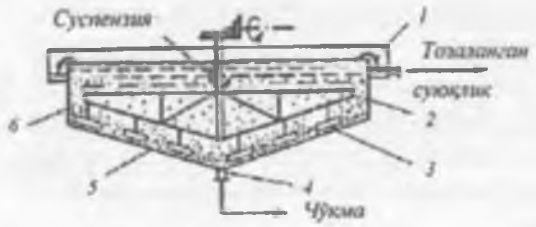
Кия тўсикли, ярим узлуксиз тиндиргич. Суспензия штуцер оркали курилмага киритилади ва кия ўрнатилган тўсик 2 лар ёрдамида галма-гал юкоридан пастга ва пастдан юкорига караб йўналтирилади (5.5-расм).

Кия тўсиклар курилмада суспензиянинг ҳаракат давомийлиги ва тиндириш юзасини оширади. Ҳосил бўладиган шлам эса, бункер 3 ларда йигилади ва тўлиб чиккандан сўнг жўмраклар ёрдамида чиказиб юборилади.

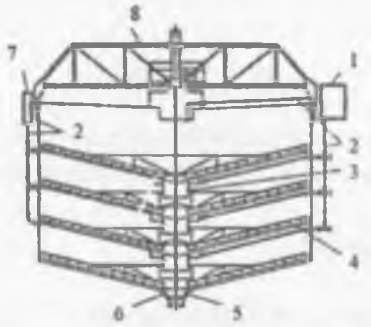
Тозаланган суюклик тиндиргичнинг тепа кисмида ўрнатилган штуцер оркали чикарилади.

Кимё, нефть-газ ва бошка саноатларда узлуксиз ишлайдиган тиндиргичлар кенг кўламда кўлланилмокда.

Эшкак аралаштиргичли, узлуксиз ишлайдиган тиндиргич. Бундай турдаги тиндиргич конуссимон туб 5 ва цилиндрик кобик 6 дан ҳамда курилманинг тепа кисмидаги ҳалкасимон тарнов 1 дан таркиб топган бўлади (5.6-расм). Чикариш люки 4 га чўкмани узатиш учун кия парракли аралаштиргич 2 да бир неча эшкак ўрнатилган бўлади. Аралаштиргич 0,02...0,5 мин$^{-1}$ частота билан айланади. Труба ёрдамида суспензия цилиндрик кобик ўртасига узлуксиз равишда узатилади. Тозаланган суюклик ҳалкасимон тарновга куйилади ва сўнг тиндиргичдан чикарилади. Ҳосил бўлган шлам диафрагмали насос ёрдамида курилманинг пастки кисмидан сўриб олинади. Агар шлам таркибидаги дисперс фаза кимматли ёки келгуси технологик жараёнлар учун ярокли бўлса, у кайта ишланишга юборилади.



5.6-расм. Эшкак аралаштиргичли узлуксиз ишлайдиган тиндиргич:
1-халкасимон тарнов; 2-аралаштиргич; 3-эшкак; 4-люк; 5-конуссимон туб; 6-цилиндрик кобик



5.7-расм. Кўп каватли тиндиргич:
1–таксимловчи мослама; 2-трубалар; 3-стакан; 4-эшкакли аралаштиргич; 5–тўкиш конуси; 6-киргич; 7-коллектор; 8-ром.

Бу турдаги тиндиргичларда зичлиги бир текисда бўлган чўкмаларга ва уни самарали сувсизлантиришга эришса бўлади. Эшкакли тиндиргичлар камчилиги, бу уларнинг кўполлигидир.

Кўп каватли тиндиргич. Бундай курилмалар узлуксиз ишлайди ва бир-бири устига ўрнатилган бир нечта эшкакли тиндиргичлардан иборат (5.7-расм). Ҳар бир каватлар орасида конуссимон тўсиклар жойлаштирилган. Бу тўсиклар туфайли тиндиргич юзаси анчага кўпаяди ва натижада курилма ихчамрок бўлади.

Тиндиргич умумий ўкга эга бўлиб, унга

аралаштирувчи эшкаклар жойлаштирилади. Суспензия эса таксимловчи мосламадан трубалар оркали хар бир кават стаканига узатилади. Тозаланган суюклик халкасимон тарновлардан ўтиб, коллекторда йиғилади. Ҳар бир ярус шламни чикариб юбориш стаканлари билан уланган. Юкорида жойлашган ҳар бир кават стаканининг пастки учи қуйи кават шламини ичига кириб туради. Шундай килиб, тиндиргичнинг каватлари шлам бўйича кетма-кет уланган. Ҳосил бўлаётган шлам факат энг пастки каватнинг ичида кирғич ўрнатилган тўкиш конусидан чикарилади.

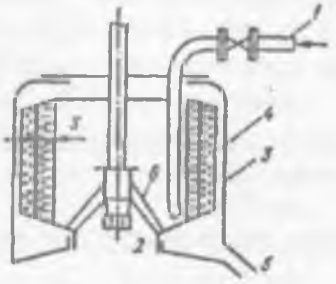
Эмульсияларни узлуксиз ажратиш тиндиргичи бир неча кисмдан иборат (5.8-расм). Эмульсия курилманинг чап кисмига берилади ва у ердан ўрта сепарацион камерага узатилади.

Чап тўсик 2 аралашма сатҳи баландлигини ростлаш имконини беради. Сепарацион кисмда бошланғич аралашма оғирлик куч таъсирида фазаларга ажрайди. Енгил фаза тепага кўтарилади ва тиндиргичнинг юкорисида жойлашган штуцердан оқиб чикади. Оғир фаза эса, ўнг тўсиқ 3 остидан ўтиб пастга тушади ва курилма тубидаги штуцердан окиб чикади.

Чўктирувчи центрифуга. Бу турдаги курилмалар ротори яхлит металлдан тайёрланади (5.9-расм). Уларнинг ишлаш принципи худди тиндиргичникига ўхшашдир. Бошланғич аралашма курилма ротори 4га труба 1 оркали узатилади. Ротор 4 нинг айланиши натижасида марказдан кочма куч таъсирида зичлиги юкори бўлган заррачалар роторнинг ички юзасига тўпланади, зичлиги камроғи эса, айланиш ўкига якинрок жойда йиғилади. Тозаланган суюклик, яъни фугат, кобик 3 даги штуцер 5 оркали ташкарига чикарилади. Ротор деворида ҳосил бўлган чўкма эса, жараён тугагандан сўнг тўкилади.



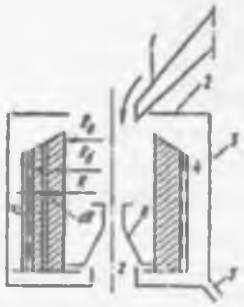
5.8-расм. Эмульсияларни узлуксиз ажратиш учун тиндиргич:
1 - кобик; 2 - чап тўсик, 3 - ўнг тўсик



5.9-расм. Чўктирувчи центрифуга:
1 - суспензия юклаш штуцери, 2 - чўкма тушириладиган штуцер, 3 - кобик, 4 - ротор, 5 - фугат чикариш штуцери, 6 - конус

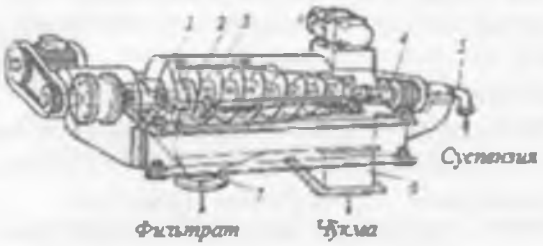
Фильтрловчи центрифуга. Ушбу центрифуга кобик 3 ичида ўрнатилган айланувчи ротор 4 дан ташкил топган. Ротор девори тешик, тўрсимон бўлиб, унинг ички юзаси фильтрловчи материал билан копланган (5.10-расм).

Ротор электр юриткич ёрдамида айлантирилади. Айланма ҳаракат туфайли ротор 4 ичидаги суюкликка марказдан кочма куч таъсир кила бошлайди. Натижада гидростатик босим ҳосил бўлади ва у жараённи ҳаракатга келтирувчи кучи деб аталади. Ушбу куч таъсирида аралашма фильтрловчи материал ва ротор деворида ҳосил бўлган чўкма катламидан ўтиб тозаланади. Бундай центрифугаларда жараён уч боскичда ўтади: а) чўкма ҳосил килиш ва фильтрлаш; б) чўкма катламининг зичланиши; в) чўкмадан суюк фазани ажратиш. Жараёнда ҳосил бўлган фугат штуцер 5 дан ташкарига чикарилади. Жараён тамомлангандан сўнг, чўкма сув билан ювилади. Ҳамма боскичлар тугагандан кейин центрифуга тўхтатилади, сўнг эса конус 6 тепага кўтарилади ва чўкма тўкилади.



5.10-расм. Фильтрловчи центрифуга: 1 - суспензия бериш трубаси; 2 - чўкма чикиш штуцер, 3 - кобик, 4 - ротор, 5 - фугат чикариш штуцери, 6 - конус

Узлуксиз ишлайдиган, чўкмани шнекда



5.11-расм. Узлуксиз ишлайдиган, чўкмани шнекда тўкувчи горизонтал чўктирувчи центрифуга:
1 - кобик, 2 - ротор, 3 - шнекли мослама, 4 - говак ўк, 5 - марказий труба, 6 - чўкма камераси, 7 - фугат чикариш патрубкаси

тўкувчи горизонтал чўктирувчи центрифуга (НОГШ). Ушбу курилма ротор 2 ва кобик 1 да ўрнатилган шнекли мослама 3 лардан таркиб топган (5.11-расм). Суспензия марказий труба 5 оркали говак ўк 4 га узатилади. Ушбу трубадан чикишда суспензия марказдан кочма куч таъсирида ротор бўшлиғида таксимланади. Кобикдаги говак цапфаларда ротор 2 айланиб туради. Шнек эса, ротор ичидаги цапфаларда айланади. Марказдан кочма куч таъсирида каттик заррачалар ротор деворига караб харакат килади, суюклик эса ички халка хосил килади. Бу суюклик халкасининг калинлиги ротор ён томонидаги тўкиш тешикларининг жойлашиши билан аникланади. Ротор бўйлаб чўкма харакат килганда йўл - йўлакай зичланиб боради. Технологик зарурият бўлса, чўкма ювилиши хам мумкин.

Фугат эса, тўкиш тешиклар оркали фугат камерасига йиғилади ва патрубка 7 дан ташкарига чикарилади.

НОГШ типидаги центрифуга катта иш унумдорликка эга ва юкори концентрацияли майин, дисперс суспензияларни ажратиш учун кўлланилади. Бундай центрифугаларнинг суспензия бўйича иш унумдорлиги ушбу формуладан топилади:

$$V = \frac{3{,}5D_T^2 \cdot L_T(\rho_3 - \rho)d^2n^2}{\mu} \qquad (5.37)$$

бу ерда, D_T, L_T – тўкиш цилиндрининг диаметри ва узунлиги, м; ρ_3, ρ – заррача ва мухит зичликлари, кг/м^3; d – заррачанинг энг кичик диаметри , м; n – роторнинг айланиш частотаси, мин$^{-1}$; μ – динамик ковушоклик коэффициенти. Па·с

Чўктирувчи центрифугалар иш унумдорлиги эса ушбу формуладан ҳисобланади:

$$V = \eta F w_к \qquad (5.38)$$

бу ерда, η – пропорционаллик коэффициенти; $F = 2\pi R_0 L$ – ротордаги суспензия кўзгуси майдонининг юзаси (бу ерда R_0 – суспензия халкасимон катламининг ички радиуси, м; L – ротор узунлиги, м) м^2; $w_к = w_{чк}K$ – марказдан кочма куч таъсиридаги чўкиш тезлиги, м/с (бу ерда, $w_{чк}$ – оғирлик кучи таъсирида чўкиш тезлиги, м/с; K – ажратиш коэффициенти)



5.12-расм. Тарелкали сепаратор:
а - умумий кўриниш, б - тарелкалар ишлаш схемаси. 1-кобик, 2-ички сопло, 3-узатма, 4-ром, 5-ишчи ўкнинг алмашиниш втулкаси, 6-ростловчи труба, 7-ювиш системаси клапани, 8-тарелкалар дастаси

(5.38) тенглама ёрдамида чўкмани пичок билан кесиб оладиган чўктирувчи центрифуга иш унумдорлигини ҳисоблаш формуласини келтириб чикариш мумкин:

$$V = 25{,}3 \cdot \eta L n^2 R_0^2 w_{уд} \cdot k \qquad (5.39)$$

бу ерда k – суспензия ўзатиш вактининг центрифуга умумий ишлаш вактига нисбати

Тарелкали сепаратор. Бу турдаги курилмалар кобик 1 ичида жойлашган ротор ва тарелкалар дастаси 8 лардан таркиб топган (5.12-расм).

Сепараторга суспензия берилиши ташки халкасимон труба оркали амалга оширилади (5.12б-расм).

Суспензия кўп тешикли тарелка остига узатилади ва марказдан кочма куч таъсирида кисман ажратилади. Ундан сўнг, суспензия 2 юкорида жойлашган тарелкалар орасига кўтарилади. Тарелкалар дастаси заррачалар эркин чўкиш масофасини камайтириш ҳисобига сепарация жараёнининг самарадорлигини оширади. Агар ажратиб олинган заррачалар тарелканинг пастки юзасига етиб келган бўлса, унда улар бутун аралашмадан ажратиб олинган деб ҳисобласа бўлади. Чўккан заррачалар ички соплолардан ҳалкасимон трубага ўтади ва сепаратордан чикарилади. Тозаланган суюклик четдаги трубадан чикарилади.

5.8.1. Чўктириш курилмасини ҳисоблаш

Фильтрловчи центрифугани ҳисоблаш. Соатига 70 $м^3$ суспензияни узлукли ишлайдиган фильтрловчи центрифуга ҳисоблансин. Солиштирма оғирлиги γ_1=2700 $кг/м^3$ ва таркибида каттик фаза миқдори C_c=30 %. Суспензия солиштирма оғирлиги γ_2=1000 $кг/м^3$, ковушкоклик коэффициенти μ= $1 \cdot 10^{-6}$ кг·с/ $м^2$. Ушланаётган каттик кристалларнинг минимал ўлчами d= 10 *мкм*. Чўкманинг охирги намлиги W=10% , фугатдаги каттик фаза миқдори $C_ф$=5%.. Каталогдан чўкмани пичоқ билан кесиб оладиган АГ-1800 русумли горизонтал автоматик центрифугани танлаймиз.

АГ-1800 русумли центрифуганинг техник характеристикалари

Ротор ички диаметри ..... D=1800 мм
Ротор ташки диаметри ..... D_1=1848 мм
Ҳалкасимон днишче ички диаметри..... d_o=1300 мм
Роторнинг ички узунлиги..... L=700 мм
Роторнинг ташки узунлиги ..... L_1=780 мм
Роторнинг ишчи ҳажми..... $V_п$=1050 $м^3$
Ротор ҳажмини чўкма б-н тўлдирилиш коэффициенти... ψ_1=0,8
Ротор айланашлар сони..... n=720 об/мин
Юклаш давомийлиги ..... $\tau_з$=2 мин
Кесиш давомийлиги ..... $\tau_п$=2 мин
Пичоқнинг кесиш учининг узунлиги..... b=680 мм

Лаборатория центрифугасида олинган тажриба маълумотлари :

Ротор диаметри ..... $D_л$=200 мм
Ротор узунлиги..... l=75 мм
Роторнинг фойдали ҳажми ..... $V_п$=1,2 л
Ажратиш омили ..... $Ф_р$=425

шуни кўрсатдики, 9% ли чўкма ҳосил килиш учун уни 5 дакика давомида сикиш керак. Шу билан бирга, чўкма катламининг калинлиги сезиларли равишда центрифугалаш жараёнига таъсир этмади.

Чўкмани тўкиш давомийлиги $\tau_в$=1 мин. бўлгани учун саноат курилмасининг центрифугалаш жараёнининг тўлик цикли ушбу тенгламадан ҳисоблаб топилади:

$$\tau_1 = \tau + \tau_в = 5 + 1 = 6\ мин.$$

$\tau_{ср} = \tau_1$=6 мин. бўлганда центрифугалаш циклининг тўлик давомийлиги қуйидагича аникланади:

$$\tau_0 = \tau_1 + \tau_{ср} = 6 + 6 = 12\ мин.$$

Фильтрлаш босими ўзгармас килиб ушлаб турилганда ва τ^{a}_{1}= 10 мин. бўлганда 8 л фугат олинган.

Роторнинг бурчак тезлиги:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3{,}14 \cdot 720}{30} = 75{,}4\, c^{-1}$$

Ажратиш омили эса,

$$\Phi_p = \frac{\omega^2 \cdot D}{2g} = \frac{75{,}4 \cdot 1{,}8}{2 \cdot 9{,}81} = 522$$

Унда, роторнинг фойдали хажми V_n= 1050 л ва ажратиш омили Φ_p=700 бўлган АГ-1800 русумли центрифуганинг ўртача унумдорлиги куйидагига тенг бўлади:

$$V_{cp} = V_n \cdot \sqrt{\frac{D \cdot L \cdot \Phi_p \cdot V_n \cdot \tau_1}{D_n \cdot l \cdot \Phi_n \cdot V_n \cdot \tau_1^a}} = \frac{8 \cdot 60}{10 \cdot 10^3} \cdot \sqrt{\frac{1{,}8 \cdot 0{,}7 \cdot 700 \cdot 1050 \cdot 6}{0{,}2 \cdot 0{,}075 \cdot 425 \cdot 1{,}2 \cdot 10}} = 12{,}9\, м^3 / соат$$

Шундай килиб, соатига 70 м^3 суспензияни ажратиш учун АГ-1800 русумли 7 та центрифуга ўрнатилиши зарур.

Суспензиянинг ҳажмий оғирлиги

$$\gamma_c = \frac{100\gamma_1 \cdot \gamma_2}{100\gamma_1 - (\gamma_1 - \gamma_2) \cdot C_c} = \frac{100 \cdot 2700 \cdot 1000}{100 \cdot 1000 - (2700 - 1000) \cdot 30} = 1230\, кг / м^3$$

Чўкманинг ҳажмий оғирлиги

$$\gamma_{oc} = \frac{100\gamma_1 \cdot \gamma_2}{100\gamma_2 + (\gamma_1 - \gamma_2) \cdot W} = \frac{100 \cdot 2700 \cdot 1000}{100 \cdot 1000 + (2700 - 1000) \cdot 10} = 2308\, кг / м^3$$

Суспензиядаги суюк фазанинг ҳажмий улуши:

$$\alpha = \frac{\gamma_1 - \gamma_c}{\gamma_1 - \gamma_2} = \frac{2700 - 1230}{2700 - 1000} = 0{,}865$$

Нам чўкмадаги суюк фаза улуши:

$$\beta = \frac{\gamma_1 - \gamma_{oc}}{\gamma_1 - \gamma_2} = \frac{2700 - 2308}{2700 - 1000} = 0{,}230$$

Ишчи ҳажмнинг тўлик ҳажмга нисбати:

$$\psi = 1 - \frac{d_o^2}{D^2} = 1 - \frac{1{,}3^2}{1{,}8^2} = 0{,}48$$

Ажратилаётган суспензияга кинетик энергия бериш учун сарфланадиган қувват:

$$N_1 = \frac{\psi_1 \cdot \Phi_p \cdot V_n \cdot D}{300 \cdot \tau} \cdot \left[\left(1 - \frac{\psi_1 \cdot \psi}{2} \right) \cdot \gamma_{oc} + (\alpha - \beta) \cdot \gamma_2 \right] =$$

$$= \frac{0{,}8 \cdot 700 \cdot 1050 \cdot 1{,}8}{300 \cdot 2 \cdot 60} \cdot \left[\left(1 - \frac{0{,}8 \cdot 0{,}48}{2} \right) \cdot 2308 + (0{,}865 - 0{,}230) \cdot 1000 \right] =$$

$$= 75{,}33\, о.к. = 55405{,}1\, Вт$$

бу ерда $\tau = \tau_1 \cdot 60$, секунд.

Юкланмаган ротор оғирлиги G_p=3200 кг,
Чўкма оғирлиги

$$G_{ck} = V_n \cdot \psi_1 \cdot \gamma_{ck} = 1{,}05 \cdot 0{,}8 \cdot 2300 = 1932\ кг$$

Юкланаётган хом-ашё ва ротор оғирлиги :

$$G = G_p + G_{ck} = 3200 + 1932 = 5132\ кг$$

Подшипникка таъсир этаётган динамик юклама ушбу усулда ҳисобланади:

$$P = Q \cdot \left(1 + 0{,}002 \cdot \Phi_p\right) = 12317\ кг$$

Подшипникдаги ишкаланишни енгиш учун сарфланадиган қувват ушбу тенгламадан топилади:

$$N_2 = \frac{Pd\omega}{150} = \frac{0{,}01 \cdot 9750 \cdot 0{,}16 \cdot 75{,}4}{150} = 7{,}8 о.к. = 5736{,}9\ Вт$$

бу ерда $d = d_1 = d_2 = 0{,}16$ м.

Ротор ва суспензиядаги ишкаланишни енгиш учун сарфланадиган қувват қуйидаги тенгликдан аникланади:

$$N_3 = 15{,}4 \cdot 10^{-6} \cdot \gamma \cdot L^1 \cdot \omega^3 \cdot \left(r^4 + R^4\right) = 15{,}4 \cdot 10^{-6} \cdot 1{,}3 \cdot 0{,}78 \cdot 75{,}4^3 \left(0{,}65^4 + 0{,}924^4\right) =$$
$$= 6{,}15\ о.к. = 4743{,}9\ Вт$$

Агар чўкма калинлиги қуйидагига тенг бўлса,

$$\Delta = R - r_ч = R - \sqrt{R^2 - \frac{V_ч}{\pi L}} = 0{,}9 - \sqrt{0{,}9^2 - \frac{0{,}84}{3{,}14 \cdot 0{,}7}} = 0{,}244 м$$

$$V_ч = V_n \cdot \psi_1 \cdot 10^{-3} = 1{,}05 \cdot 0.8 \cdot 10^{-3} = 0{,}84\ м^3$$

Уни киркиш учун сарфланадиган қувват ушбу формуладан топилади:

$$N_4 = \frac{\pi \cdot b \cdot \Delta \cdot \left(R - \frac{\Delta}{2}\right) \cdot k \cdot 10^5}{225 \tau_{ср}} = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}68 \cdot 0{,}244 \left(0{,}9 - \frac{0{,}244}{2}\right) \cdot 0{,}4 \cdot 10^5}{225 \cdot 2} =$$

$$36\ о.к. = 26477.9\ Вт$$

Шундай килиб, центрифугани нормал ишлаши учун зарур бўлган қувват қуйидагига тенг:

а) хом-ашёни юклаш даврида

$$N_{юклаш} = N_1 + N_2 + N_3 = 75{,}33 + 9{,}9 + 6{,}15 = 91{,}4 о.к. = 67316\ Вт$$

б) маҳсулотни киркиш вактида

$$N_{киркиш} = N_2 + N_3 + N_4 = 9{,}9 + 6{,}15 + 36 = 52{,}05\ о.к. = 38282.7\ Вт$$

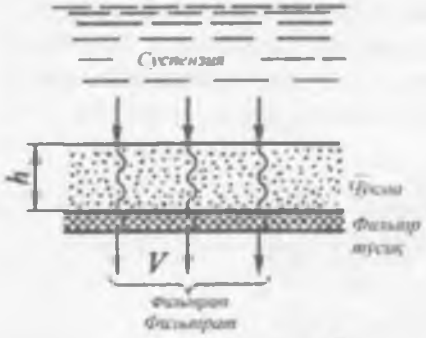
5-боб. Гидромеханик жараёнлар бўйича
Мустакил тайёрланиш ва кайтариш учун саволлар

1. Турли жинсли система нима?
2. Дисперс ва дисперсион фазалар нима?
3. Турли жинсли система кандай гурухларга бўлинади?
4. Суспензия нима?
5. Эмульсия нима?
6. Кўпик нима?
7. Чангнинг таърифини беринг.
8. Тутун газ таърифини беринг.
9. Туман таърифини беринг.
10. Турли жинсли системаларни кандай ажратиш усуллари мавжуд?
11. Қаттик жисмни суюкликда чўкиш механизми ва чўкиш тезлиги формуласини ёзинг.
12. Қаттик жисмни газда чўкиш механизми ва чўкиш тезлиги формуласини ёзинг.
13. Архимед критерийсининг физик маъноси ва формуласини ёзинг.
14. Марказдан кочма куч таъсирида чўктиришнинг механизми.
15. Марказдан кочма куч ва унинг формуласини ёзинг.
16. Ажратиш коэффициентининг маъноси ва нимани аниклаш имконини беради?
17. Қия тўсикли тиндиргич конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
18. Эшкак аралаштиргичли тиндиргич конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
19. Эмульсияларни ажратувчи тиндиргич конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
20. Чўктирувчи центрифуга конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
21. Фильтрловчи центрифуга конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.

ФИЛЬТРЛАШ

5.9. Умумий тушунчалар

Турли жинсли системаларни ғовак фильтр тўсиклар ёрдамида фазаларга ажратиш жараёнига **фильтрлаш** дейилади. Фильтр тўсиклар аралашманинг каттик (дисперс) фазасини ушлаб колади, суюк (дисперсион) фазасини ўтказиб юбориш кобилиятига эга. Фильтр тўсиклар ёки бундан буён фильтрлар сифатида ғовакли материаллар қўлланилади (масалан, тўр пардалар, картон, газламалар, сочилувчан материаллар, шағал, қум, ғовак полимер материаллар, керамика, металлокерамика ва бошкалар).



5.13-расм. Фильтр тўсиқ ва чўкма катлами орқали суюқликнинг ўтиш схемаси.

Фильтрлаш жараёни босимлар фарки ёки марказдан кочма кучлар майдони таъсирида амалга оширилади.

Фильтрлаш интенсивлиги суспензия сифати, яъни дисперс фаза чўкмаси каршилигининг микдорига, картон, шилимшик ва коллоид моддалар бор-йўклигига боғликдир.

Турли жинсли системаларни ажратиш пайтида фильтр конструкцияси ёки фильтрловчи центрифуга, фильтр тўсиқ ва фильтрлаш режимларини танлаш зарурати туғилади.

Кимё ва бошка саноатларда чўкма ҳосил килиш йўли билан фильтрлаш кенг таркалган.

Суюклик ва газсимон турли жинсли системаларни фильтрлаш уларни тозалаш, яъни каттик фазани ажратиш учун қўлланилади.

Кимё, нефть-газни кайта ишлаш ва бошка саноатларда газларни тозалаш учун фильтрлаш жараёни кенг кўламда ишлатилади.

Фильтрлаш жараёнида сикилувчи ва сикилмайдиган чўкмалар ҳосил бўлади. Сикилувчи чўкма заррачалари босим ортиши билан катлам деформацияга учрайди ва унинг ўлчами камаяди. Сикилмайдиган чўкмада босим кўпайиши билан катлам шакли ва ўлчами ўзгармайди.

Амалда фильтрлашдан кейин қуйидаги қўшимча жараёнлар қўлланилади:

а) чўкмани ювиш;

б) чўкмани ҳаво ёки инерт газлар оқими билан тозалаш;

в) чўкмани куритиш.

Фильтрлаш жараёнининг унумдорлиги ва олинган фильтратнинг тозалиги фильтр тўсиклар хусусиятларига боғлик. Фильтр тўсиклар ғовак, тешиклари катта ва гидравлик каршилиги кичик бўлиши керак. Фильтр тўсиклар тузилишига караб эгилувчан ва эгилмас бўлади.

Фильтр тўсиклар тепа ва остки кисмидаги босимларнинг ***фарқи фильтрлаш жараёнининг ҳаракатлантирувчи кучи*** деб ҳисобланади.

Ҳаракатлантирувчи кучлар турига караб фильтрлаш жараёни икки гуруҳга бўлинади:

а) босимлар фарки таъсирида ажратиш (фильтрлаш);

б) марказдан кочма куч таъсирида ажратиш (центрифугалаш).

5.10. Фильтрлаш турлари

Турли жинсли системаларни ажратиш пайтида фильтр тўсик тури ва суспензия хоссаларига караб, фильтр тўсик юзасида чўкма ҳосил килиш, фильтр ковакларини тўлдириш ва

ҳам биринчи, ҳам иккинчи ҳодисалар биргаликда келган (оралиқ) ҳолатларда фильтрлаш жараёнини ташкил этиш мумкин.

Фильтр тўсиқ юзасида чўкма ҳосил қилиб фильтрлаш жараёни каттиқ жисм заррачаларининг диаметри $d_з$, ковак диаметри d дан катта бўлганда рўй беради (5.14а-расм).

Бу усул суспензия таркибидаги каттиқ фаза концентрацияси 1% (масс) дан ортиқ бўлганда қўлланилади, чунки бунда фильтр тўсиқ ковагига кириш жойида гумбазчалар ҳосил бўлиши учун қулай шароитлар яратилади. Гумбазчалар ҳосил бўлиши, чўкиш тезлиги ва суспензия концентрациясининг ортишига имконият тугдиради.

Ковакларни тўлдириш усулида фильтрлаш (5.14б-расм) фильтр тўсиқ ковакларига каттиқ заррачалар кириб тўлдирганда рўй беради. Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, фильтрлаш жараёнининг бошланғич давридаёқ, каттиқ заррачалар тўсиқ ковакларини тўлдириб бошлайди. Бу ҳодиса, албатта фильтр қурилмалар иш унумдорлигини пасайтиради. Жараённи керакли даражада ушлаб туриш учун фильтр тўсиқни биринчи ҳолатини тиклаш, яъни фильтрлашга яроқли қилиш керак. Бунинг учун тўсиқлар суюқлик оқими билан ювилади ёки тўсиқ металлдан ясалган бўлса, қиздириб куйдирилади.



5.14-расм. Фильтрлаш схемаси:
1 - чўкма ҳосил қилиб фильтрлаш;
2 - тўсиқ ковакларини тўлдириб фильтрлаш.

Оралиқ фильтрлаш усули бир вақтнинг ўзида ҳам фильтр тўсиқ юзасида чўкма ҳосил қилиш, ҳам ковакларни тўлдириб, фильтрлаш усуллари рўй берганда амалга ошади.

Ушбу усулда кичик концентрацияли суспензияларни фильтрлаш жараёни тезлигини ошириш учун қўшимча моддалар иштирокида олиб борилади. Жараёндан аввал фильтр тўсиқ юзаси қўшимча модда билан қопланади. Қўшимча моддалардан қилинган қоплама тўсиқ ковакларини тўлиб қолишдан сақлайди. Қўшимча моддалар сифатида ўта майин кўмир, перлит, асбест, кизельгур, фиброфло, асканит ва бошқа материаллар қўлланилиши мумкин.

Хулоса қилиб айтганда, фильтрлаш жараёни интенсивлиги ва фильтр қурилманинг иш унумдорлиги фильтрлаш тезлигига боғликдир.

5.11. Фильтрлаш жараёнининг назарий асослари

Фильтр тўсикнинг пастки ва тепа қисмларидагн босимлар фаркига ёки марказдан қочма кучга фильтрлаш жараёнини ҳаракатга келтирувчи кучи деб айтилади.

Босимлар фаркини турли усуллар: фильтр тўсикнинг тепа бўшлиғида ортикча босим барпо этиш ёки пастки қисмини вакуум трубага улаш йўли билан ҳосил қилиш мумкин. Бундай ҳолатларда фильтрлаш ўзгармас босимлар фаркида боради ва жараён тезлиги босимлар фаркига тўғри ҳамда чўкма катлами каршилигига тескари пропорционалдир.

Фильтрлаш жараёни эса қуйидаги кинетик тенглама билан ифодаланади:

$$\frac{dV}{Fd\tau} = \frac{\Delta p}{\mu\left(R_ч + R_{фил}\right)} \qquad (5.40)$$

бу ерда, V – фильтрат ҳажми, м^3; F – фильтрлаш юзаси, м^2, τ – фильтрлаш вақти, с, Δp – босимлар фарқи, Н/м^2; μ – динамик қовушоқлик, Пас, $R_ч$, $R_{фил}$ – чўкма ва фильтр тўсиқлар қаршилиги, м$^{-1}$.

1 м^3 фильтрат олинганда $x_ч$ (м^3) миқдорда чўкма ҳосил бўлади деб қабул киламиз. Унда,

$$x_ч \cdot V = h_ч F \qquad (5.41)$$

бу ерда, $h_ч$ – чўкма қатлами баландлиги, м.

Бу формуладан:

$$h_ч = \frac{x_ч \cdot V}{F}$$

Чўкма катламининг каршилиги унинг баландлигига пропорционал деб фараз қиламиз.

$$R_ч = r_ч h_ч = \frac{r_ч x_ч V}{F} \qquad (5.42)$$

бу ерда, $r_ч$ – чўкманинг солиштирма каршилиги, м$^{-2}$.

Агар (5.42) ни (5.40) га қўйсак, ушбу кўринишга эга бўламиз:

$$\frac{dV}{Fd\tau} = \frac{\Delta p}{\mu \cdot \left(\frac{r_ч x_ч V}{F} + R_{фм} \right)} \qquad (5.43)$$

(5.43) тенглик ***фильтрлаш жараёнининг асосий тенгламаси*** деб аталади.

Фильтр тўсик каршилиги ҳисобга олинмаса, қуйидаги тенглама ҳолатига келамиз:

$$r_ч = \frac{\Delta p}{\mu h_ч \cdot w} \cdot \qquad (5.44)$$

бу ерда, w – фильтрлаш тезлиги.

Фильтрлаш жараёнининг бошланғич фурсати учун, яъни $V = 0$ да, $R_{фм} = \Delta p / (\mu w)$.

$\Delta p = const$ бўлган ҳолат учун (5.43) тенгламани интегралласак (0 - V ва 0 - τ ораликда), ушбу тенглама келиб чикади:

$$V^2 + 2\frac{R_{фм} \cdot F}{r_0 x_0} \cdot V = 2\frac{\Delta p F^2}{\mu r_ч x_ч} \cdot \tau \qquad (5.45)$$

Олинган ушбу тенглама сикиладиган ва сикилмайдиган чўкмалар учун қўлласа бўлади ва у фильтрат ҳажми ортиши билан фильтрлаш тезлиги камайишини кўрсатади.

(5.45) тенгламани фильтрлаш вакти τ га нисбатан ечсак, ушбу ифодага эришилади:

$$\tau = \frac{\mu x_ч r_ч}{2\Delta p}\left(\frac{V}{F}\right)^2 + \frac{R_{фм} \cdot V}{\Delta p \cdot F} \qquad (5.46)$$

ёки (5.41) ни ҳисобга олсак

$$\tau = \frac{\mu r_ч}{2\Delta p x_ч} h_ч^2 + \frac{R_{фм}}{\Delta p x_ч} h_ч \qquad (5.47)$$

Шундай килиб, фильтрлаш вакти олинган фильтрат ҳажми квадратига тўғри пропорционалдир.

Охирги тенгламани фильтрнинг солиштирма иш унумдорлиги ($V_f = V/F$) га нисбатан ечсак, қуйидаги кўринишга эга бўламиз:

$$V_f = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\mu x_ч r_ч}\tau + \left(\frac{R_{фм}}{\mu x_ч r_ч}\right)^2} - \frac{R_{фм}}{\mu x_ч r_ч} \qquad (5.48)$$

Ўзгармас тезлик $w = const$ ҳолат учун (5.43) дан ушбу тенгламани оламиз:

$$V^2 \mu x_ч r_ч + R_{фм} V F \mu = \Delta F^2 \tau \qquad (5.49)$$

ёки

$$V^2 + \frac{R_{фил} \cdot F}{r_ч x_ч} V = \frac{\Delta p F^2}{\mu r_ч x_ч} \tau$$

бу тенгламадан:

$$\Delta p = \mu \alpha_ч r_ч \left(\frac{V}{F}\right)^2 \frac{1}{\tau} + \mu R_{фил} \left(\frac{V}{F}\right) \frac{1}{\tau} \qquad (5.50)$$

ёки

$$\Delta p = \mu \alpha_ч r_ч w^2 + \mu R_{фил} w$$

Шундай килиб, фильтрлаш вакти ортиши билан босимлар фарки кўпаяди:

$$\tau = \frac{\mu \alpha_ч r_ч}{\Delta p} \left(\frac{V}{F}\right)^2 + \frac{R_{фил}}{\Delta p} \frac{V}{F} \qquad (5.51)$$

яъни олинган фильтрат ҳажми квадратига тўғри пропорционал.

Фильтрнинг солиштирма иш унумдорлиги ($м^3/м^2$):

$$V_f = \sqrt{\frac{\Delta p}{\mu \alpha_ч r_ч} \tau + \left(\frac{R_{фил}}{2\mu \alpha_ч r_ч}\right)^2} - \frac{R_{фил}}{2\mu ч_ч \kappa_ч} \qquad (5.52)$$

Амалда чўкма ҳажмининг фильтрат ҳажмига нисбати $x_ч$, чўкма катламининг солиштирма ҳажмий каршилиги $r_ч$ ва фильтр тўсик каршиликлари тажриба йўли билан аникланади.

Агар, $F = 1\ м^2$ бўлган ҳол учун (5.45) тенгламани ушбу кўринишда ёзиш мумкин:

$$V^2 + 2CFV = 2KF^2\tau \qquad (5.53)$$

бу ерда, C – фильтр тўсик гидравлик каршилигини характерловчи фильтрлаш константаси, $м^3/м^2$; K - фильтрлаш режими ва суюкликдаги чўкманинг физик-кимевий хоссаларини ҳисобга олувчи фильтрлаш константаси, $м^2/с$

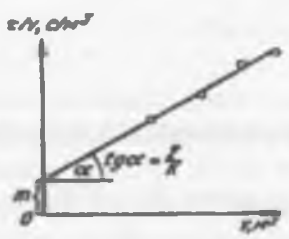
$$C = \frac{R_{фил}}{r_ч \cdot x_ч} \qquad (5.54)$$

$$K = \frac{2\Delta p}{\mu r_ч x_ч} \qquad (5.55)$$

Агар (5.53) тенгламага ўзгартириш киритсак, ушбу кўринишга эга бўламиз:

$$\frac{\tau}{V} = \frac{2V}{K} + \frac{2C}{K} \qquad (5.56)$$

Кўриниб турибдики, (5.56) тенглик абсциссага α кия бурчак остида жойлашган тўғри чизик тенгламаси. Ушбу бурчак тангенси $tg\ \alpha = 2/K$ тенг ва у ордината ўкида $m = 2C/K$ кесмани ажратади (5.15-расм).



5.15-расм. Фильтрлаш константасини аниклашга доир.

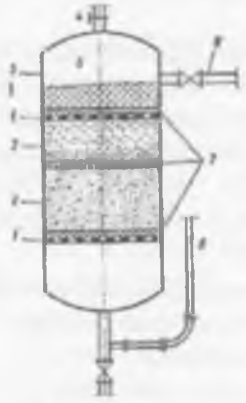
Ушбу тўғри чизикни куриш учун абсцисса ўкига ўлчанган $V_1, V_2, ..., V_n$ кийматлари, ордината ўкига эса $\tau_1/V_1, \tau_2/V_2, ..., \tau_n/V_n$ ларнинг тегишли кийматлари қўйилади.

Сўнг, аникланган K ва C кийматлар ёрдамида (5.54) ва (5.55) тенгламалардан $r_ч$ ва $R_{фил}$ лар топилади. Чўкма ва фильтрат ҳажмларини ўлчаш натижасида эса $x_ч$ киймати топилади.

5.12. Фильтрлар

Ишлаш принципига караб, фильтрлар куйидагиларга бўлинади: ўзгармас босимлар фарки ёки ўзгармас фильтрлаш тезлигида ишлайдиган фильтрлар; фильтр тўсикда ҳосил

киладиган босимлар фаркига караб, вакуум ёки ортикча босим остида ишлайдиган курилмалар; жараённи ташкил этишга караб, узлукли ёки узлуксиз ишлайдиган курилмалар.



5.16-расм. Кумли фильтр:
1 - турли дисклар, 2 - кум, 3 - кобик, 4 – хаво жумраги, 5 – суспензия кириш трубаси, 6 – пахта, 7 – фильтровчи тўкима, 8 - фильтратни чикариш трубаси

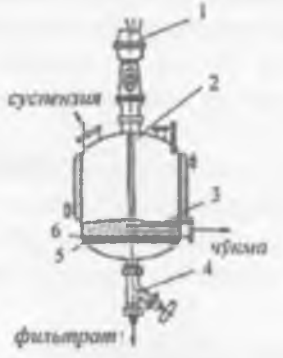
Босим остида ишлайдиган курилма бир неча турга, яъни гидростатик босим, насос ёки компрессор ёрдамида хосил килинган, вакуум ва марказдан кочма куч таъсирида хосил бўлган босимларда ишлайдиган фильтрларга бўлинади.

Технологик максадларга караб, курилмалар икки турга бўлинади: а) суюкликларни тозалаш фильтрлари; б) газларни тозалаш фильтрлари.

Фильтр тўсикларнинг турига караб, донасимон материаллар, турли газламалар ва каттик материаллар (керамика, тўр) ёрдамида турли жинсли системаларни тозалайдиган фильтрларга бўлинади.

Кумли фильтр. Бу курилма донасимон материалли фильтрлар гуруҳига оид (5.16-расм).

Бу турдаги фильтрлар суспензия таркибида каттик фаза миқдори кам бўлган ҳолларда, яъни кимё, нефть-газни кайта ишлаш саноатларида суюкликларни фильтрлашда кенг кўламда ишлатилади.



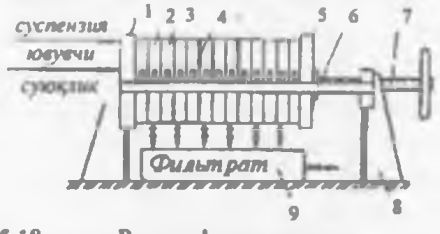
5.17-расм. Аралаштиргичли нутч – фильтр:
1-узатма, 2-фильтр кобиги, 3-аралаштиргич, 4-тўкиш жумраги, 5-фильтр тўсик, 6-фильтровчи тўкима

Фильтрнинг цилиндрик кобиғида иккита тўрли диск бўлиб, улар курилмани 3 кисмга ажратади: юкори - суспензия окиб кирувчи, ўрта - фильтровчи ва куйи – йиғувчи. Иккала диск орасида фильтровчи кум катлами жойлашган бўлиб, у йирик ва майда фракциялардан иборат бўлади. Фракциялар фильтр тўкима билан ажратилган. Юкори ва куйи дисклар хам фильтр тўкима билан копланган бўлади. Фильтрланувчи суюклик 0,02....0,03 МПа босимда курилма тепасидан юборилади, фильтрат эса пастки кисмдан чикарилади. Фильтрлаш тезлиги 250...750 кг/(м^2·соат).

Ушбу фильтр тузилиши содда, фильтрлаш сифати эса юкори.

Лекин хажм бирлигида фильтровчи юза кам ва жараён тезлиги паст бўлгани учун, фильтрнинг иш унумдорлиги жуда кичик. Ундан ташкари, фильтр - кумни алмаштириш кийин ва кўп вакт талаб килади.

Нутч - фильтр вакуум ёки ортикча босим остида ишлаши мумкин (5.17-расм). Чўкмани чикариб ташлаш учун фильтрга бир парракли аралаштиргич ўрнатилган.



5.18-расм. Ромли фильтр-пресс:
1 - таянч плита, 2 - ром, 3 -плита, 4 - фильтр тўсик, 5 - харакатчан плита, 6 - горизонтал йўналтирувчи, 7 - винт, 8 - станина, 9 - тарнов

Суспензия ва сикилган хаво алохида штуцерлар оркали узатилади. Олинган фильтрат эса, тўкиш жумраги 4 оркали чикарилади. Ундан ташкари, фильтрга сакловчи жўмрак хам ўрнатилган. Фильтрнинг иш цикли куйидаги боскичлардан иборат: суспензия билан тўлдириш; босим остида фильтрлаш; фильтр тўсикдан чўкмани тушириш; фильтр тўсикни кайта тиклаш. Бундай фильтрларда чўкмани ювиш жараёнини хам бир вактда ўтказса бўлади.

Суспензияларни фильтрлаш пайтида фильтр тўсик сифатида картон, бельтинг ва синтетик толаларни кўллаш мумкин. Синтетик толаларнинг афзаллиги шундаки, улар юкори механик му-

стаҳкамлик, термик ва кимёвий чидамлиликка эга. Синтетик толалардан, зичлиги аста - секин ўзгарадиган, фильтр тўсиклар тайёрлаш мумкин.

Бундай фильтр каттик фаза микдори кам бўлган суспензияларни фильтрлашда жуда кўл келади, чунки заррачалар унинг бутун баландлиги бўйлаб чўкади. Фильтрнинг ташки катламида йирик, ички катламларида эса майда заррачалар ушланиб колади. Бундай селектив фильтрлаш жараён тезлиги юкори бўлиши, ковакчалар юзасини тўлиб колиш олдини олади ва фильтрнинг хизмат муддатини узайтиради.

Ромли фильтр - пресс. Бундай фильтрлар суспензияларни тозалаш учун кўлланилади (5.18-расм).

Фильтрловчи блок орасида фильтр тўкима ёки картон жойлашган алмашувчи ром ва плиталардан ташкил топган. Ром ва плиталар йўналтирувчи 6 да сикувчи винт 7 ёрдамида кисиб кўйилади. Одатда фильтр металл станина 8 да ўрнатилади.

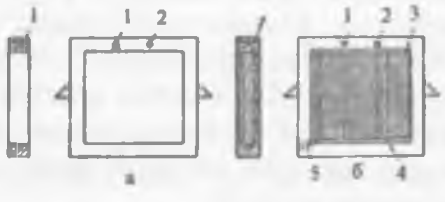
Ҳар бир ром ва плитада суспензияни киритиш ва ювиш суюклигини чикариш каналлари бор (5.19-расм).

Плиталарнинг иккала томонида йигувчи каналлар 4 бўлиб, юкори кисм дренаж ва пастки кисми эса, айланма каналлар билан уланган.

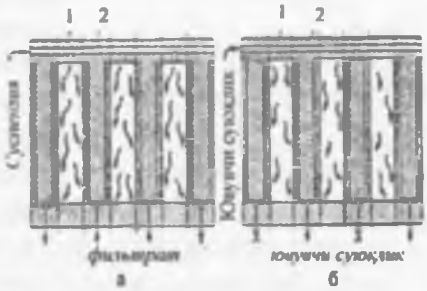
Суспензия босим остида канал оркали ромнинг ичига фильтр материалдан ўтади (5.20а-расм), кейин эса юзасидаги каналчалар оркали пастга тушади.

Фильтрат плитанинг пастки кисмида жойлашган каналча оркали чикиб, умумий тарновга тушади. Ромнинг иккала томони чўкма билан тўлганда, фильтрлаш жараёни тўхтатилади ва тескари йўналишда юкори босимли суюклик юборилиб, чўкма ювилади ва айланма каналлар оркали чикарилади. Шундан кейин ювиш учун сув юборилади ва жараён тугагач плита чапга сурилиб, чўкма тўкилади (5.20б-расм).

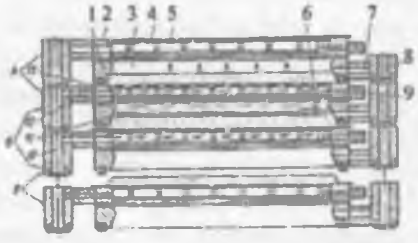
Фильтр - прессниng иш цикли ушбу жараёнлардан иборат: ишга тайёрлаш; фильтрлаш; ювиш; чўкмани тўкиш. Даврий ишлайдиган фильтр курилмаларда ёрдамчи жараёнларни бажариш учун иш циклининг 30% га якин вакти сарфланади ва чўкмани тўкиш кўп мехнат талаб килади. Бу турдаги фильтрларда фильтр тўкималар сарфи катта ва уларни алмашти-



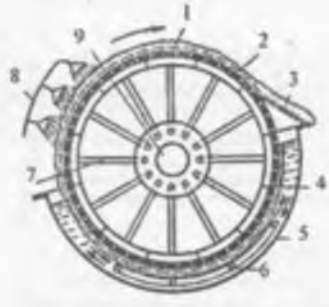
5.19-расм. Фильтр-пресс роми (а) ва плитаси (б).
1, 2 - суспензия ва ювиш суюклиги кириш каналлари; 3 - дренаж канали; 4 - йигиш канали; 5 - айланма канал.



5.20-расм. Ромли фильтр-пресс ишлаш схемаси:
а - фильтрлаш; б - чўкма ювиш;
1 - ром, 2-плита.



5.21-расм. Горизонтал камерали фильтр - пресс (ФПКАМ).
1-пастки плита, 2-тепа плита, 3-суспензия ва чўкма учун бўшлик, 4-тешикли диск, 5-фильтрат учун бўшлик, 6-эгилувчан диафрагма, 7, 9, 12-каналлар, 8-суспензия учун коллектор, 10-фильтратни чикариш коллектори, 11-сув учун бўшлик, 13-фильтр тўкима.



5.22-расм. Барабанли вакуум-фильтр:
1-тешикли барабан, 2-фильтр тўкима, 3-чўкмани кесиб турувчи пичок, 4-секция, 5-тогора, 6-аралаштиргич, 7-труба, 8-суюклик пуркагич, 9-бош таксимлагич.

риш кийин. Узлуксиз ишлайдиган курилмаларда ушбу камчиликлар бартараф этилган, чунки бу фильтрларда фильтрлаш, чўкмани куритиш, ювиш, ажратиш жараёнлари бир вактда содир бўлади.

Фильтр - пресс (ФПАКМ). Бундай фильтрда чўкмани тўкиш механизациялашган. Ушбу курилма камерали, автоматлаштирилган фильтр бўлиб, температураси 80°С, концентрацияси 10...500 кг/м^3 ли майин дисперс суспензияларни ажратиш учун қўлланилади. Бу турдаги фильтр даврий ишлайдиган бўлади.

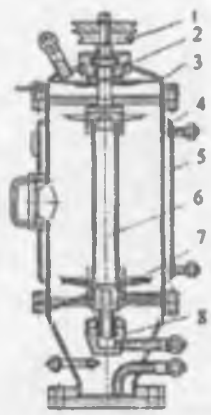
Кўпинча бу фильтр - прессларда бир - бирига зич жойлашган бир катор тўртбурчак шаклдаги фильтрлардан иборат (5.21-расм).

Тўртбурчак фильтрларнинг бундай жойлашиши солиштирма фильтрлаш юзасининг кўпайишига олиб келади.

Агар фильтр *А* ҳолатда бўлса, коллектор 8 дан камерага ажратиш учун суспензия, ювиш учун суюклик ва чўкмани кисман куритиш учун сикилган ҳаволар кетма - кет келади. Сўнг фильтрат, ювиш суюклиги ва ҳаво каналлар 12 оркали коллектор 10 га чикарилади.

Фильтрнинг *Б* ҳолатида каналлар 9 оркали бўшлик 11 га босим остида сув узатилади. Натижада эгилувчан эластик диафрагма *G* ёрдамида чўкма сикилади. Ундан кейин, *В* ҳолатда плиталар сурилади ва ҳосил бўлган тиркишлардан чўкма тўкилади.

Барабанли вакуум - фильтр. Бу турдаги фильтрлар концентрацияси 50 ... 500 кг/м^3 бўлган суспензияларни узлуксиз равишда ажратиш учун ишлатилади (5.22-расм). Қаттик заррачалар кристалл, толали аморф ва коллоид тузилишга эга бўлиши мумкин. Фильтр иш унумдорлиги каттик заррачалар тузилишига боғлик ва юкорида келтирилган кетма - кетликда пасайиб боради.



5.23-расм. Дискли фильтр:
1 - шкив; 2 – сальникли кистирма;
3 - копкоклар; 4 - фильтр кобик;
5 - гилоф; 6 - говак ўк; 7 – фильтрловчи элемент; 8 - подпятник.

Фильтрнинг асосий кисми горизонтал барабан бўлиб, у электр юриткич ёрдамида аста - секин айлантирилади. Одатда унинг 0,3...0,4 кисми суспензияли тоғорага тушиб туради. Тоғора ичида силкиниб турувчи аралаштиргич суспензия таркибини бир хил бўлишини таъминлайди, яъни унинг таркибидаги заррачаларни чўкмага тушишига тўскинлик килади. Барабан иккита цилиндрдан тузилган бўлади. Ташки цилиндр элаксимон бўлиб, унинг устига сим тўр тортилган.

Сим тўрнинг усти эса, фильтр тўкима билан копланган. Барабаннинг фильтрловчи тўсикларидан фильтрат вакуум остида сўриб олинади. Фильтрнинг устида суспензиядаги каттик заррачалар чўкма катламини ҳосил килади. Бу чўкма пичок ёрдамида барабаннинг устки кисмидан узлуксиз равишда кесиб олинади. Барабаннинг ички кисми тўсиклар ёрдамида алоҳида секторларга бўлинган. Каналлар эса фильтрлаш жараёнининг ҳамма цикларини бевосита фильтр ишлашини бошкарувчи бош таксимлагич билан бириктирилган. Бош таксимлагичда иккита диск бўлиб, бири айланма ҳаракат килса, иккинчиси – кўзғалмасдир. Қўзғалмас дискдаги тешиклар трубалар оркали вакуум – насос ҳамда фильтратни ажратиб олувчи ва ювувчи суюклик билан чўкмани ажратиш ва фильтр тўкимани тозалаш учун сикилган ҳаво берувчи компрессор билан уланган бўлади.

Айланувчи дискнинг ҳар бир тешиги бирин-кетин кўзғалмас дискнинг тешиклари билан уланади. Шунинг учун барабан бир марта айланганида, фильтрлаш жараёнининг ҳамма боскичлари бажарилади. Биринчи боскичда барабан секциялари вакуум - насос билан уланади ва фильтрат идишга тушади. Кейинги боскичда барабан секциялари ювувчи суюклик билан уланади ва чўкма ювилади. Охирги боскичда барабан секциялари сикилган ҳаво трубалари билан уланиб, чўкма куритилади ва фильтрлаш юзаси тозаланади.

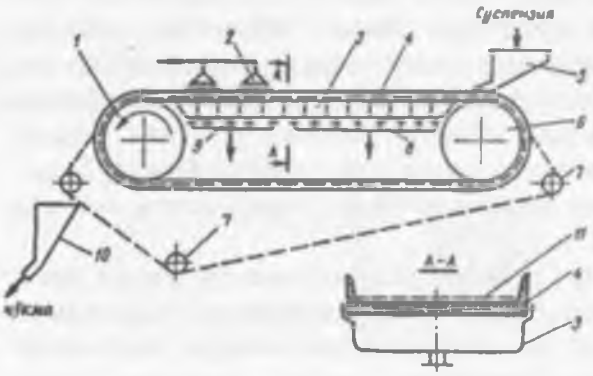
Бу турдаги фильтрларнинг ишчи юзаси 5...150 м^3 бўлади. Камчиликлари: фильтрлаш юзаси катта бўлгани учун кўп жой эгаллайди; фильтрнинг нархи киммат бўлади.

Дискли фильтр. Бу фильтрлар майин дисперс суспензияларни ажратиш учун мўлжалланган бўлиб, қўшимча моддалар ўтиринди катлами билан босим остида ишлайди. Иситадиган ғилофли вертикал идиш кўринишига эга бўлган дискли фильтрларда ишчи босим – 0,5 МПа, ғилоф ичидаги босим эса – 0,3 МПа. Фильтр ичида ғовак ўк 6 бўлиб унга металлдан ясалган тешикли диск фильтр элемент 7 лар ўрнатилган (5.23-расм). Дисклар, ўз навбатида, полипропилен ёки бошка фильтр тўкима билан копланиб, ҳалкасимон кискичлар ёрдамида махкамланади. Дискли фильтрларда кисман куритилган чўкмани марказдан кочма куч ёрдамида тўкиш имконияти бор. Фильтрловчи дисклар ўрнатилган ичи бўш ўк электр ёки гидравлик юриткич ёрдамида айлантирилади. Ўкнинг айланиш частотаси 250 мин$^{-1}$ бўлиб, тефлон сальник ёрдамида зичланади.

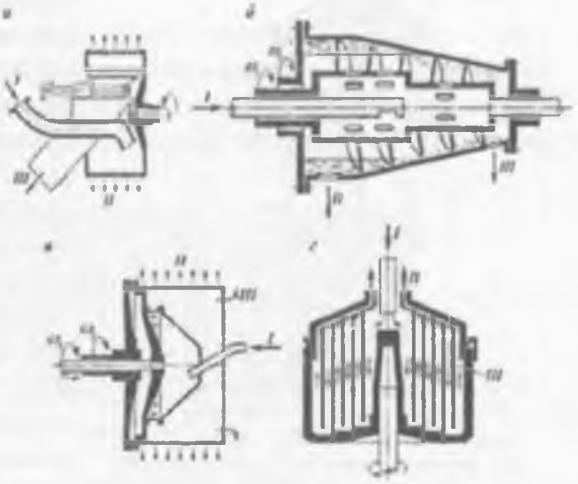
Фильтрлашдан аввал суспензаторда қўшимча моддалардан суспензия тайёрланади ва фильтрловчи элементларга ўтиринди чўкма ҳосил килинади. Бунинг учун, фильтрловчи элементларда 15...30 мм калинликда чўкма пайдо бўлмагунча, насос ёрдамида тайёр суспензия узатилади.

Фильтрат фильтрловчи дискдан ўтиб, ғовак ўкдаги тешиклар оркали ичи бўш ўкга тушади ва фильтрдан суспензаторга чикарилади. Худди шу йўсинда суспензия фильтрланади. Жараён тугагандан сўнг, чўкма ювилади ва ҳаво ёрдамида кисман куритилади.

Лентали фильтр. Бу фильтр ром, узатувчи 1 ва тарангловчи 6 барабанлардан ҳамда икки барабан орасига тортилган тешикли, чексиз узунликдаги резина лента 4 дан таркиб топган (5.24-расм).



5.24-расм. Лентали вакуум - фильтр:
1 - узатувчи барабан; 2 - пуркагич; 3 - вакуум-камера; 4 -резина лента; 5 - ювғич; 6 - тарангловчи барабан; 7 -тарангловчи ғилдиракчалар; 8 - фильтрат чикариш коллектори; 9 - ювувчи сувни чикариш коллектори; 10 – чўкма йиғгич; 11- фильтр тўкима.



5.25-расм. Центрифуга роторларининг конструкциялари:
а-пичок билан тўкиш; б-шнекли тўкиш; в-поршенли тўкиш; г-концентрик цилиндрик тўсиклар билан ω; ω_2-тўкиш мосламаси ва роторнинг бурчак тезликлари; I-суспензия; II-фугат; III-чўкма.

Узатувчи барабанда фильтр тўкима резина лентадан ажрайди ва йўналтирувчи ғилдиракчани айланиб ўтади. Шунда, чўкма фильтр тўкимадан сирпаниб тушади ва чўкма йиғгичга тўкилади. Фильтр тўкима иккита ғилдиракча 7 лар орасидан ўтгунча ювилади, куритилади ва тозаланади.

Тешикли резина лента остида вакуум - камера 3 бўлиб, у пастки кисми билан фильтрат 8 ва ювувчи суюклик чикариш коллектор 9 лари билан уланган. Ҳосил килинаётган вакуум ҳисобига лента вакуум - камеранинг тепа кисмига ёпишиб туради.

Фильтр тўкима эса, тарангловчи ғилдиракчалар 7 ёрдамида чексиз резина лентага сикиб қўйилади.

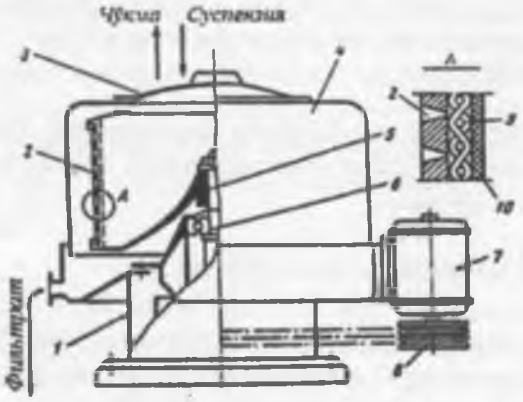
Фильтр тўкимага нов 5 дан суспензия узатилади. Фильтрат вакуум остида камераларга ва коллектор оркали йиғгичга юборилади. Ҳосил бўлган чўкмага пуркагич 2 дан ювувчи сув берилади ва камераларга сўриб олиниб, сўнг коллектор 9 оркали йиғгич 10 га чикарилади.

Узатувчи барабанда фильтр тўкима резина лентадан ажрайди ва йўналтирувчи ғилдиракчани айланиб ўтади. Шунда, чўкма фильтр тўкимадан сирпаниб тушади ва чўкма йиғгичга тўкилади. Фильтр тўкима иккита ғилдиракча 7 лар орасидан ўтгунча ювилади, куритилади ва тозаланади.

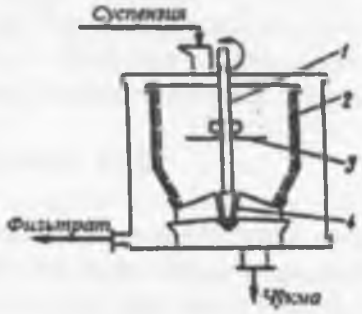
Фильтрловчи центрифугалар даврий ва узлуксиз ишлайдиган бўлиб, ўкининг жойлашига караб вертикал ва горизонтал бўлади. Жараён мобайнида ҳосил бўладиган чўкмани тўкишига караб - қўлда тўкадиган, гравитацион, марказдан кочма ва узлукли тўкадиган центрифугаларга бўлинади (5.25-расм).

Даврий ишлайдиган фильтрловчи центрифугада суспензия барабан тепасидан юкланади (5.26-расм). Суспензия юклангандан сўнг барабан харакатга келтирилади, яъни айлантириб бошланади. Марказдан кочма куч таъсирида суспензия барабан деворига улоктирилади. Суюк дисперсион фаза фильтр тўсик оркали ўтади, чўкма эса унда ушланиб колади. Фильтрлаш цикли тугаганда сўнг, чўкма копкок 3 оркали қўл ёрдамида олиб ташланади.

Чўкмани ўзи тўкадиган центрифугада чўкма гравитацион куч таъсирида қурилмадан чикариб юборилади (5.27-расм).



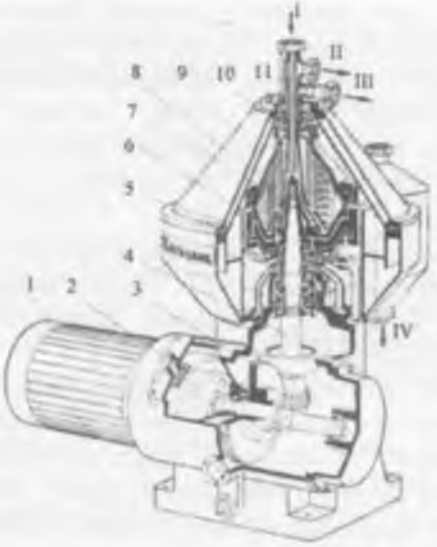
5.26-расм. Даврий ишлайдиган фильтрловчи центрифуга:
1 - станина; 2 - тешикли барабан; 3 - копкок; 4 –кобик; 5 - гупчак; 6 - подшипник; 7 - электр юриткич, 8 - камар узатмали шкив; 9 - дренаж, 10 - фильтр тўкима.



5.27-расм. Чўкмани гравитацион куч таъсирида тўкадиган центрифуга:
1 - ўк; 2 - барабан; 3 –таксимловчи диск; 4 - таянч втулка.

Одатда, бундай центрифугалар тешикли барабан ўрнатилган вертикал ўкли килиб ясалади. Барабан кичик частота билан айланганда суспензия юкловчи дискка берилади. Барабаннинг пастки кисми конуссимон шаклда бўлиб, конуслик бурчаги чўкманиинг табиий киялик бурчагидан ортик килинади. Фильтрлаш цикли тамом бўлганда ва барабан тўлик тўхтаганидан сўнг оғирлик кучи таъсирида чўкма барабан деворидан сирпаниб тушади ва қурилма тубидаги штуцер оркали чикарилади.

Узлуксиз ишлайдиган, марказдан кочма куч таъсирида чўкмани тўкадиган центрифуга конуссимон тешикли барабан ва унинг ичида айланувчи шнеклардан таркиб топган. Шнекнинг айланиш тезлиги барабанникидан озгина кам бўлади. Шнек айланиши даврида унинг ўрамлари барабанда ўтириб колган чўкмани пастга олиб тушади. Чўкмани тўкиш марказдан кочма куч таъсирида амалга оширилади. Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, марказдан кочма куч таъсирида тўкиш пайтида чўкма майдаланмайди ва яхлитлиги бузилмайди.



5.28-расм. «Alfa-Laval» фирмасининг чўкмани ўзи тўкадиган тарелкали центрифугасининг конструкцияси:
1-электр юритгич, 2-тормоз, 3-червякли редуктор, 4-ўк, 5-кўзгалувчан днишче, 6-тўкиш тирқишлари, 7-тарелкалар пакети, 8-ротор, 9-кобик, 10-енгил суюкликнинг напорли диски, 11- оғир суюкликнинг напорли диски; I-бошлангич суюклик, II-енгил суюклик, III- суюклик, IV-чўкма

Узлуксиз ишлайдиган центрифугалар ичида «Alfa-Laval» фирмасининг чўкмани ўзи тўкадиган тарелкали центрифугасининг конструкцияси суспензияларни тўлик ажратадиган энг самарадор центрифугалардан биридир (5.28-расм).

5.13. Фильтрлаш жараёнини интенсивлаш

Халк хўжалигида турли саноатлар тайёр махсулотининг салмоғи ортиб бориши ва юкори гидравлик каршиликка эга чўкмаларнинг тури, миқдорининг кўпайиши, фильтрлар иш унумдорлигини оширишни тақозо этади. Бу муаммони ҳал этиш учун фильтрларнинг фильтрлаш юзаси ва жараён тезлигини ошириш йўллари билан эришиш максадга мувофикдир.

Ҳозирги кунда барабанли вакуум - фильтрларнинг юзаси 140 м^2, дисклиларники 300 м^2, лентали фильтрларники 25 м^2 гача етказилган.

Суспензиялар ажратишда оптимал шароитларни яратиш учун конструктив, технологик ва физик - кимёвий усуллардан фойдаланилади.

Конструктив гуруҳ усулларига қуйидагилар киради: фильтрлаш жараёнини автоматлаштириш; реверсив (чўкма калинлиги кам бўлганда), динамик (чўкма узлуксиз ювилиб туриладиган ҳолларда), турли таркибли (цилиндрик юзаларда эгрилик радиуси кичик чўкма катламлари ҳосил бўлганда) ва тебранма фильтрлаш.

Технологик гуруҳ усулларига қуйидагилар киради: чўкма катлами, босимлар фарки, суспензия концентрацияларининг оптимал кийматларини ҳамда унинг таркибидаги каттик заррачаларни олдиндан майин ва дағал дисперс фракцияларга дастлабки классификациялаш.

Физик - кимёвий гуруҳ усулларига эга қуйидагилар киради: чўкма солиштирма каршилигини камайтириш максадида суспензияга физик - кимёвий таъсир этиш. Ушбу тадбирларни суспензия олиш жараёнида ёки ундан кейин ҳам ўтказиш мумкин.

Биринчи ҳолатда суспензия ҳосил килишда тегишли шароитларни (температура, концентрация ва бошкалар) амалга ошириш максадида каттик заррачалар ўлчамини катталаштириш, кристаллик заррачалар (аморф заррачалар ўрнига) олиш имконияти ва коллоид, ёпишкок аралашма ҳосил бўлиш олдини олиш мумкин. Натижада айрим суспензия чўкмаларининг солиштирма каршилиги 10 ва ундан ортик марта пасайтирилиши мумкин.

Иккинчи ҳолатда, яъни суспензияга агрегирловчи ёки қўшимча моддалар қўшиш, суспензия солиштирма каршилигиңи кескин камайишга олиб келади.

5.14. Фильтрларни ҳисоблаш

Суспензияларни фильтрлаш жараёнига кўпгина омиллар таъсир этганлиги сабабли фильтрларни ҳисоблаш жуда мураккаб масаладир. Шунинг учун, қуйида келтирилган ҳисоблаш схемалари бир катор тахминлар ва суспензияларни ажратиш конуниятларини соддалаштиришлар асосида ишлаб чиқилган. Шундай тахминлардан бири, оғирлик кучи таъсирида каттиқ заррачалар чўкмайди деб фараз килинади. Амалиётда заррачалар чўкмаслиги учун суспензия аралаштирилиб турилади.

Ҳисоблашларда эса тажриба йўли билан топилган фильтр тўсиқ ва чўкма гидравлик каршиликларининг ўртача киймати ишлатилади.

Узлуксиз ишлайдиган фильтрлар ҳисоби. Бошланғич маълумотларда фильтр иш унумдорлиги берилган бўлади. Ундан ташкари, фильтрлаш юзаси берилиши мумкин ёки кабул килинади. Демак, юкорида кўрсатилган параметрлар маълум бўлса, яъни фильтрнинг берилган юзаси бўйича фильтрлар сони, фильтрат миқдори ва фильтрлаш жараёни давомийлиги аникланади.

Барабанли вакуум - фильтрни (фильтр тўсиқ гидравлик каршилигини ҳисобга олмаймиз) ҳисоблашнинг умумий кетма - кетлигини кўриб чикамиз.

Фильтр курилмага энг юкори иш унумдорлик таъминлаш учун чўкма катлам калинлигининг рухсат этилган энг кичик киймати кабул килинади. Масалан, барабанли вакуум - фильтр учун тахминан 5 мм (чўкма хоссаларига караб) деб, кабул килинса бўлади.

$x_ч = h_ч \cdot F/V$ тенгламадан V ни топамиз:

$$V = \frac{h_ч \cdot F}{x_0} \tag{5.57}$$

$R_{фил} = 0$ деб кабул килиб, V нинг кийматини (3.45) формулага қўйиб ва уни τ га нисбатан ечиб, зарур калинликдаги чўкма ҳосил килиш вактини аниклаймиз:

$$\tau = \frac{\mu \cdot r_ч \cdot h_ч^2}{2\Delta p x_ч} \tag{5.58}$$

Ҳисоблаш тенгламаларидан фойдаланиб ёки тажриба йўли билан ювиш боскичининг давомийлиги $\tau_ю$ ни топамиз.

Барабан секциялари умумий сони n дан: а - сувсизлантириш зонасида n_c^1 та секция; б - сувсизлантириш зонасида n_c^2 та секция, чўкмани тўкиш ва фильтр тўкимани тиклаш зонасида $n_{тт}$ та секция банд деб кабул киламиз.

Ҳар бир боскичнинг давомийлиги ушбу тенгламалардан аникланади:

а - сувсизлантириш:

$$\tau_c^1 = (\tau + \tau_ю)\frac{n_c^1}{n_{фю}} \tag{5.59}$$

бу ерда, $n_{фю} = n - \left(n_c^1 + n_c^2 + n_{тт}\right)$ – фильтрлаш ва ювиш зоналаридаги барабан секцияларининг сони:

б - сувсизлантириш:

$$\tau_c^2 = (\tau + \tau_ю)\frac{n_c^2}{n_{фю}} \tag{5.60}$$

чўкмани тўкиш ва фильтр тўкимани тиклаш:

$$\tau_{тт} = (\tau + \tau_ю)\frac{n_{тт}}{n_{фю}} \tag{5.61}$$

Ушбу тенгликдан циклнинг умумий давомийлиги $\tau_ц$ (с) ҳисобланади:

$$\tau_ц = \tau + \tau_c^1 + \tau_c^2 + \tau_{ю} + \tau_{тт} \quad (5.62)$$

Барабаннинг айланиш тезлиги w (айл/мин) эса, қуйидаги нисбатдан топилади:

$$w = \frac{60}{\tau_ц} \quad (5.63)$$

Фильтрлаш зонасининг марказий бурчаги ушбу формуладан аникланади:

$$\theta = \frac{360 \cdot \tau}{\tau_ц} \quad (5.64)$$

Фильтрнинг иш унумдорлиги Q ($м^3$/сутка):

$$Q = \frac{3600 \cdot 24 \cdot V}{\tau_ц} \quad (5.65)$$

Агар фильтрат бўйича умумий иш унумдорлик $Q_{ум}$ маълум бўлса, зарур барабанли вакуум - фильтрлар сони ушбу нисбатдан аникланади:

$$N_ф = \frac{Q_{ум}}{Q} \quad (5.66)$$

5.14.1. Еигли фильтрни хисоблаш

Диаммонитрофоска ишлаб чикариш корхоналари учун чанг тутиб колишга еигли фильтр ҳисоблансин ва танлансин. Ҳисоблаш учун қуйидаги бошлангич маълумотлар берилган:

– газ сарфи $V_{с.г}$=3,33 $нм^3$/с;

– газ температураси $t_г$=260°С;

– газдаги диаммонитрофоска концентрацияси $x_н$=70 г/$нм^3$.

– заррачалар дисперс таркиби

$\delta_ч$, мкм	0-5	5-15	15-50
$R(\delta)$, %	40	25	35

– тозалаш даражаси η=0,99;

– системадаги вакуум p=500 Па;

– чангли газ қуруқ ва коррозион фаол эмас.

Ечиш: Заррачалар дисперслиги юқори, газдаги концентрацияси ва тозалаш даражаси катталигини инобатга олиб кўп босқичли еигли фильтрни қўллаш мақсадга мувофиқ (5.2-жавдал).

5.2-жавдал

Чанг ушлагич	Газдаги чангнинг максимал миқдори $x_н$, кг/$м^2$	Ушланаётган заррачалар ўлчамлари $\delta_ч$, мкм	Тозалаш даражаси η, %	Гидравлик каршилик Δp, Па	Газнинг қурилмага киришдаги максимал температураси $t_к$, °С
Чанг чўктириш камераси	-	100	30-40	-	чегараланмаган
Жалюзли чанг ушлагич	0,02	25	60	500	400-500
Циклонлар	0,40	10	70-95	400-700	400
Батарейли циклон	0,10	10	85-90	500-800	400
Матоли фильтрлар	0,02	1	98-99	500-2500	100* 130** 250***
Марказдан кочма скрубберлар	0,05	2	85-95	400-800	чегараланмаган
Кўпикли скрубберлар	0,30	0,5	95-99	300-900	чегараланмаган
Электрофильтр	0,01-0,05	0,005	>99	100-200	425
* - шерст; ** - лавсан; *** - шишали мато					

Газларни дастлабки, дағал тозалаш учун юкори самарадор НИИОГаз циклонидан фойдаланиш мумкин. Ўтказилган ҳисоблашлар шуни кўрсатдики, юкоридаги жадвалда кайд этилган ўлчамли заррачалар учун диаметри 3,4 м ли СК-ЦН-34 русумли циклонни танлаш мумкин. Ушбу циклонда газни тозалаш даражаси η_1=0,8.

Тозаланаётган газ коррозион фаол бўлмагани учун $t_в$=130°С температурага чидамли фильтр мато (лавсан) ни 5.3-жавдалдан танлаб оламиз.

Фильтр матоларнинг эксплуатацион хоссалари

5.3-жадвал

Мато	Турли мухитларда кимёвий чидамлилиги				Рухсат этилган температура $t_в$, °С
	кислота	ишкор	Оксидловчи моддалар	эритувчи	
Сукно №2, саржа2х2, шерст+пахта	ОП	ХХ	У	ОХ	80
Байка ЧШ, саржа 2х2	У	ОП	У	Х	95
Нитрон, саржа 2х2	У	У	Х Х	Х	120
Нитрон НЦМ, саржа 2х2	У	У	Х Х	Х	120
ЦМ мато (шерст+30% капрон), саржа 2х2	ОП	ОХ	У Х	Х	85
Лавсан	Х	У-П	Х Х	Х	130
Лавсан №5386а	Х	У-П	Х Х	Х	130
Хлорин №5231	ОХ	ОХ	ОХ Х	У-Х	70
Шишали мато ТССНФ (О) (аппрет 1,5%-ли ГКЖ-94 эритмаси)	Х	У-П	ОХ Х	ОХ	240
Эслатма: Жадвалда қуйидаги шартли белгилар қабул қилинган: ОХ - жуда яхши; Х – яхши; У – коникарли; П – ёмон; ОП – жуда ёмон.					

Фильтрга кираётган газнинг температураси (ҳаво билан аралаштирилган) ни $t_{см}$=120°С деб кабул киламиз.

Фильтрга кираётган газнинг сарфи (қурилмадаги вакуум p=500 Па):

$$V_г = V_{o.г.} \cdot \frac{T \cdot p_в}{T_в \cdot p} = 3{,}33 \cdot \frac{(273+260)\cdot 10^5}{273 \cdot (10^5 - 500)} = 6{,}53\ м^3/с$$

Агар чангли газ фильтрга юкори температура $t_г$ да узатилаётган бўлса, уни совук ҳаво билан аралаштирилиб рухеат этилган температура $t_в$ дан пастрок аралашма температураси $t_{см}$ гача пасайтириш керак. Бунинг учун талаб этилган совук ҳаво микдори ушбу формуладан аникланади:

$$V_{в.в} = V_г \cdot \frac{\rho_г \cdot (t_г - t_{см})}{\rho_в \cdot (t_{см} - t_в)} = 6{,}53 \cdot 0{,}55 \cdot \frac{260-120}{120-20} = 5{,}12\ м^3/с$$

Бу ерда иссик ва совук газлар зичликларининг нисбати:

$$\frac{\rho_г}{\rho_в} = \frac{\rho_в T_в}{\rho_в T_г} = \frac{273+20}{273+260} = \frac{293}{533} = 0{,}55$$

Пуфлаш учун узатилаётган ҳаво сарфи қуйидагига тенг:

$$V_{пр} = (0{,}1 - 0{,}2) \cdot V_г = 0{,}2 \cdot 6{,}53 = 1{,}306 м^3/с$$

Фильтрлаш юзаси ушбу формуладан топилади:

$$F_ф = \frac{V_г + V_{пр} + V_{ав}}{w_г} = \frac{6{,}53 + 5{,}12 + 1{,}306}{0{,}009} = 1439{,}55 м^2$$

бу ерда, $w_г$ – газ бўйича матоли фильтрга рухсат этилган солиштирма юклама $w_г$=0,008...0,01 м³/(м² с)

Енгли фильтрларнинг асосий кўрсаткичлари

5.4-жадвал

Фильтр маркаси	Фильтрнинг умумий юзаси F, м²	Секциялар сони n, дона	Енглар сони z, дона	Енг диаметри d, м	Енг узунлиги L, м	Қўлланиш сохаси
ФРО-1250-1	1266	6	252	200	8	Рангли ва кора-металлургия, курилиш материалларини ишлаб чикариш корхоналарининг курук газларини каттик фазасини ажратиш учун
ФРО-1650-1	1688	8	336			
ФРО-2500-1	2530	12	504			
ФРО-4100-2	4104	8	432	300	10	
ФРО-5100-2	5130	10	540			
ФРО-6000-2	6156	12	648			
ФРО-7000-2	7182	14	756			
ФРО-8000-2	8208	16	864			
ФРО-20000-3	20520	10	2160			
ФРО-24000-3	24624	12	2592			
ФРКДИ-550	550	1	216	135	6	Температураси <130°С ва каттик заррачалари <3 мкм портламас, захарли эмас чангларни ажратиш учун
ФРКДИ-720	720		288			
ФРКДИ-1100	1100		432			
ФРКИ-30	30	1	36	135	2	Кимё ва бошка саноатларнинг захарли эмас, портлавчан ёки ёнувчан газларини тозалаш учун
ФРКИ-60	60	2	72			
ФРКИ-90	90	3	108			
ФРКИ-180	180	4	114		3	
ФРКИ-360	360	8	228			
ФРУ II-15	15	2	28	130	1,5	Кимё ва бошка саноатларнинг турли газлардан тозалаш учун
ФРУ II-20	20				2	
ФРУ II-25	25				2,5	
ФРУ III-37,5	37,5	3	42		2,5	
ФРУ IV-50	50	4	56			

5.4-жадвалдан куйидаги кўрсаткичларга эга ФРО-1650-1 русумли фильтр танлаймиз:

– фильтрнинг умумий юзаси - F=1688 м2;
– фильтрлар сони - n=8 дона.;
– енгларнинг умумий сони - z=336 дона;

– енг диаметри - d=200 мм;
– енг узунлиги - L=8 м.

Бир вактда пуфлаб тозалашда иштирок этаётган енглар:

$$z_{ир} = \frac{z}{n} = \frac{336}{8} = 42 \text{ дона}$$

Битта секцияли фильтр учун $z_{ир}$=(0,15...0,20)·z деб кабул килиш мумкин.

Фильтрнинг умумий тозалаш юзаси:

$$F = \frac{F_ф \cdot z}{z - z_{ир}} = \frac{1439,55 \cdot 336}{336 - 42} = 1645,2 \text{ м}^2$$

Демак, танланган фильтрнинг умумий юзаси етарли. 1-погонада чангнинг сарфи куйидагича ҳисобланади:

$$G_{в1} = x_в \cdot V_{о.г} = 70 \cdot 3,33 = 233,1 \text{ г/с}$$

1-погонада чангни тозалаш даражаси η_1=0,8 бўлганда газ билан узатилаётган каттик фазанинг сарфи ушбу формуладан аникланади:

$$G_{в2} = G_{в1} \cdot (1 - \eta_1') = 233,1 \cdot (1 - 0,8) = 46,62 \text{ г/с}$$

Матонинг рухсат этилган солиштирма фильтрлаш юзаси ушбу тенгламадан топилади:

$$F_ф = \frac{G_{в2}}{G_о} = \frac{46,62}{0,2} = 233,1 \text{ м}^2$$

бу ерда, $G_о$ – матонинг рухсат этилган солиштирма чангланганлиги, $G_о$=(0,2-0,3) г/(м^2·с)

Фильтрлаш юзаси $F_ф$ бўйича ҳисоблаб топилган маълумотлар танланган қурилма юзасидан кичик. Шунинг учун, ФРО-1650-1 русумли фильтр берилган чангли газни тозалаш учун тўғри келади.

5-боб. Фильтрлаш бўйича Мустакил тайёрланиш ва қайтариш учун саволлар

1. Фильтрлаш жараёнининг турлари ва моҳияти нимада?
2. Қандай куч фильтрлаш жараёнини ҳаракатга келтиради?
3. Фильтрлаш жараёнининг тезлигини ифодаловчи формулани ёзинг ва изоҳланг.
4. Тешикли панжара ва чўкма гидравлик каршилигини ҳисоблаш формуласи.
5. Фильтрлаш константаси нима?
6. Кумли фильтр конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
7. Ромли фильтр-пресс конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
8. Дискли вакуум-фильтр конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
9. Барабанли вакуум-фильтр конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
10. Лентали вакуум-фильтр конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.

ГАЗЛАРНИ ТОЗАЛАШ

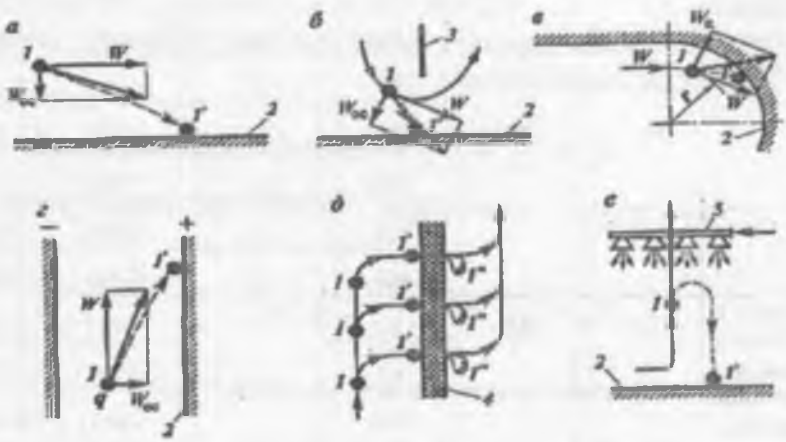
5.15. Умумий тушунчалар

Газ аралашмалар таркибидаги каттик ёки суюк заррачаларни саноат микёсида ажратишдан максад хаво ифлослигини камайтириш, кимматбахо махсулотларни ажратиб олиш ёки технологияга салбий таъсир этувчи зарарли хамда курилмаларни бузилишга олиб келувчи моддаларни чикариб ташлашдир.

Кимё, енгил, нефть-газ, тоғ-кон ва озик-овкат саноатларнинг асосий технологик жараёнларидан бири ифлосланган газларни тозалашдир. Шунинг учун, турли жинсли газ системаларни ажратиш кимёвий технологиянинг долзарб ва энг кенг таркалган асосий жараёнларидан биридир.

Саноат микёсида чанг хосил бўлишининг манбалари: каттик жисмларни механик майдалаш (чакиш, эзиш, арралаш, едирилиш ва уларни узатиш), ёкилғилар ёнишида (кул хосил бўлиш), буғлар конденсацияланишида хамда газларнинг ўзаро кимёвий таъсири натижасида каттик махсулотлар хосил бўлиш жараёнида.

Одатда, чанглар таркибида ўлчами 3...100 мкм бўлган каттик заррачалар мавжуд бўлади. Буғлар конденсацияланиши натижасида 0,001...1 мкм ўлчамли майда суюклик



5.29-расм. Газ окимидаги заррачаларни ажратиб олишнинг асосий усуллари:

а- оғирлик кучи таъсирида чўктириш; б- инерцион кучлар таъсирида чўктириш; в- марказдан кочма куч таъсирида чўктириш; г- электр майдони таъсирида чўктириш; д- фильтрлаш; е- ювиб тозалаш; 1- газ таркибидаги заррача; 1'(1")- газдан ажратиб олинган заррача; 2- чўктириш юзаси; 3- тўсик; 4- фильтр-тўсик; 5-суюкликни пуркаш мосламаси

томчилари хосил бўлади.

Газларни қуйидаги тозалаш усуллари маълум (5.29-расм):

1. оғирлик кучи таъсирида чўктириш (гравитацион тозалаш);
2. инерция кучлари таъсирида чўктириш, яъни марказдан кочма кучлар;
3. фильтрлаш;
4. суюклик билан ювиб тозалаш;
5. электростатик кучлар таъсирида чўктириш (электр майдон таъсирида).

Биринчи иккита усулда, яъни оғирлик ва марказдан кочма кучлар таъсирида, тозалаш натижасида йирик заррачаларни, колган усулларда эса - 20 мкм ва ундан ўлчами кичик бўлган заррачаларни ажратиб олиш мумкин.

Ҳар доим хам битта газ тозалаш курилмасида газларни керакли юкори даражада тозалаб бўлмайди. Шунинг учун, амалиётда икки ва кўп боскичли тозалаш курилмалари кўлланилади.

Газни тозалаш даражаси η қуйидаги тенгламадан аникланади:

$$\eta = \frac{G_1 - G_2}{G_1} \cdot 100\% = \frac{V_1 x_1 - V_2 x_2}{V_1 x_1} \cdot 100\% \qquad (5.67)$$

бу ерда, G_1 ва G_2 – бошлангич ва тозаланган газдаги каттик заррачалар массаси, кг/соат, V_1 ва V_2 – бошлангич ва тозаланган газларнинг хажмий сарфлари, м³/соат, x_1 ва x_2 – бошлангич ва тозаланган газда каттик заррачалар концентрацияси, кг/м³.

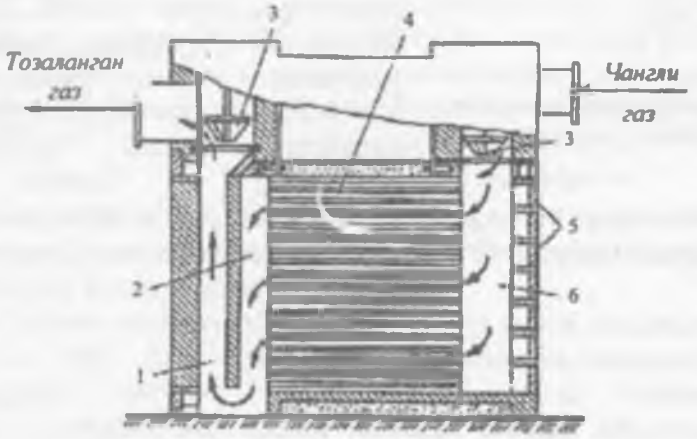
Газсимон турли жинсли системаларни тозалаш жараёнининг назарий асослари 5.1... 5.13 параграфларда баён этилган.

5.16. Оғирлик кучи таъсирида газларни тозалаш

Чўктириш жараёнини ҳисоблашда 5.4 параграфда келтириб чикарилган, яъни каттик заррачаларни суюкликларда чўкишини ифодаловчи тенглама ва конуниятлар қўлланилади.

Чангларни (дағал тозалаш учун) тозалаш учун даврий ва узлуксиз ишлайдиган курилмалардан фойдаланилади. Чанг чўктириш камераси бу турдаги асосий курилмалардан биридир.

Чанг чўктириш камераси ичида горизонтал токчалар жойлаштирилган бўлиб, тўғри



5.30-расм. Чанг чўктириш камераси:
1 - чиқиш канали; 2 - йигувчи канал; 3 - клапанлар;
4 - горизонтал токча; 5 - эшикчалар; 6 - сўриш канали.

тўртбурчак шаклдаги асосий кисмдан иборат (5.30-расм).

Чанг, ростловчи клапан 3 оркали сўриш канали 6 га киради ва горизонтал токчалар 4 орасига таксимланади. Токчалар орасидаги масофа 100...400 мм бўлади.

Токчаларнинг асосий вазифаси чанг заррачаларининг чўкиш масофасини кискартиришдир. Ундан ташкари, токчалар борлиги чўкиш юзасини кўпайишига олиб келади. Токчалар орасида чанг ҳаракат килганда, чанг окимининг йўналиши ўзгаради, бу эса унинг тезлигини камайишига олиб келади. Натижада каттик заррачалар уларнинг юзасида чўкиб колади. Тозаланган газ эса, чиқиш канали оркали ташкарига йўналади. Курилма камерасида чанг газ окимининг тезлиги чўкиш вакти билан чегараланади.

Чўктириш камерасида чанг газ окимининг ҳаракати вактида каттик заррачалар токчалар юзасига чўкиб улгуриши керак.

Токчаларга йигилиб колган чанглар вакти-вакти билан куракчаларда олиб ташланади ёки сув билан ювилади. Чанг чўктириш камераси навбатма-навбат ишлайдиган икки бўлимдан иборат. Биринчи бўлим чанг (каттик заррачалар)дан тозаланса, иккинчисида эса, шу вактда газни тозалаш жараёни боради ва натижада курилманинг узлуксиз ишлашига эришилади.

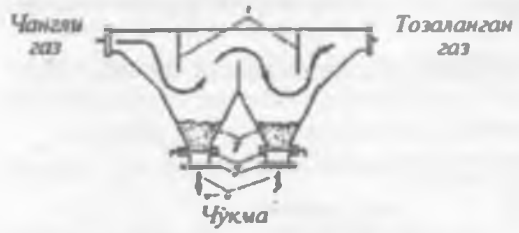
Чанг чўктириш камерасининг ишчи юзаси (3.41) тенглама ёрдамида ҳисобланади. Бунда $x_ч = 1$ деб кабул килиш мумкин.

Чанг чўктириш камерасида фақат газлардан йирик заррачаларни ажратиш мумкин, яъни дағал тозалаш учун қўллаш максадга мувофикдир. Шунинг учун, бу турдаги қурилмалар дастлабки тозалаш учун, яъни каттик заррачалар ўлчами 100 мкм дан катта бўлган газсимон турли жинсли системаларни ажратиш учун мўлжалланган. Қурилманинг тозалаш даражаси - 30...40%.

Ҳозирги кунда ушбу турдаги қурилмалар қўполлиги ва самадорлиги паст бўлгани учун замонавий ва мукаммал тозалаш қурилмалари билан алмаштирилмокда.

5.17. Инерцион ва марказдан кочма кучлар таъсирида газларни тозалаш

Инерция кучлари остида газларни тозалаш кайтарувчи тўсикли тиндиргич ва марказдан кочма кучлар таъсирида ишлайдиган циклонлар конструкцияси асосида ётибди.



5.31-расм. Қайтарувчи тўсикли тиндиргич:
1 - қайтарувчи тўсиклар; 2 - чанг йиғгич; 3 - шиберлар.

Қайтарувчи тўсикли тиндиргич йирик дисперсли чангларни ажратиш учун мўлжалланган (5.31-расм).

Қайтарувчи тўсиклар газ окимини уюрмаланиши учун хизмат қилади. Тўсиклардан ўтиш пайтида ҳосил бўладиган инерция кучлари каттик заррачаларни интенсив чўкишига сабабчи бўлади. Йиғгич 2 га тўпланган каттик заррачалар шибер 3 ёрдамида чикариб юборилади. Бундай қурилмалар газ ўтказиш системаларида ўриатилади. Инерция кучлари асосида ишлайдиган чанг тозалаш қурилмаларининг тузилиши содда ва ихчам. Тозалаш даражаси 60%, чўктирилаётган заррачалар ўлчами 25 мкм ва ундан юкори.

Циклонлар марказдан кочма кучлар майдонида чангларни тозалаш имконини беради. Машинасозлик корхоналарида кобиғининг диаметри 100...1000 мм ли циклонлар тайёрланади. Уларнинг ишлаш самарадорлиги ажратиш коэффициенти билан характерланади. Чангларни тозалаш даражаси циклон конструкцияси, заррача ўлчами ва зичлигига боғлик.

Масалан, 25 мкм ли заррачалар чўктирилаётган бўлса, циклоннинг ф.и.к. 95% ни ташкил этади, лекин заррача диаметри 10 мкм бўлса, ф.и.к. 70% гача камаяди.

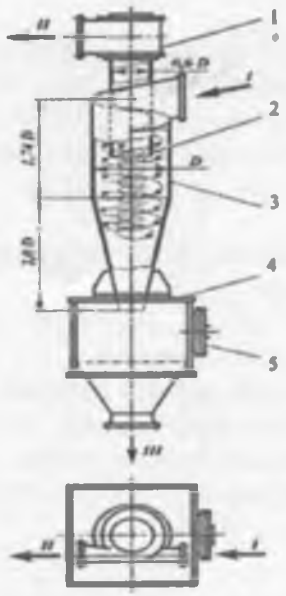
Циклон кичик гидравлик каршилик ва нисбатан юкори тозалаш даражасига эга бўлган цилиндрик ва конуссимон кисмлардан иборат қурилмадир (5.32-расм).

Чангли газ тангенциал йўналишда 10...40 м/с тезликда циклоннинг кириш патрубкаси оркали киритилади. Тангенциал кириш ва қурилманинг ичида марказий чикариш трубаси борлиги учун газ окими пастга спиралсимон айланма ҳаракат қилади. Бу эса ўз навбатида марказдан кочма куч ҳосил бўлишига олиб келади. Ушбу куч таъсирида газ окимидаги каттик заррачалар циклоннинг ички деворига улоктириб ташланади, деворга урилиб кинетик энергиясини йўкотади ва оғирлик кучи таъсирида қурилма тубига караб тўкилади. Циклоннинг пастки конуссимон кисмида газ окими инерция кучи таъсирида спиралсимон ҳаракат йўналишини давом эттиради ва конус диаметри камайиб бориши сабабли юкорига караб йўналган оким пайдо бўлади. Бу оким тозаланган газ бўлиб, марказий труба оркали циклондан ташкарига чикиб кетади.

Циклонларнинг аник ҳисоби жуда мураккаб бўлгани учун гидравлик каршилик Δp параметри бўйича соддалаштирилган ҳисоблар килинади.

Циклоннинг цилиндрик кисмидаги газнинг сохта тезлиги w_ϕ (м/с) куйидаги формула ёрдамида аникланиши мумкин:

$$w_\phi = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho_c \cdot \xi}} \qquad (5.68)$$



5.32-расм. НИИОГаз циклони:
1-тозаланган газнинг «улитасимон» камераси; 2-чиқиш патрубкаси; 3-кобик; 4-бункер; 5-люк. Оқимлар: I- чанг; II-тозаланган газ; III-ажратиб олинган заррачалар.

бу ерда, $\Delta p/\rho$ – ажратиш фактори; ξ – гидравлик қаршилик коэффициенти.

5.32-расмда келтирилган циклонлар учун $\Delta p/\xi$ = 500...700 м^2/с^2.

Циклон диаметри D (м) ушбу формуладан топилади:

$$D = \sqrt{\frac{4V}{\pi \cdot w_\phi}} \qquad (5.69)$$

Циклоннинг цилиндрик қисми диаметри D аниқлангандан сўнг, қолган ўлчамлари ҳисобланади, чунки ҳамма ўлчамлар циклон диаметри D нинг функциясидир.

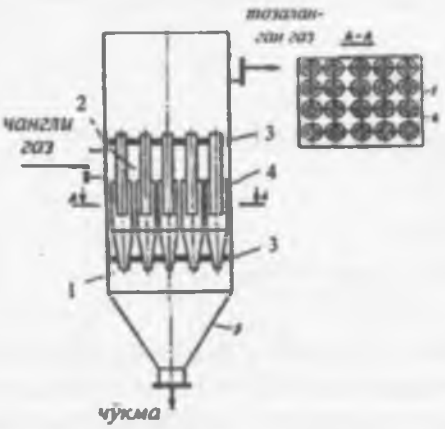
Газларни тозалаш даражасини ошириш учун циклон диаметрини камайтириш ёки газ оқими тезлигини ошириш зарур.

НИИОГаз циклонида газсимон турли жинсли системаларни тозалаш даражаси 30...85% га тенг. Лекин газ таркибидаги заррачалар ўлчами ортиши билан газларнинг тозаланиш даражаси 90...95% гача ўсиши мумкин.

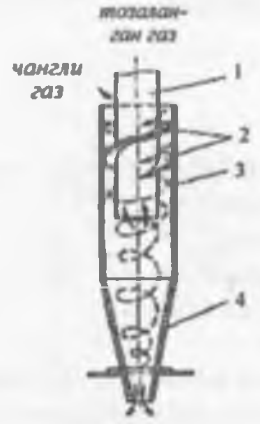
Марказдан қочма типдаги чанг ушлагичлар майда дисперс заррачалар (~5 мкм) ни ажратиш самарадорлигини ошириш мақсадида газ оқимининг ҳаракати ўрганилган ва ф.и.к. ни аниқлаш учун қуйидаги формула олинган [45]:

$$\bar{\eta} = \sum_{i=1}^{N} \varepsilon_i \cdot \eta(\delta_i) \qquad (5.69а)$$

бу ерда, N – фракциялар сони.



5.33-расм. Батареяли циклон:
1 - кобик, 2 - газ таксимлаш камераси, 3 - панжара, 4 - циклон элементи, 5 -бункер



5.34-расм. Батареяли циклон элементи:
1 - марказий чиқиш трубаси, 2 - винтли парраклар, 3 - кобик, 4 - конуссимон туб

Агар заррачалар ўлчами 5 мкм дан кўп бўлса, ажратиш 100%, 5 мкм дан кичик заррачалар учун эса $\eta(\delta)=20\,\delta$ тенгликдан топиш мумкин.

Батареяли циклон бир канча параллел уланган кичик диаметрли (150...250мм) циклонлардан ташкил топган (5.33-расм). Циклон элементлари диаметрининг кичиклиги,

марказдан кочма куч ва чўкиш тезлигини ошириш имконини беради. Кичик ўлчамли циклонлар қурилмадаги иккита тўсиқга маҳкамланади.

Қурилмага кириш патрубкаси орқали юборилган чанг газ таксимлаш камерасига киради ва у ердан барча циклон элементларга бир хилда тарқалади. Сўнг, элементларга газ тангенциал йўналишда эмас, балки уларнинг тепасидан циклон қобиғи ва марказий чиқиш трубаси орасидаги ҳалқасимон бўшлиққа юборилади. Ушбу ҳалқасимон бўшлиқда окимга спиралсимон айланма ҳаракат йўналишини таъминлаш учун у ерга винтли парраклар ўрнатилади (5.34-расм).

Циклон элементларидан ўтиб тозаланган газлар марказий труба 1 орқали умумий камерага йиғилади ва чиқиш штуцеридан ташқарига узатилади.

Ҳамма циклон элементларида ушланиб колинган каттик заррачалар батареяли циклоннинг пастки кисми 5 да тўпланади ва ундан сўнг ташқарига тўкилади.

Агар бир нечта катта циклонларни иктисодий жиҳатдан қўллаш максадга мувофик бўлмаса, газлар сарфи катта жараёнларда батареяли циклонлар ишлатилади. Циклонларда ўлчами 10 мкм ва ундан кам бўлган каттик заррачаларни чўктириш тавсия этилади. Батареяли циклонларнинг тозалаш даражаси 65...85% (d = 5 мкм ли заррачалар учун), 85...90% (d = 10 мкм ли заррачалар учун) ва 90...95% (d = 20 мкм заррачалар учун).

5.17.1. Газ сепараторлари

Газ сепараторлари газни суюклик (нефть, углеводород конденсати, томчили намлик) ва механик аралашмалардан тозалаш учун хизмат килади. Газ ва нефтни қайта ишлаш технологик тизимларида сепараторлар жуда кўп ишлатилади. Бу турдаги қурилмалар қуйидаги: газ-суюклик аралашмаларини юклаш секциясининг асосий вазифаси узатилаётган аралашмани бир меъёрда таксимлаш ва йирик томчиларни максимал даражада ажратиш; тиндириш секциясида, майда томчиларни коагуляция килиш ва уларни ажратиш; томчи ушлаш секциясида, газни якуний тозалаш ва белгиланган сепарация самарадорлигини таъминлаш; сепарацияда йиғилган суюкликни йиғиш секцияларидан иборат.

Жараённи характерловчи асосий омил – бу газни суюкликдан ажратиш даражаси, яъни самарадорлик коэффициенти η дир. Ушбу коэффициент ажратиб олинган суюклик фазаси миқдорининг газдаги умумий суюклик миқдорига нисбатини ифодалайди ва ушбу формуладан топилади:

$$\eta = \frac{Q_{ж}}{Q_{ум}} \qquad (5.69б)$$

Ишлаш принципига кораб сепараторлар қуйидаги турларга бўлинади:

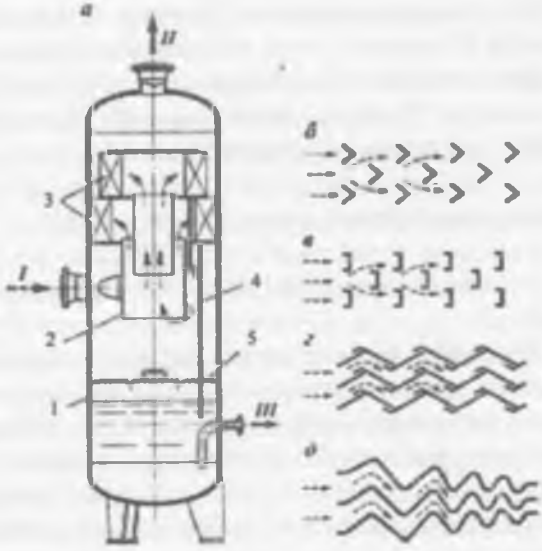
– гравитацион;
– инерцион;
– элаксимон;
– марказдан кочма;
– аралаш.

Геометрик шаклига ва фазодаги ҳолатига кораб – цилиндрик (вертикал, горизонтал ва кия) ва сферик газ сепараторлари бўлади. Газ сепараторлари алоҳида қурилма сифатида ҳамда кўп функцияли колоннали қурилмаларнинг бир секцияси сифатида тайёрланиши мумкин.

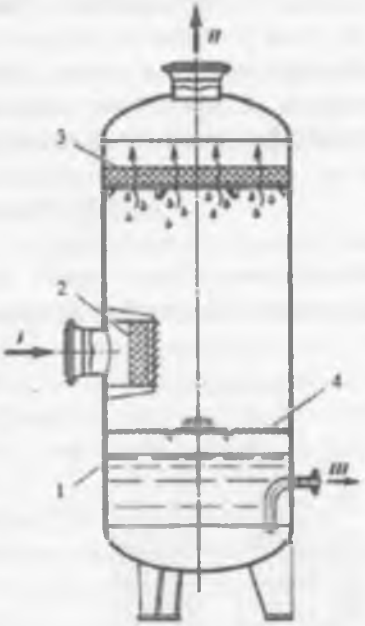
Гравитацион сепараторлар конструкциялари содда, лекин металл сарфи кўп ва қўполдир. Суюк фаза асосан оғирлик кучи таъсирида рўй беради. Газ окимидаги суюклик заррачаларининг ўлчами канчалик катта ва тезлиги канчалик кичик (w=0,05…0,2 м/с) бўлса, газ-суюклик окимини ажратиш самарадорлиги (η=75…90%) шунчалик юқоридир.

Инерцион сепараторлар газ окимининг кириш ва чиқиш патрубкалари, компоновкаси ва пластиналар пакетининг конструкцияси билан ажралиб туради (5.35-расм).

Сепараторлар самарадорлигини ошириш учун пластиналар пакети икки секцияли бўлиши юкори натижа беради.



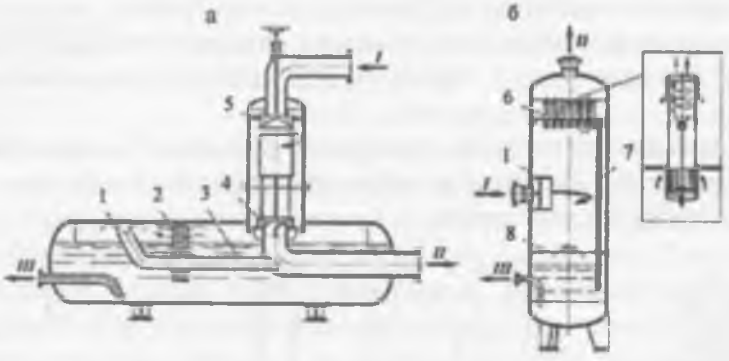
5.35-расм. Инерцион газ сепаратори:
а-умумий кўриниш, б-д – томчи ушлаш насадка турлари; б-бурчаксимон; в-тарновсимон; г-жалюзли; д-жалюзли, ўзгарувчан шаклли ва каналли. 1-кобик; 2-таксимлаш мосламаси; 3-томчи ушлаш насадка пакетлари; 4-суюклик чикариш трубаси; 5-тургунлаш панжараси: I-бошлангич аралашма; II-тозаланган газ, III-суюклик.



5.36-расм. Элаксимон газ сепаратори:
1-кобик; 2-элаксимон коагулятор; 3-элаксимон кайтаргич; 4- тургунлаш панжараси; I-бошлангич аралашма; II-тозаланган газ; III-суюклик

Элаксимон газ сепараторлар самарадорлик коэффициенти асосан элаксимон пакет конструкцияси билан белгиланади (5.36-расм). Ушбу сепараторларнинг ф.и.к η=99,5…99,8%. Газ фаза окимининг тезлиги гравитацион усулдагига караганда 3…5 баробар кўп. Бу сепараторларнинг юкори самарадорлиги, контакт элементлари ва газ-суюклик окимининг тўкнашиш юзаси катталигидадир.

Марказдан кочма сепараторларда илгарилама ҳаракатни айланмага ўтказиш учун уюрмалагичлар ишлатилади (5.37-расм).



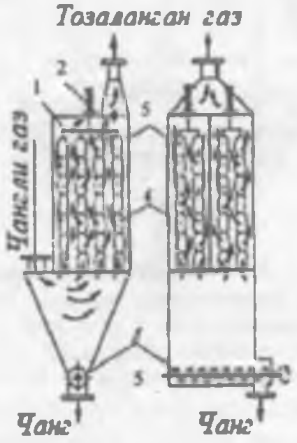
5.37-расм. Марказдан кочма газ сепаратори:
а-ростланувчи уюрмалагичли, б- марказдан кочма, тўгри йўл элементли; 1-кобик, 2- элаксимон кайтаргич, 3-тозаланган газ чикариш трубаси, 4- диафрагма, 5-ростланувчи уюрмалагич, 6- марказдан кочма элементлар, 7- суюклик чикариш трубаси, 8- тургунлаш панжараси, I-бошлангич аралашма, II-тозаланган газ, III-суюклик

Бу турдаги курилмаларнинг асосий афзаллиги шундаки, марказдан кочма элемент 6 ларда газ окимининг тезлиги жуда катта. Марказдан кочма куч таъсири остида ўлчами 10…20 мкм бўлган суюклик томчиларини ҳам ажратиб олиш мумкин. Сепараторнинг

самарадорлик коэффициенти η=80…99%. Сепараторларининг айрим конструкцияларида босим ва сарф ўзгарганда оптимал тезликни таъминлаш учун ростланувчи уюрмалагичлар, айримларида марказдан кочма тўғри йўлли элементлар ўрнатилган. Марказдан кочма элементларда рециркуляция каналлари мавжуд бўлиб, курилма вертикал ёки горизонтал ҳолатларда бўлишидан катъи назар самарали тозалашни таъминлайди.

5.18. Газларни ғовакли тўсикларда тозалаш

Фильтрловчи тўсик турига караб эгилувчан, ярим каттик, каттик ғовак тўсикли ва донадор катламли фильтрлар бўлади.



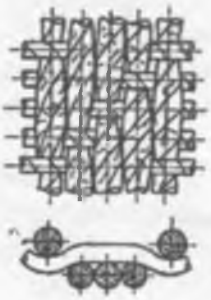
5.38-расм. Енгли фильтр:
1 - ром; 2 - силкитувчи механизм, 3 - кобик; 4 - енг; 5 - шнек.

Юмшок фильтрловчи тўсикли фильтрларга енгли ёки копли фильтрлар киради ва улар газларни тозалаш учун кенг микёсда қўлланилади. Фильтрловчи тўсик сифатида табиий, синтетик ва минерал толалар (тўкима материаллар), ғовак листли материаллар (ғовакли резина, пенополиуретан) ва металл тўкималар ишлатилади.

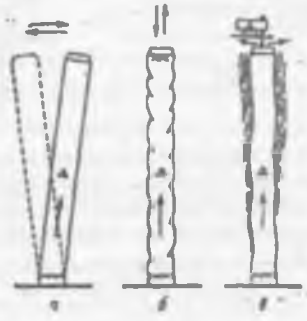
Батареяли енгли фильтр. Бу турдаги курилмаларнинг фильтрловчи элементи тўкима материалдан ясалади (5.38-расм). Фильтрловчи енг 4 ва коплар тўртбурчак шаклидаги кобик 3 нинг умумий роми 1 га осилиб қўйилади. Пастдан юкорига караб ҳаракат килаётган чангли газ фильтрловчи енгларнинг учидаги очик тешикдан ичига киради. Сўнг, цилиндр енгларининг ён томон юзасидан ўтаётганида газ тозаланиб чикиб кетади, каттик заррачалар эса енгнинг ички деворида ушланиб колади.

Фойдаланиш жараёнида чанг катлами ортиб боради ва фильтрнинг каршилиги катталашади. Фильтр енгларини кайта тиклаш учун вакти-вакти билан механизм 2 ёрдамида силкитиб туриш зарур. Шунда, енглар юзасида ўтириб колган чанглар тўкилади ва шнек 5 ёрдамида ташкарига чикарилади. Баъзи бир ҳолларда енгларни кайта тиклаш учун фильтр элементлар сикилган ҳаво ёки газ ёрдамида карама - карши йўналишда пуфлаб тозаланади. Баъзи ҳолларда секцияли фильтрлар ҳам ишлатилади. Бунда ҳар секция ўзининг силкитувчи механизмига эга бўлади. Бу эса, фильтр секцияларни кетма-кет тозалаш имконини беради, яъни фильтр курилмани тўхтатмасдан фильтр элементларини кайта тиклаш жараёнини амалга оширса бўлади.

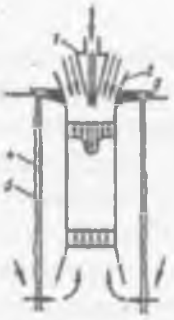
Узлуксиз ишлайдиган енгли фильтрларнинг фильтрлаш тезлиги 0,007...0,017м^3/(м^{2}с) га тенг. Лекин фильтрловчи тўкималар узлуксиз равишда кайта тикланиши туфайли фильтрлаш тезлиги 0,05...0,08 м^3/(м^{2}с) гача ортади.



5.39-расм. Фильтр тўкима тузилиши.



5.40-расм. Фильтр енгини кокиш:
а-горизонтал йўналишда кокиш;
б - вертикал йўналишда бўшатиш ва таранглаш.



5.41-расм. Фильтр енгини пуфлаб тозалаш эжектори.

Энг кенг таркалган енгли фильтрларнинг гидравлик каршилиги 1,5...2,5 кН/м^2 (150...250 мм. сув уст.).

Фильтр элементларининг баландлиги 600..1200 мм, чуқурлиги 300...500 мм ва қалинлиги 25...50 мм бўлиши мумкин.

Фильтр тўкималарда асос (диаметри 300...700 мкм) ва иплар орасида тешиклар 100...200 мкм ни ташкил этади. 5.39-расмдан кўриниб турибдики, матонинг тузилиши бир хил эмас. Ундан ташкари, ипнинг туклари тешиклар устини беркитиб турибди.

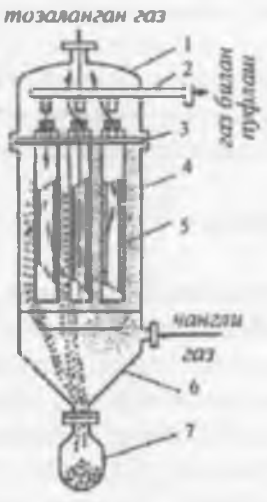
Агар енгли фильтрлардан тўғри фойдаланилса, газларни майин, дисперс чанглардан тозалаш даражаси 98....99% ни ташкил этади.

Енглар табиий, синтетик ва минерал материаллардан тайёрланади. Масалан, 80°С дан паст температураларда пахта, бўздан, 110°С дан паст темпёратураларда жундан, 130...140°С да полиамид, полиэтилен, полиакрилнитрил толаларидан, 275°С гача политетрафторэтилен ва фторопластдан, 400°С гача шиша толаларидан ясалган фильтрловчи енглар ишлатилади.

Камчиликлари: енглар тез ишдан чикади ва каналлари тўлиб колади; юкори температурали ва нам газларни тозалаш мумкин эмас.

Фильтр тўкималарни регенерация килишнинг асосан 2 та усули мавжуд:

1) Фильтр элементларни кокиш - механик, аэродинамик, яъни тебратиш ёки окимлар ҳаракат йўналишларини кескин ўзгартириш, товуш тебранишларини таъсир эттириш йўли билан ва ҳ.



5.42-расм. Патронли фильтр:
1 - копкок; 2 - коллектор, 3 - труба панжараси, 4- кобик, 5 - фильтрловчи элемент, 6 - туб; 7 - чанг йиғгич

2) Фильтрли элементларни тескари ҳаво ёки тозаланган газ ёрдамида пуфлаш - ҳар бир енгни алоҳида пуфлаш, атмосфера ҳавосини сўриб олиш, катта ҳажмдаги газларни секцияга юбориш йўли билан ва ҳ.

Кўпчилик енгларни кокишда иккала усул бир пайтнинг ўзида аэродинамик таъсирдан фойдаланиб қўлланилади (5.40-расм). Бунда Вентури трубаси кўринишидаги эжектор орқали фильтрловчи элемент ичига сикилган ҳаво импульси юборилади (5.41-расм).

Ярим каттиқ, фильтрловчи тўсикли фильтрлар кассеталардан таркиб топган бўлади. Газ таркибидаги каттиқ заррачаларни ушлаб колиш учун кассетада иккита тўр орасида шиша толалар, металл киринди ёки бошка материаллар катлами жойлаштирилган бўлади.

Секцияларга бириктирилган кассеталар паст концентрацияли 0,001...0,005 г/м^3 чангларни тозалаш учун мўлжалланган.

Қаттиқ фильтрловчи тўсикли фильтрлар одатда чангли газларни майин тозалаш учун ишлатилади. Фильтрловчи тўсиклар ғовакли керамика, прессланган ёки киздириб бириктирилган кукунлар ҳамда пластмассалардан ясалиши мумкин.

Цилиндрик фильтрловчи элементли, патронли фильтрлар. Температураси юкори бўлган чангли газларни тозалаш учун қўлланилади. Бу қурилмаларнинг фильтрловчи элементи ғовакли килиб металлокерамикадан ясалади ва улар патронлар деб номланади (5.42-расм). Фильтрловчи элементлар цилиндрик ҳалқасимон ёки текис шаклда бўлиши мумкин.

Чанг фильтрловчи элементдан ўтиб, тозаланган газ қурилманинг юкори кисмидаги штуцердан чикиб кетади. Чанглар эса фильтрловчи патроннинг ташки юзаси ва ғовакларида ушланиб колади. Патронлар ташки юзаси ва ғоваклари чанг билан тўлиб колса, жараён тезлиги кескин равишда пасаяди.

Шунинг учун улар сикилган газ ёки ҳаво ёрдамида пуфлаб қайта тикланади. Ундан кейин, яна қайтадан газни тозалаш жараёни давом эттирилади.

Қайта тиклаш пайтида патрондан пуфлаб чикарилган чанглар конуссимон туб 6 дан чанг йиғгич 7 га тўкилади.

Металлокерамик фильтр элементли фильтрларда заррачаларнинг ўлчами 5 мкм дан юкори бўлган чангли газларни тозалаш мумкин.

Патронли фильтрловчи элементлар каттиклиги, юкори механик мустаҳкамлиги, кимёвий ва температуранинг кескин тебранишларига чидамлилиги билан ажралиб туради. Шунинг учун ҳам, ушбу фильтрловчи элементлар кимёвий агрессив ва иссик чангларни тозалаш учун ишлатилади.

Газларни тозалаш фильтрларнинг ҳисобини ўтказишдан максад, унинг умумий фильтрлаш юзасини аниклашдир, яъни

$$F = \frac{V}{V_{сол}} \qquad (5.70)$$

бу ерда, V – чангли газнинг ҳажмий сарфи, м³/с, $V_{сол}$ – фильтрларнинг солиштирма тезлиги, м³/(м²·с),

Фильтрловчи элементлар сони эса, ушбу тенгликдан топилади:

$$n = F(\pi dl) \qquad (5.71)$$

бу ерда, d ва l – енгининг диаметри ва узунлиги, м

Донадор катламли фильтрлар. Бундай фильтрларда даврий, қўзғалмас ёки узлуксиз ҳаракатдаги фильтрловчи катлам сифатида майдаланган кокс, кварц қум, шлак, шағал ва бошка материаллар қўлланиши мумкин.

Фильтрловчи катлам панжара ёки тўр орасидаги секцияда, горизонтал ёки вертикал ҳолатда ўрнатилиши мумкин.

5.16-расмда узлуксиз ишлайдиган кумли фильтр конструкцияси келтирилган. Бу турдаги фильтрлар газларни майин тозалаш учун қўлланилади. Масалан, сикилган газларни мойлардан, коракуядан ва синтез газларини чангдан тозалаш учун ишлатилиши мумкин.

5.19. Газларни суюқлик билан ювиб тозалаш

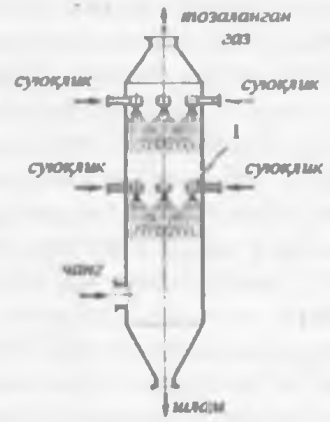
Чангли газларни тозалаш учун уларни сув ёки бошка суюкликлар ёрдамида ювиб, каттик заррачалардан тозаланади. Бу усул газларни совитиш ва намлаш рухсат этилган ҳамда каттик заррачалар киммати бўлмаган ҳолларда қўлланилади. Маълумки, газлар совутилганда сув буғлари конденсацияланиб, заррачалар намланади ва уларнинг зичлиги ортади. Натижада каттик заррачалар газдан осон ажралади. Бунда, заррачалар конденсацияланиш марказлари вазифасини бажаради. Агар заррачалар суюклик билан ҳўлланмаса, унда бу турдаги курилмаларда газларни тозалаш самарасиздир. Бундай ҳолларда газларни тозалаш даражасини ошириш учун суюклик таркибига спирт – сиртий фаол моддалар қўшилади, яъни суюкликнинг ҳўллаш кобилияти оширилади.

Суюклик билан ювиб тозаловчи қурилмаларда, уларнинг конструкциясига караб, газларни тозалаш даражаси 60 дан 85% гача бўлади. Бу турдаги қурилмаларнинг асосий камчилиги шундаки, тозалаш жараёни ўтказилиши натижасида окова сувлар ҳосил бўлишидир. Маълумки, окова сувлар ҳам ўз навбатида тозаланиши керак.

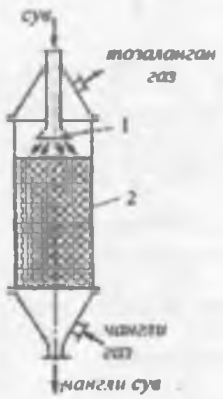
Скрубберлар ичи бўш (5.43-расм) ёки насадкали, кўндаланг кесим юзасига караб эса, цилиндрсимон ёки тўғри тўртбурчак шаклдаги колонналар кўринишида бўлади.

Ичи бўш скрубберларга чангли газ қурилманинг пастки кисмидан 0,8...1,0 м/с тезликда киритилади. Газ ўз йўналишини ўзгартириб, юкорига караб ҳаракат килади. Скруббернинг тепа кисмидаги пуркагичдан сув ёки бошка суюклик сочилиб, оғирлик кучи таъсирида майда томчилар пастга караб йўналади. Натижада газ ва сув томчилари карама - карши йўлли ҳаракатида бир - бирига кўп маротаба урилади. Бу ўзаро таъсир туфайли газ таркибидаги каттик заррачалар суюклик билан ювилади, оғирлашади ва окова сув ҳосил қилиб, пастга тушади. Тозаланган газ скруббернинг тепа кисмидаги штуцердан чикиб кетади. Окова сув қурилманинг тубидаги штуцер оркали тозалашга чикариб юборилади.

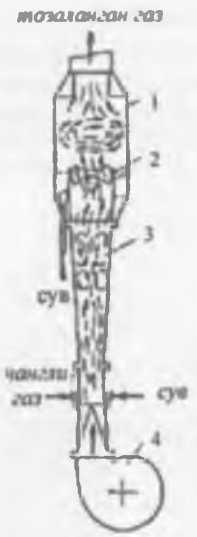
Ичи бўш скрубберда газларнинг тозаланиш даражаси 60...75% ни ташкил этади. Насадкали скрубберларда кобикнинг ичига насадкалар маълум бир тартибда ёки тартибсиз ўрнатилади (5.44-расм).



5.43-расм. Ичи бўш пурковчи скруббер:
I-чанг, II-тозаланган газ, III-суюклик, IV-шлам



5.44-расм. Насадкали скруббер:
1 - пуркагич, 2 - насадка



5.45-расм. Вентури скруббери:
1 - ажраткич, 2 – оқимни уюрмалантирувчи мослама, 3 - вентури трубаси, 4-вентилятор

Тозалаш жараёни интенсивлиги ва тезлигини ошириш учун скрубберларга албатта насадкалар жойлаштирилади. Насадкалар қўлланилиши натижасида газ ва суюқ фазалар ўртасида уринишлар ортади, яъни тўқнашув юзаси ошади. Одатда скрубберларга ҳалқасимон ёки хордали насадкалар ўрнатилади. Айрим ҳолларда эса, кокс ёки кварц бўлакларидан ҳосил қилинган қатлам, насадка сифатида ишлатилиши мумкин. Насадкали скрубберларда газларнинг тозаланиш даражаси 75...85%.

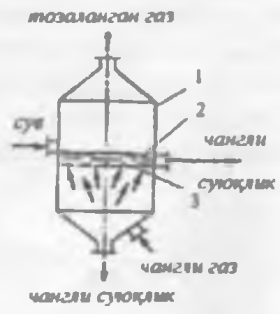
Вентури скрубберлари. Бу турдаги скруббер икки қисмдан (5.45-расм): Вентури трубаси 3 ва ажраткич 1 дан таркиб топган бўлади. Вентури трубаси 3 да газ тозаланса, ажраткич 1 да эса сув томчилари газ оқимидан ажратилади.

Тозаланиши зарур бўлган газ, қурилманинг паски қисмидан патрубкага узатилади. Маълумки, вентури трубасининг диффузор қисмида конуслик ортиб боради. Бу эса, диффузорда босим камайишига, яъни вакуум ҳосил бўлишига олиб келади. Ушбу вакуум ҳисобига идишдан коллектор орқали вентури трубасига сув сўриб олинади. Суюқ фаза газ билан тўқнашиши натижасида майда томчиларга (~10 мкм) ажралиб кетади. Газ ва майда томчиларнинг ўзаро урилиши пайтида суюклик томчилари каттик заррачаларни ўзига тортиб олади ва йириклашади. Сўнг эса, ушбу томчилар газ оқими билан бирга диффузор орқали ўтади ва натижада тезлиги пасаяди. Газ оқимини суюклик заррачаларидан ажратиш учун уюрмалантирувчи мослама хизмат қилади. Ажраткичда ажратиб олинган суюклик йиғгичга оқиб тушади. Тозаланган газ эса, скруббернинг тепа қисмидаги патрубкадан атмосферага чиқариб юборилади.

Вентури скрубберида газларнинг тозаланиш даражаси 98...99%, тузилиши содда ва механик ҳаракатланувчи қисмлари йўк.

Камчиликлари: гидравлик каршиликлари катта (1500...7500 Па) ва қурилма қўшимча томчи ушлагич билан жиҳозланиши лозим.

Кўпикли (барботажли) чанг ушлагичлар таркибида, каттик заррачалар кўп ва жуда катта ҳажмдаги чангли газларни тозалаш учун мўлжалланган (5.46-расм).



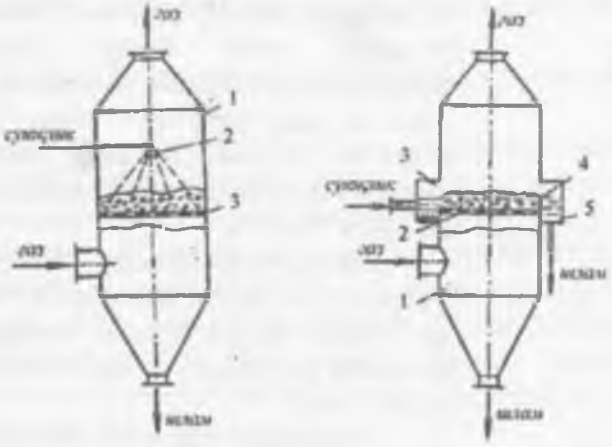
5.46-расм. Кўпикли скруббер.
1 - кобик, 2 – ростловчи остона,
3 - тешикли тарелка

Кўпикли (барботажли) чанг ушлагичлар тарелкали скруббер кўринишида бўлади.

Газ окимининг тезлиги ортиши билан суюклик ва газ окимларининг ўзаро таъсири интенсивлашади ва натижада юкори турбулентли кўпик катлами ҳосил бўлади. Ушбу катламда узлуксиз равишда янги кўпиклар ҳосил бўлади, бир-бирига қўшилади ва бузилади. Шунинг учун ҳам бу турдаги курилмалар кўпикли деб номланади (5.46-расм, 5.47-расм).

Чангли газ курилманинг пастки кисмидаги штуцер оркали юборилади ва у тепага караб харакат килади. Курилма цилиндрик кобик 1 нинг ўртасида жойлашган штуцер оркали ювувчи сув (ёки суюклик) тешикли тарелка устига юборилади. Пастдан келаётган чангли газ окими суюкликни барботаж килади ва натижада харакатчан кўпикли катлам ҳосил бўлади. «Газ – суюклик» аралашмасидан иборат кўпикларда тўкнашув ёки урилиш юзаси катта ва заррачани илинтириш имконияти юкори. Шунинг учун ҳам, кўпикли чанг ушлагичларда чангли газларнинг тозаланиш даражаси юкори. Газнинг тозаланиш даражасига караб курилмадаги тешикли тарелкалар сони аникланади.

Кўпикли катламда чангнинг асосий миқдори (~80%) суюклик билан ушланади ва кўпик билан бирга ростловчи остона 2 оркали чикарилади (5.46-расм).



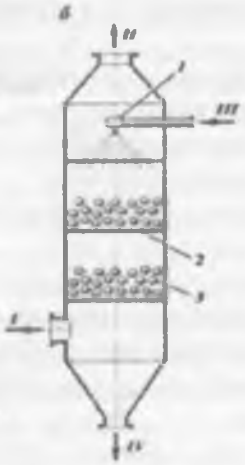
5.47-расм. Элаксимон (а) ва қуйилиш (б) тарелкали кўпикли скруббер.
а) 1-кобик, 2-пуркаш мосламаси; 3-тарелка. б) 1-кобик, 2-тарелка,
3-кириш патрубкаси, 4-остона, 5-чиқиш патрубкаси.

Суюкликнинг колган кисми (~20%) тарелка тешиклари оркали пастга окиб тушади ва унинг остидаги бўшликда чангли газ таркибидаги йирик заррачаларни ушлаб, пастга олиб кетади. Ҳосил бўлган окова сув конуссимон тубдаги штуцер оркали чикарилади. Ҳаракатчан шар катламли скрубберларда газдаги каттик заррачаларнинг суюк фаза билан тўкнашиш эҳтимоли ва жараён самарадорлиги ортади (5.48-расм). Кўпикли курилмаларда газларнинг тозаланиш даражаси 95...99% ва ундан юкори бўлади. Курилманинг тузилиши содда ва ихчам ҳамда кам капитал ва эксплуатацион сарфлар талаб этади.

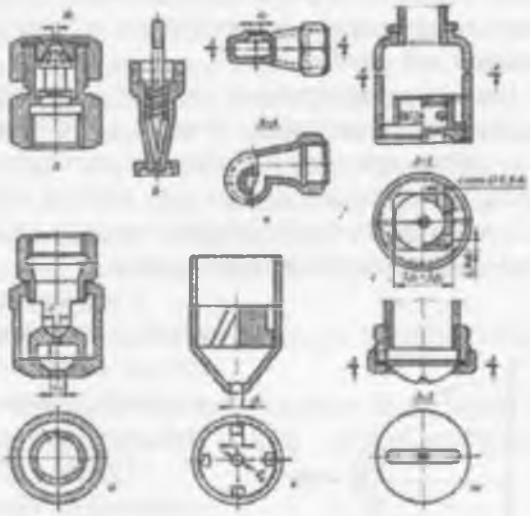
Ювилиб турувчи чанг ушлаш курилмаларида кўпинча марказдан кочма ва окимчали механик пуркагичлар кўлланилади (5.49-расм). Айрим ҳолларда пневматик пуркагичлар ҳам ишлатилади.

5.50-расмда табиий газни тозалаш ва кисман куритиш учун учта секциядан иборат кўп функцияли курилманинг конструкцияси келтирилган.

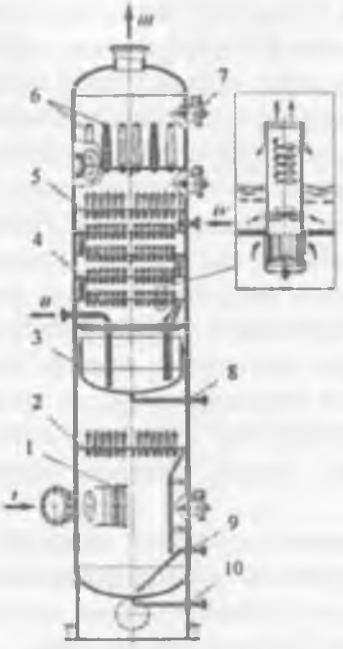
Бошланғич газ тангенциал равишда биринчи секцияга сепарация килиш учун узатилади. Ушбу газ элаксимон тўсик 1 ва марказдан кочма элементли тарелка 2 лардан ўтганда суюклик томчиларидан ажратилади. Иккинчи секция газни қисман қуритиш учун мўлжалланган бўлиб, тўртта марказдан кочма контакт элементли тарелка 4 ларни ўз ичига олади



5.48-расм. Ҳаракатчан шар насадкали скруббер:
1-пуркагич, 2-тарелка, 3- шарсимон насадка, I-чанг, II-тозаланган газ, III-суюклик, IV-шлам



5.49-расм. Механик пуркагичлар.:
а-в - марказдан кочма пуркагичлар, в - эвольвент пуркагич, г-е - окимчали-марказдан кочма, (г -ВТИ, д- цилиндрик вкладиш ва горизонтал каналли, е - цилиндрик ясси вкладишли ва четида винтсимон каналли), ж -ясси фавворали, окимчали пуркагич



5.50-расм. Табиий газни тозалаш ва қисман қуритиш учун кўп функцияли қурилма конструкцияси:
1-элаксимон тўсик, 2,5-сепарация тарелкалари, 3-тўйинган гликол ички идиши, 4-контакт элементли тарелка, 6-фильтр-патронлар, 7-люклар, 8,10-дренаж штуцерлари, 9- суюклик чикариш штуцерлари, I-тўйинмаган адсорбент, II-курук газ, III-бошланғич газ, IV- тўйинган адсорбент

. Тўйинган гликол ички идиш 3 га йиғилади ва у ердан регенерацияга олинади. Учинчи секция глнколни ушлаб колиш учун хизмат килади ва сепарацион тарелка 5 ва фильтр-патрон ўрнатилган тарелка 6 таркиб топган. Фильтр-патрон элаксимон шилиндрик каркас бўлиб, ташки томонидан 10...15 катламли шиша толалари билан ўралган. Фильтрловчи материал катлами ички ва ташки томонидан 2...3 каватли енгли тўр билан маҳкамланган.

5.20. Электр майдон таъсирида газларни тозалаш

Жараённинг физик асослари. Электр майдон таъсирида газларни тозалаш электр разряди ёрдамида газ молекулаларининг ионизация килинишига асосланган.

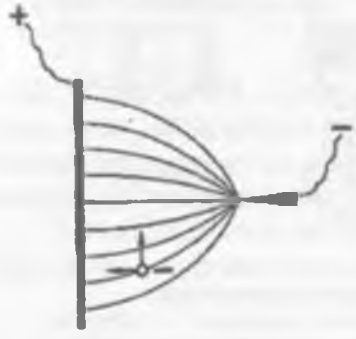
Агар юкори кучланишли ўзгармас токка уланган икки электрод орасида ҳосил бўлган электр майдонига газ юборилса, унинг молекулалари ионизацияга учрайди, яъни мусбат ва манфий зарядланган заррачаларга ажрайди. Натижада улар куч чизиклар йўналишида ҳаракат кила бошлайди. Зарядланган заррача тезлигининг вектор йўналиши, унинг мусбат

ёки манфийлигига боғлик бўлса, ҳаракат тезлиги эса электр майдони кучланганлиги билан белгиланади.

Агар электр майдон кучланганлигини 10000В дан оширсак, ион ва электронлар кинетик энергияси шунчалик катталашадики, ҳаракат йўлида учраган газнинг барча нейтрал молекулаларини **мусбат ион** ва эркин **электронларга** парчалайди. Янгидан ҳосил бўлган зарядлар ҳам ўз ҳаракат йўналишида газларни ионизацияга дучор килади. Натижада тўхтовсиз равишда ион ҳосил бўлади ва ҳамма газ ионизацияланади. Бундай жараён ***зарбали ионизация*** деб номланади.

Газ тўлик ионизацияга учраганда, электродлар орасида электр разряди пайдо бўлиши учун шароитлар яратилади. Агар электр майдон кучланганлиги янада оширилса, учқун сакраб ўтиши, кейин эса электр ўтиши ва электродлар киска туташуви бўлиши мумкин. Бундай ҳодисалар олдини олиш учун турли жинсли электр майдони ҳосил килинади.

Бунинг учун, труба ўкидан ёки икки параллел пластиналар орасида тортилган ингичка симлар кўринишида электрод ясалади.



5.51-расм. Электр майдон куч чизиклари.

Сим олдида электр майдон кучланганлиги жуда юкори бўлиб, труба ёки пластина томонга якинлашган сари камайиб боради. Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, труба ёки пластина олдидаги майдон кучланганлиги шундайки, учқун ва электр ўтиш ҳодисалари рўй бермайди.

Тўлик ионизацияга оид майдон кучланганлигида электродлар орасида «тожли» разряд ҳосил бўлади. Бунда бутунлай ионизацияга учраган газ катлами чўғланиб, нур ва чарсилланган овоз чикаради. «Тож» ҳосил киладиган электрод ***«тожли» электрод*** деб номланади. Труба ёки пластина кўринишидаги карама - карши зарядланган электрод – ***чўктирувчи электрод*** деб аталади.

«Тожли» электрод манфий, чўктирувчи эса мусбат кутбга уланади. Бундай ҳолатларда электродларга жуда юкори кучланиш бериш мумкин. «Тож» ҳосил бўлиши билан иккала ишорали ион ва эркин электронлар пайдо бўлади. Электр майдон кучланганлиги таъсирида ионлар «тожли» электрод томон ҳаракат килади ва нейтралланади.

Манфий ион ва эркин электронлар чўктирувчи электрод томон йўналади. Йўл-йўлакай чанг ва томчилар билан тўкнашиб, уларга ўз зарядини ўтказади ва чўктирувчи электрод томон олиб кетади. Натижада чанг ёки туман заррачалари шу электродда чўкади. ***Газдаги чанг заррачаларининг асосий қисми манфий зарядланади***, чунки мусбат ионларга караганда ҳаракатчан манфий электрон ва ионлар чўктирувчи электродга етгунча катта масофани босиб ўтади. Шунинг учун ҳам, газдаги заррачалар билан уларнинг тўкнашиш эҳтимоли катта. Факат «тожли» электрод атрофидаги мусбат зарядланган ионлар билан тўкнашганда, чанг ёки туман заррачаларининг кичик бир кисми «тожли» электродда чўкади. Манфий зарядланган ионлар, чанг ёки туман заррачалари чўктирувчи электродга етганда, унга ўз зарядини беради ва оғирлик кучи таъсирида чўкади. Бундай чўктириш жараёни электрофильтрда олиб борилади.

Электродларга ўтириб колган чанг заррачаларининг зарарли таъсирини камайтириш максадида, вакти-вакти билан электродларга ўтириб колган заррачалар силкитиб туширилади ёки электрофильтрга киритилишдан аввал чангли газ намланади (ўтказувчанлигини ошириш учун). Лекин газнинг температураси шудринг нуктасидан пасайиб кетиши мумкин эмас.

Чангли газлар таркибидаги каттик заррачаларни электр майдони таъсирида тозалаш, бошка усулларга караганда кўпгина афзалликларга эга. Чўктириш курилмаларида, яъни циклон, енгли фильтр, скрубберларда оғирлик ва марказдан кочма куч таъсирида майда заррачаларни ажратиб бўлмайди.

Турли жинсли газ аралашмаларини электр майдон таъсирида ажратиш электродларда амалга оширилади. Чанг ва тутунларни тозалаш учун курук, туманларни тозалаш учун эса - ҳўл электрофильтрлар кўлланилади.

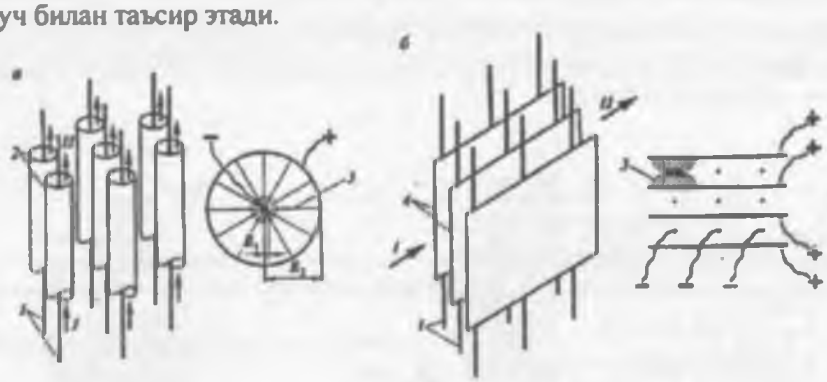
Оддий электрофильтр – иккита электроддан иборат бўлиб, биттаси – анод- труба ёки пластина, иккинчиси эса – катод-сим кўринишида тайёрланади (5.52-расм). Катод-сим труба ичига ёки пластина анодлар орасига тортилади. Анодлар ҳар доим ерга уланади.

Электродлар ўзгармас ток манбасига уланганда 4...6 кВ/см га тенг потенциаллар фарки ҳосил бўлади. Бу киймат катоднинг 1 м узунлигида 0,05...0,5 мА ток зичлигини таъминлайди.

Газли аралашма трубали-электрод ичига ёки пластиналар орасига узатилади. Электродлардаги юкори потенциаллар фарки ва электр майдонининг турли жинслилиги туфайли манфий электрод-катод атрофидаги газ катламида анодга караб йўналган электронлар окими ҳосил бўлади. Натижада газ нейтрал молекулаларининг электронлар билан тўкнашуви туфайли газ ионизацияга учрайди. Ионизация ўз навбатида газни мусбат ва манфий ионлар ажралишига олиб келади. Мусбат ионлар катод, манфийлари эса катта тезликда анод томон ҳаракат килади. Одатда, чанг ва туман заррачалари анодга чўкади ва уни чўкма катлами билан коплайди. Электр майдони таъсирида чўктириш тезлиги секундига бир неча сантиметрдан бир неча ўнлаб сантиметргача ораликда бўлади. Чўктириш тезлиги заррача ўлчами ва газнинг гидравлик каршилигига боғлик.

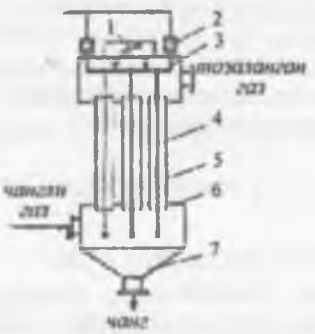
Электр майдонида заррачаларнинг чўкиш тезлигини аниклаш учун жараён ламинар режимда амалга ошади деб кабул киламиз.

Электр майдони зарядланган заррачага $F = ne_0 E_x$ (бу ерда, n – заррача олган заряд; e_0 – элементар заряд катталиги; E_x – катод ўкидан x масофадаги электр майдон потенциали градиенти) куч билан таъсир этади.



5.52-расм. Трубали (а) ва пластинали (б) электродлар:
1-«тожли» электрод; 2-чўктирувчи трубали электрод; 3-куч йўналишлари; 4-чўктирувчи, пластинали электрод.
I - чангли газ; II - тозаланган газ.

Электр майдон таъсирида заррачанинг чўкиш тезлиги ушбу тенгламадан аникланади:



5.53-расм. Трубали электрофильтр:
1 - силкитувчи мослама; 2 - изолятор; 3 - ром; 4 – «тож» ҳосил килувчи электрод; 5 - трубали электрод - анод; 6 - тешикли панжара; 7 - чанг йиғгич.

$$w_ч = \frac{ne_0 E_x}{3\pi d\mu} \qquad (5.72)$$

Ундан ташкари, заррача чўкиш тезлиги (3.72а) тенгламадан аникланиши мумкин:

$$w_ч = \frac{dx}{d\tau} \qquad (5.72а)$$

Заррачанинг чўкиш давомийлиги:

$$\tau_ч = \int_r^R \frac{dx}{w_ч} \qquad (5.73)$$

бу ерда, R – катод ўкидан анод ўкигача бўлган масофа; r – катод радиуси.

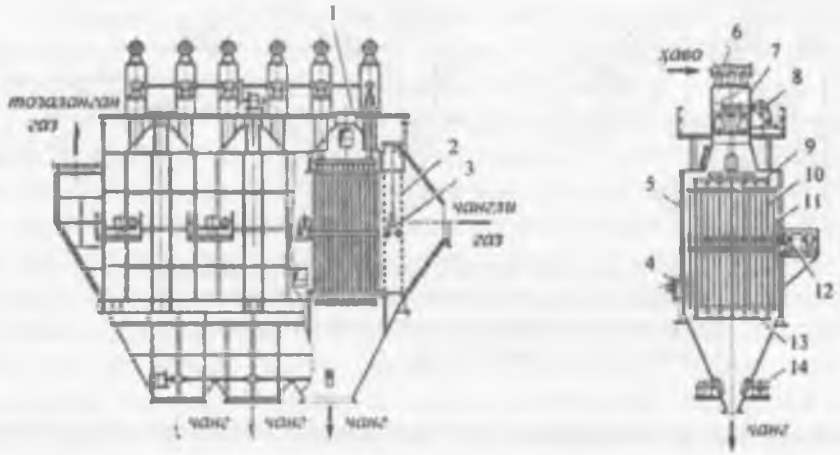
Электр майдон потенциали градиенти E_x катодгача бўлган масофа x га боғлик. Шунинг учун, заррачаларнинг чўкиш вакти (5.73) тенгламани график интегралаш усули билан аникланади.

Трубали электрофильтрлар. Чанг ва тутун газлари қурилманинг пастки қисми бўлмиш электродлар маҳкамланган тешикли панжара (6) тагига узатилади ва трубали электрод (анод)лар ичига таксимланади (5.53-расм).

Трубали электродлар ичига «тож» ҳосил қилувчи электродлар-катодлар ўрнатилган. Электродлар изоляторга таяниб турувчи умумий ромда маҳкамланади. Электр майдони таъсирида газ таркибидаги заррачалар чўкади. Анодга чўкиб, қатлам ҳосил қилган заррачалар вақти-вақти билан силкитиб турилади ва қурилманинг пастки қисмидаги конуссимон тубда йигилади. Йиғилган чанг заррачалардан иборат чўкма пастки штуцердан тўкилади, тозаланган газ эса фильтрнинг тепа қисмидаги штуцердан атроф-муҳитга чикариб юборилади.

Ушбу горизонтал электр фильтр температураси 100...250°С бўлган газ аралашмасидан техник углеродни ажратиш учун хизмат қилади (5.54-расм). Электр фильтрнинг фаол юзаси 15 м^2 ни ташкил этади ва унинг газларни тозалаш даражаси 98% ни ташкил этади. Ажратиб олинган каттик заррачаларни қурилмадан чикаришни тожли ва чўктирувчи электродларнинг силкитиш механизм 8,12 лари таъминлайди. Чўктирилган заррачаларни қўзғатиш механизми 14 билан жиҳозланган бункерли электр фильтр техник углеродни, қўзғатиш механизми йўк қурилмалар эса – катализаторлар кукунини ушлаб қолиш учун қўлланилади. Заррачаларни қўзғатиш ва тўкиш узлуксиздир.

Ушбу қурилманинг яна бир афзаллиги шундаки, ҳар бир майдон тепасига сакловчи клапан 1 лар ўрнатилган ҳамда изолаторларни ҳаво билан пуфлаб изолятор қутиларига чанг ўтирмаслигидир. Ҳозирги кунда, бир нечта кетма - кет уланган секциялардан газ ўтадиган секцияли электрофильтрлар яратилган.



5.54-расм. Газни коракуядан тозалаш электр фильтри (ЭСГ-15-3).
1-сакловчи клапан; 2-газ таксимлаш панжараси; 3-панжарани силкитиш механизми; 4-люк; 5-кобик; 6-коллектор; 7-изоляторли кутича; 8-тожли электродни силкитиш механизми; 9-тожли электродни осиш рамаси; 10-тожли электрод; 11-чўктирувчи электрод; 12-чўктирувчи электродларни силкитиш механизми; 13-юкли тожли электродларнинг пастки рамаси; 14-чўктирилган заррачаларни қўзғатиш механизми.

Одатда, трубалар диаметри 150...300 мм ва узунлиги 3...4 м қилиб ясалади. Трубалар ичида тортилган симлар диаметри 1,5...2,0 мм.

Газларнинг тозаланиш даражаси 99%, айрим ҳолларда 99,9% ни ташкил этади.

Пластинали электрофильтрларда анод вазифасини пластиналар, катодни эса пластиналар орасига тортилган симлар бажаради. Электрофильтрларда газларни тозаланиш даражаси, чангларнинг электр ўтказувчанлигига боғлик.

Агар заррачалар электр токини яхши ўтказса, унда заррачалар зарядини бир зумда беради ва электрон зарядини эгаллайди. Бунда, бир - биридан кочиш Кулон кучи ҳосил бўлиб, фильтрдан газ билан заррачалар учиб кетишга олиб келади ва тозаланиш даражаси камаяди. Агар заррачалар электр токини ёмон ўтказса, унда электродда манфий зарядланган заррачалардан иборат зич қатлам ҳосил бўлиб, асосий электр майдонга карши таъсир қилади.

Газ таркибидаги заррачалар концентрацияси юкори бўлганда ҳам, газнинг тозаланиш даражаси паст бўлади. Чунки, ионларнинг заррачаларда чўкиши, олиб ўтилган зарядлар сонини камайишига сабабчи бўлади. Демак, ток кучи ҳам пасаяди.

Газ таркибидаги заррачалар концентрациясини пасайтириш учун электрофильтрдан олдин қўшимча газ фильтрлар ўрнатилади.

Пластинали электрофильтр электродларига чўкган чанглар трубали фильтрникидан осонрок тозаланади ва сим узунлиги бирлигига камрок энергия ишлатади. Ундан ташкари, бу фильтрлар ихчам, кам металл сарфлайди ва йиғилиши осон.

Агар электродлар сони ва курилманинг кўндаланг кесими маълум бўлса, электрофильтрларни ҳисоблаш унинг «тожли» электродининг узунлигини аниклашдан иборат бўлади.

Электрфильтрдаги ток миқдори $I = iL$ га тенг бўлиб, бу ерда i – ток зичлиги; L – электрод узунлиги.

Қуйида келтирилган тенгламадан потенциалнинг критик градиенти топилади:

$$E_{cp} = 31 + 9{,}54\sqrt{\frac{\sigma}{r}} \qquad (5.74)$$

бу ерда, σ – босим 0,1 МПа да ушбу шароитдаги хаво зичлигининг 25°С температура ва босими 10^5 Па даги зичлигига нисбати.

Агар электродлар орасидаги масофани билсак, электродлардаги потенциаллар фаркини топиш мумкин. Газларни тозаланиш даражаси ушбу умумий формула ёрдамида аникланиши мумкин:

$$\eta_з = 1 - \frac{x_2}{x_1} = 1 - e^{-w_э f} \qquad (5.75)$$

бу ерда, x_1 ва x_2 – электрофильтрларга кираётган ва ундан чикаётган газларда каттик заррачалар концентрацияси, кг/м^3; $w_э$ – электрод юзасига караб харакат килаётган зарядланган заррача тезлиги, м/с; f – солиштирма чўкиш юзаси, м^2/(м^3/с).

Трубали электрофильтрлар учун:

$$f = \frac{2l}{rw} \qquad (5.76)$$

Пластинали электрофильтрлар учун:

$$f = \frac{l}{hw} \qquad (5.77)$$

бу ерда, l – труба ёки пластина узунлиги, м; r – чўктириш электроди трубасининг радиуси, м; h – чўктирувчи ва «тожли» электродлар орасидаги масофа, м; $w_э$ – электрофильтрларда газнинг тезлиги, м/с.

Электрофильтрларда ток билан таъминловчи кўтариб-тўғриловчи агрегат қуввати N (кВт) ушбу формуладан топилади:

$$N = \frac{0{,}707 \cdot 10^{-5} V \cdot I \cdot m + 0{,}5}{\eta} \qquad (5.78)$$

бу ерда, V – электродларда ишчи потенциаллар фарки, кВ; m=1,5...2,2 – тўғриланган ток эгри чизигининг шакл коэффициенти; η=0,7...0,8 – агрегат ф.и.к.

5.21. Газ тозалаш жараёнини интенсивлаш

Турли хил курилмаларда газларни тозалаш даражасини ошириш мумкин. Бунинг учун тозалаш жараёнидан аввал газ таркибидаги каттик заррачалар ўлчамини катталаш керак.

Бу максадга эришиш учун акустик коагуляция қўлланиши мумкин, яъни газ аралашмасига акустик тебранма товуш ва ультратовуш частоталарини таъсир эттириш керак. Товуш ва ультра товушларнинг кескин ўзгариши ўта майда заррачаларни интенсив тебранишига сабабчи бўлади. Натижада, заррачаларнинг ўзаро тўкнашуви ва ўлчами кескин ортади. Газларга товуш баландлиги 145...150 дБ ва тебраниш частотаси 2...50 кГц бўлган акустик таъсир берилади.

Заррачалар ўлчамини катталашнинг бошка усуллари хам бор. Масалан, каттик заррачаларда сув буғларини конденсациялаш. Бунинг учун, иссик газ окимига ўта майда совук сув томчиларини пуркаш, совук газ окимига совук сув пуркаш каби йўллар билан эришиш мумкин.

Газ тозалаш қурилмаларини танлашда уларнинг техник-иктисодий кўрсаткичларини инобатга олиш зарур. Асосий кўрсаткичлар каторига қуйидагилар киради: газнинг тозаланиш даражаси; қурилманинг гидравлик каршилиги; тозалаш учун электр энергия, буғ ва сув сарфлари; қурилма ва газнинг тозалаш нархлари. Булардан ташкари, тозалаш самарадорлигига таъсир этувчи омилларни хам инобатга олиш керак, яъни газнинг намлиги ва концентрацияси, температураси ва кимёвий агрессивлиги, чангнинг хоссалари гигроскопиклиги, толалиги, ёпишкоклиги, куруклиги), заррача ўлчамлари, унинг фракция таркиби ва хоказо.

Қуйидаги 5.5-жадвалда газ тозалаш курилмаларининг айрим ўртача характеристикалари келтирилган. Жадвалдаги маълумотлардан кўриниб турибдики, циклон ва инерцион чанг ушлагичлар газларни факат ўлчамлари катта заррачалардан дағал ажратиш учун қўлланиши мумкин. Албатта, бу газлар қуруқ ва таркибидаги заррачалар ёпишқоқ ва толали бўлмаслиги зарур. Шу билан бирга, бу қурилмалар катта капитал ва эксплуатацион сарфлар талаб этмайди.

Шунинг учун, бу турдаги қурилмалар газсимон турли жинсли системаларни дағал, дастлабки тозалаш учун, сўнг эса электр ва енгли фильтрларда тўлиқ тозалаш максадида ишлатилади. Ундан ташқари, бундай дағал тозалаш вентилятор парракларини емирилишдан саклайди.

Циклон ва батареяли циклонларни юқори концентрацияли газларни тозалаш учун, батареяли циклонларни газсимон турли жинсли системаларнинг сарфи катта бўлганда қўллаш тавсия этилади.

Заррача ўлчамлари 1 мкм дан ортиқ, қуруқ ва кийин ҳўлланадиган чангларни майин тозалаш учун енгли фильтрлардан фойдаланилади. Лекин бу турдаги фильтрларни ёпишқоқ ва нам чангларни тозалаш учун ишлатиб бўлмайди.

Майда дисперс чангли газларни тўлиқ тозалаш учун скруббер, кўпикли чанг ушлагич ва электрфильтрлар қўлланилади. Тозаланаётган газ совитилиши ва намланиши рухсат этилган ҳамда ажратилаётган заррачалар кимматбаҳо маҳсулот бўлган ҳолларда, скруббер ва кўпикли чанг ушлагичлар қўлланиши максадга мувофикдир. Бу қурилмалар содда, нархи ва эксплуатацион сарфлари электрфильтрникидан анча кам.

5.5 -жадвал

Қурилма	Газдаги чангнинг максимал миқдори, кг/м^3	Айрим заррача ўлчами, мкм	Тозаланиш даражаси, %	Гидравлик каршилик, Н/м^2
Чанг чўктириш камераси	чегараланмаган	> 100	30…40	-
Циклон	0,4	> 10	70…95	400…700
Батареяли циклон	0,1	> 10	85…90	500…800
Марказдан кочма скруббер	0,05	> 2	90…95	400…800
Енгли фильтр	0,02	> 1	98…99	500…2500
Кўпикли чанг ушлагич	0,3	> 0,5	95…99	300…900
Вентури скруббери	0,05	> 1	95…99	1500…7000
Электрофильтр	0,01…0,05	> 0,005	99…99,9	100…200

Лекин ушбу усулда чангли газларни ажратиш жараёнида жуда кўп сув сарф бўлади. Шу сабабли, қурилма коррозиясининг тезлиги юкоридир. Агар дисперс заррачалар атроф-мухитни ифлослантириш хавфи бўлган ҳолларда, уларни суюк фазадан ажратиб олиш учун қўшимча қурилма талаб этилади.

Электр майдон таъсирида чангли газларни тозалаш юкори кўрсаткичларга эришиш имконини беради. Электрфильтрларнинг гидравлик каршилиги кичик ва энергия сарфи кам бўлади. Соатига 1000 м^3 газни тозалаш учун 0,2...0,3 кВт·соат электр энергия сарфланади. Қурук газларни тозалаш учун кўпинча пластинали, туман ва кийин ушланадиган чангларни тозалаш учун эса - трубали электрофильтрлар ишлатилади. Бу турдаги курилмалар киммат туради ва эксплуатация килиш анча мураккабдир. Ундан ташкари, газ таркибидаги заррачалар солиштирма электр каршилиги кичик бўлса, электрфильтрларни қўллаш етарли самара бермайди.

Газсимон турли жинсли системаларни тозалаш қурилмаларининг таҳлили шуни кўрсатадики, улар самарадорлигининг ортиши, одатда энергетик сарф ва қурилма ўлчамларининг ўсиши билан боғлик. Масалан, енгли ва электр фильтрлар чангли газларнинг тезликлари кичик бўлганда юкори самара беради, яъни катта ўлчамли қурилмаларда жараён ташкил этилганда.

Циклонлар ва Вентури скрубберларининг гидравлик каршиликлари канчалик юкори бўлса, улар чангли газларни шунчалик самарали фазаларга ажратади, лекин чангли газни узатиш учун энергия сарфи ҳам шунчалик кўп бўлади. Шунинг учун, ҳар бир аник ҳолатда қурилмани танлаш кўпгина кўрсаткичларни ҳисобга олишни такозо этади.

5.21.1. Скрубберларни хисоблаш

Пиролиз газини коракуядан тозалаш учун кўпикли скруббер ҳисоблансин. Ҳажмий сарф V=15000 м^3/соат, температура 36^{0}С, концентрацияси c=0,07 кг/м^3, фойдали иш коэффициенти η=0,975

Фойдали иш коэффициенти формуласидан c_1 ни топамиз:

$$\eta = \frac{c_1 - c_2}{c_2} = \frac{c_1 - 70}{70} = 0{,}975$$

$$c_1 = 0{,}975 \cdot 70 + 70 = 138{,}25 \ \ кг/м^3$$

Кўчиришлар сони куйидаги формуладан аникланади:

$$N_ч = \ln \cdot \frac{1}{1-\eta}$$

$$N_ч = \ln \cdot \frac{1}{1-0{,}975} = 3{,}69$$

Қуйидаги формула оркали солиштирма энергия K_T кийматини топамиз.

$$K_T \cdot N_ч = AK_T^B$$

бу ерда, A ва B – чангни ушлаб колишнинг тажрибавий кийматлари

$$A = 6{,}61\,10^{-3}, \qquad B = 0{,}891$$

$$3{,}69 = 6{,}61 \cdot 10^{-3} \cdot K_T^{0{,}891}$$

бундан K_T = 5558 кЖ/м^3.

Ишчи ҳолатида трубадан ҳаракатланаётган газ ҳажмини ҳисоблаймиз:

$$V_1 = V_{сух} \cdot \left[\frac{101325 \cdot (273 + t)}{273 \cdot (p_{бар} - p)} \cdot \left(1 + \frac{f}{0{,}804} \right) \right]$$

$$V_1 = \frac{15000}{3600} \cdot \left[\frac{101325 \cdot (273 + 250)}{273 \cdot (101325 - 3000)} \cdot \left(1 + \frac{0{,}050}{0{,}804} \right) \right] = 9{,}24 \ м^3/с.$$

Сувнинг солиштирма сарфи

$$m = \frac{V_в}{V_1} = 1 \cdot 10^{-3} \ м^3/м^3 \quad ёки \quad 1 \ л/м^3$$

Кўпикли трубадаги сувнинг умумий сарфини топамиз:

$$V_в = m \cdot V_1 = 1 \cdot 9{,}24 = 9{,}24 \ л/с$$

Скруббернинг гидравлик каршилигини ҳисоблаймиз, сув босими $P_в$ = 300 Па:

$$\Delta p_0 = K_т - P_в \cdot m = 5558 - 300000 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 5258 Па$$

Нормал шароитда скрубберга киришдаги газ зичлигини топамиз:

$$\rho_{0см} = \frac{1}{100 \cdot (\rho_{01} a_1 + \rho_{02} a_2 + ... + \rho_{0n} a_n)},$$

бу ерда, $\rho_{01}, \rho_{02}, ... \rho_{0n}$ – нормал шароитдаги газ компонентларининг зичликлари, махсус адабиётлардаги жадваллардан олинади.

$$\rho_0 = \frac{1}{100 \cdot (1{,}963 \cdot 18 + 0{,}0985 \cdot 8 + 1{,}2507 \cdot 51 + 1{,}250 \cdot 23)} = 1{,}44 \ кг/м^3$$

Скруббер трубасидан чикадиган газ температурасини ушбу формуладан ҳисоблаймиз:

$$t = (0{,}133 - 0{,}041 \cdot m) \cdot t_1 + t_2$$

бу ерда, m – сувнинг солиштирма сарфи, л/м³.

$$t = (0{,}133 - 0{,}041 \cdot 1) \cdot 250 + 36 = 59°C$$

Скруббер трубасидан чикаётган газнинг намлигини ҳисоблаймиз:

$$x_1 = \frac{f_1}{\rho_0} = \frac{0{,}05}{1{,}44} = 0{,}034$$

Нормал шароитда скруббердан чикаётган газ зичлигини аниклаймиз:

$$\rho_2 = \frac{(\rho_0 + f_1) \cdot 273 \cdot (p_{бар} - p - \Delta p)}{\left(1 + \frac{f_1}{0.804} \right) \cdot 101325 \cdot (273 + t_2)} =$$

$$= \frac{(1{,}44 + 0{,}05) \cdot 273 \cdot (101325 - 3000 - 5258)}{\left(1 + \frac{0{,}05}{0{,}804} \right) \cdot 101325 \cdot (273 + 59)} = \frac{1{,}49 \cdot 273 \cdot 93067}{1{,}06 \cdot 101325 \cdot 332} = 1{,}029 \ кг/м^3$$

Скруббердан чикаётган газ миқдорини топамиз:

$$V_2 = \left(\frac{V_0}{3600} \right) \cdot \left(\frac{\rho_0}{\rho_2} \right) = \left(\frac{100000}{3600} \right) \cdot \left(\frac{1{,}44}{1{,}029} \right) = 27{,}78 \cdot 1{,}41 = 39{,}28 \ м^3/с.$$

Скруббер диаметрини ҳисоблаймиз. Скруббер цилиндрик қисмидаги газ тезлигини w = 4,5 м/с деб қабул киламиз:

$$D = 1{,}13 \cdot \sqrt{\frac{V_2}{w_2}} = 1{,}13 \cdot \sqrt{\frac{39{,}23}{4{,}5}} = 3{,}3\ м$$

Диаметр 4000 мм бўлган стандарт скрубберни танлаймиз ва унда газнинг ҳақикий тезлигини ҳисоблаймиз:

$$w = \frac{4 \cdot V_2}{\pi \cdot D^2}$$

$$w = \frac{4 \cdot 39{,}28}{3{,}14 \cdot 4^2} = \frac{163{,}16}{50{,}24} = 4{,}6\ м/с$$

Шу диаметрли скруббернинг баландлиги

$$H = 4{,}6 \cdot D = 4{,}6 \cdot 4 = 18{,}4 м$$

Скруббернинг гидравлик каршилиги қуйидаги формуладан аникланади:

$$\Delta p = \xi \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2}, \qquad \xi = \frac{\xi_{ск}}{0{,}63} \cdot \left(\frac{M_ж \cdot \rho_г}{M_г \cdot \rho_ж}\right)^{0{,}3}$$

бу ерда, ρ – иш холатидаги газнинг зичлиги, Н с/м^4, w , кириш патрубкасидаги газнинг тезлиги, м/с, ξ=34 – курилманинг гидравлик каршилик коэффициенти; $M_ж$ – суюкликнинг массавий сарфи; $M_г$ – газнинг массавий сарфи; $\xi_ск$ – скруббер трубасининг гидравлик каршилик коэффициенти.

$$\Delta p = 34 \cdot \frac{4{,}63^2}{2} \cdot 1{,}029 = 34 \cdot 10{,}72 \cdot 1{,}029 = 375\ Па.$$

Скруббер трубасининг гидравлик каршилиги:

$$\Delta p_{тр} = \Delta p_0 - \Delta p = 5258 - 375 = 4883\ Па$$

Скруббер трубасининг учидаги газ тезлиги қуйидаги формуладан аникланади:

$$w_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p_{тр}}{\xi_c \cdot \rho_2 + \xi_ж \cdot \rho_ж \cdot m}},$$

бу ерда, ξ_c –скруббер курук трубасининг гидравлик каршилик коэффициенти; $\rho_ж$ – суюклик зичлиги, кг/м^3; $\xi_ж$ – скруббер трубасининг гидравлик каршилик коэффициенти, трубага суюклик кирганда ҳисобга олинади; m – сувнинг солиштирма сарфи, м^3/м^3; ρ_2 – иш ҳолатида буг козонининг трубасидаги газ зичлиги, кг/м^3; $\Delta p_{тр}$ - скруббер трубасининг гидравлик каршилиги, Па.

$$w_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot 4883}{0{,}15 \cdot 1{,}029 + 0{,}75 \cdot 996 \cdot 1 \cdot 10^{-3}}} = \sqrt{\frac{9766}{0{,}1543 + 0{,}747}} = 104\ м/с,$$

Скруббер иккинчи трубасининг диаметрини ҳисоблаймиз:

$$D = 1{,}13 \cdot \sqrt{\frac{39{,}28}{104 \cdot 3}} = 0{,}14\ м$$

Конфузорга киришдаги штуцер диаметри (газ тезлиги w_3 = 20 м/с):

$$D_1 = 1{,}13 \cdot \sqrt{\frac{V_1}{v_1 \cdot n}} = 1{,}13 \cdot \sqrt{\frac{58.24}{20 \cdot 3}} = 1{,}11\ м$$

Конфузордан чикишдаги штуцернинг диаметри (газ тезлиги w_3 = 20 м/с):

$$D_3 = 1{,}13 \cdot \sqrt{\frac{V_2}{v_3 \cdot n}} = 1{,}13 \cdot \sqrt{\frac{39{,}28}{20 \cdot 3}} = 0{,}914\ м.$$

Скруббер трубаларини алоҳида ҳисоблаймиз:
– конфузор узунлиги қуйидаги формуладан топилади:

$$L_1 = \frac{D_1 - D_2}{2 \cdot \lg \frac{\alpha_1}{2}}, \qquad \alpha_1 = 45^\circ$$

$$L_1 = 2{,}7 \cdot (D_1 - D_2) = 2{,}7 \cdot (1{,}11 - 0{,}14) = 0{,}97\ м$$

Скруббер бўйинчасининг узунлиги:

$$L_2 = 0{,}15 \cdot D_2 = 0{,}15 \cdot 0{,}14 = 0{,}02\ м; \qquad L_3 = \frac{D_3 - D_2}{2 \cdot \lg \frac{\alpha_2}{2}}$$

$\alpha_2 = 6^0$ бўлганда конфузор узунлиги,

$$L_3 = \frac{9{,}14 - 1{,}4}{2 \cdot \lg \frac{6}{2}} = \frac{77}{0{,}954} = 8\ м$$

Трубаларнинг умумий узунлиги трубалар узунликларининг йигиндисига тенг:

$$L = L_1 + L_2 + L_3 = 0{,}97 + 0{,}02 + 8 = 8{,}99\ м$$

5-боб. Газларни тозалаш бўйича Мустақил тайёрланиш ва қайтариш учун саволлар

1. Газсимон турли жинсли системаларни тозалаш усуллари.
2. Газларни тозалаш даражасини аникловчи формулани ёзинг ва изоҳланг.
3. Чанг чўктириш камерасининг конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
4. Қайтаргич тўсикли тиндиргич конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
5. НИИОГаз циклони конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
6. Батареяли циклони конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
7. Енгли фильтр конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
8. Патронли фильтр конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
9. Газларни суюклик билан ювиб тозалаш асослари.
10. Ичи бўш скруббер конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
11. Насадкали скруббер конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
12. Вентури скруббери конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
13. Кўпикли скруббер конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
14. Электр майдон таъсирида газларни тозалаш механизми.
15. Қандай ток ёрдамида жараён ташкил этилади?
16. «Тожли» ва чўктирувчи электродлар нима?
17. Трубали электр фильтр конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
18. Пластинали электр фильтр конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.

ҚЎЗҒАЛМАС ВА МАВҲУМ ҚАЙНАШ ҚАТЛАМЛАРИ ГИДРОДИНАМИКАСИ

5.22. Умумий тушунчалар

Кимё, нефть-газ, озик-овкат ва бошка саноатларнинг технологик, жараёнларида айрим элементлардан таркиб топган қўзғалмас катлам материаллари оркали томчили суюклик ёки газлар окиб ўтади.

Донадор катлам элементларининг шакли ва ўлчами турли - туман кўринишга эга: масалан, фильтрлар чўкма катламининг майда заррачалари; гранула; таблетка, катализатор ёки адсорбент бўлаклари; абсорбцион ва ректификацион колонналардаги йирик насадкалар.

Бирор катлам заррачаларининг ўлчами бир хил ёки турлича бўлишига караб, донадор катламлар *монодисперс* ёки *полидисперс* бўлиши мумкин.

Донадор катлам оркали суюклик ҳаракати даврида катлам заррачалари орасидаги бўшликлар суюклик билан тўлиб туради. Бунда, суюклик катламнинг заррачаларини, элементларини ювиб ва нотўғри шаклли каналлар оркали окиб ўтади. Бундай ҳаракат гидродинамиканинг аралаш масаласини ташкил этади.

5.23. Қўзғалмас донадор ва ғовак катламлар оркали суюклик харакати

Газ энергияси ҳисобига каттик заррачаларнинг бир - бирига нисбатан тартибсиз ҳаракатига, яъни катлам худди кайнаётгандек бўлиб кўринишига «каттик жисм – газ» икки фазали системанинг мавҳум кайнаши деб аталади. Ишчи элткич таъсирида ҳосил бўлган мавҳум кайнаш ёки кайнаш катлами деб номланишининг келиб чикиш сабабларидан бири, ушбу катламга томчили суюкликлар кўп хоссалари..::нг мослигидир.

Агар каттик материал катламининг мавҳум кайнаш ҳолатини таъминловчи тезлик билан юкорига караб ишчи элткич ҳаракат килса, мавҳум кайнаш катлами ҳосил бўлади.

Охирги вактда кимё, озик-овкат ва бошка саноатларнинг барча корхоналарида мавҳум кайнаш жараёнлари кенг кўламда қўлланилмокда. Ушбу жараён аралаштириш, узатиш, сочилувчан материалларни классификациялаш, иссиклик алмашиниш, куритиш, адсорбция, абсорбция, грануллаш, кристалланиш ва бошка жараёнларда юкори натижалар бермокда. Бундай ижобий натижалар мавҳум кайнаш жараёнининг қуйидаги афзалликлари билан белгиланади:

1. Қаттик заррачалар интенсив аралашиши, курилманинг бутун ҳажми бўйлаб материал температураси ва концентрацияларининг текисланишига олиб келади. Бу ҳол ўз навбатида жараённи оптимал ташкил этишга халакит берувчи каттик заррачаларни локал ўта кизиб кетиш олдини олади.

2. Мавҳум кайнаш катламининг юкори оқувчанлиги материални бетўхтов узатувчи ва тайёр маҳсулотни тўкувчи, яъни узлуксиз равишда ишлайдиган курилмаларни яратиш имконини беради.

3. Кичик ўлчамли, катта солиштирма юзали заррачалар кайта ишланганда иссиклик ва масса алмашиниш юзалари кескин ортади ҳамда диффузион каршилик камаяди. Бу ҳол ўз навбатида курилманинг иш унумдорлигини оширишга олиб келади.

4. Иссиклик алмашиниш жараёнлари интенсивлашади, бу эса иссиклик алмашиниш курилмалари ишчи ҳажмларини камайтириш имконини яратади.

5. Мавҳум кайнаш катламли курилмалар гидравлик каршилиги кичик бўлади ва газ окимининг тезлигига боғлик эмас.

6. Қаттик заррачалар ва ишчи элткичлар хоссалари жуда кенг ораликда ўзгарадиган ҳамда суспензия ва пастасимон материаллар ҳам мавҳум кайнаш жараёнида кайта ишланиши мумкин.

7. Мавҳум кайнаш катламли курилмалар тузилиши содда, ихчам ва осон автоматлаштирилади.

Юкорида кайд этилган афзалликлар билан бирга, мавҳум кайнаш жараёнининг қуйидаги камчиликлари бор:

– бир секцияда заррача ва ишчи элткичларнинг бўлиш вакти бир хил эмас;

– мавҳум кайнаш катламида заррачалар бир - бирига урилиши натижасида едирилади;

– заррачаларни едирилиши натижасида ҳосил бўлган чанг қурилмадан учиб кетади. Бу ҳол, албатта қўшимча чанг ушлагичлар ўрнатилишини такозо этади;

– диэлектрик материал заррачалари мавҳум кайнаш катламли қурилмаларда ишлов берилганда, статик электр зарядлар ҳосил килади. Бу эса, портлаш хавфини тугдиради.

Қайд этилган мавҳум кайнаш жараёнининг камчиликлари салмокли эмас ва улар кисман ёки бутунлай бартараф килиниши мумкин.

Сочилувчан, донадор материаллар катлами гидравлик каршилик, заррачалар ўлчами, солиштирма юза ва бўш ҳажм улуши билан характерланади.

Солиштирма юза - a ($м^2/м^3$) катламнинг ҳажм бирлигида жойлашган ҳамма заррачалар юзасини ифодалайди.

Донасимон заррачалар орасидаги бўшлик ҳажмининг катлам ҳажмига нисбати ***бўш ҳажм*** ёки ***говаклилик*** **(ε)** дейилади ва ўлчамсиз катталикдир:

$$\varepsilon = \frac{V - V_0}{V} \qquad (5.79)$$

бу ерда, V – донасимон катлам ҳажми, $м^3$, V_0 – катлам заррачалари эгаллаган ҳажм, $м^3$

Агар бирор курилмада донасимон материаллар баландлиги H (м) кўндаланг кесим юзаси F ($м^2$) бўлса, унда катлам ҳажми $V = FH$ ва заррачалар эгаллаб турган ҳажм $V_0 = FH(1-\varepsilon)$ га тенг бўлади. Тегишли катламнинг бўш ҳажми $V_{бх} = FH\varepsilon$, заррачалар юзаси эса FHa га тенг.

Қатлам каналларининг кўндаланг кесимлар йиғиндиси ёки катламнинг бўш кўндаланг кесимини топиш учун $V_{бх}$ ни канал узунлигига бўлиш керак. Агар каналларнинг ўртача узунлиги катлам баландлигидан $\alpha_к$ марта ортик бўлса, каналлар узунлиги $\alpha_к H$ ва катламнинг бўш кўндаланг кесими $FH\varepsilon/\alpha_к$, $H = F\varepsilon/\alpha_к$ (бу ерда $\alpha_к$ - каналларнинг эгрилик коэффициенти).

Бўш кўндаланг кесимнинг ҳўлланган периметри каналлар умумий юзасини уларнинг ўртача узунлигига бўлиш йўли билан топилади, яъни $П = FHa/\alpha_к H = Fa/\alpha_к$

Агар катламнинг бўш кўндаланг кесими ва ҳўлланган периметри маълум бўлса, эквивалент диаметрни ушбу тенгламадан аникласа бўлади:

$$d_э = \frac{4F}{П} = \frac{4 \cdot \left(\frac{F\varepsilon}{\alpha_к}\right)}{\frac{Fa}{\alpha_к}} = \frac{4\varepsilon}{a} \qquad (5.80)$$

Эквивалент диаметр $d_э$ катлам заррачалари ўлчамлари оркали ҳам ифодаланиши мумкин. Агар катлам ҳажми 1 $м^3$, заррачалари сони n та бўлса, уларнинг ҳажми $(1-\varepsilon)$ ва юзаси a га тенг деб ҳисоблаймиз. Унда, битта заррачанинг ўртача ҳажми:

$$V_з = \frac{1-\varepsilon}{n} = \frac{\pi d^3}{6} \qquad (5.81)$$

юзаси эса:

$$F_з = \frac{a}{n} = \frac{\pi d^2}{f} \qquad (5.82)$$

бу ерда, d – заррача ҳажмига тенг эквивалент шарнинг диаметри; f – шакл коэффициенти (шар учун $f = 1$).

Унда, заррачз юзасининг ҳажмига нисбати ушбу кўринишдан топилади:

$$\frac{a}{1-\varepsilon} = \frac{6}{df} \qquad (5.83)$$

бундан

$$a = \frac{6 \cdot (1 - \varepsilon)}{fd} \tag{5.84}$$

Агар (5.84) ни (5.80) тенгламага қўйсак, қуйидаги формулани оламиз:

$$d_э = \frac{2f\varepsilon d}{3 \cdot (1 - \varepsilon)} \tag{5.85}$$

Полидисперс заррачалардан таркиб топган қатлам учун диаметр d ушбу нисбатдан ҳисоблаб топилади:

$$d = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} \frac{x_i}{d_i}} \tag{5.86}$$

бу ерда, x_i - d_i диаметрли заррачаларининг ҳажмий ёки массавий улуши

Донасимон қатлам заррачалари орасидаги каналларда ҳаракатланаётган окимнинг ҳақикий тезлиги w ни аниқлаш жуда қийин. Шунинг учун, аввал суюқликнинг мавҳум тезлиги w_0 топилади. Ҳақикий ва мавҳум тезликлар орасида қуйидаги боғлиқлик бор:

$$w = \frac{w_0}{\varepsilon} \tag{5.87}$$

Суюқлик донасимон қатламга ҳаракат қилганда, (ишқаланиш қаршилиги) гидравлик қаршиликни, босим йўқотилишини (4.48) ҳисоблаш формуласидан топиш мумкин:

$$\Delta P_{ик} = \lambda \frac{l}{d_э} \frac{\rho w^2}{2} = \lambda \frac{H}{\left[\frac{2fed}{3 \cdot (1 - \varepsilon)}\right]} \frac{\rho \cdot \left(\frac{w_0}{\varepsilon}\right)^2}{2}$$

ёки

$$\Delta P = \frac{3 \cdot (1 - \varepsilon)}{2\varepsilon^3 f} \cdot \lambda \cdot \frac{H}{d} \cdot \frac{\rho w_0^2}{2} \tag{5.88}$$

Маълумки, гидравлик қаршилик коэффициенти λ гидродинамик режимга боғлик бўлиб, Рейнольдс критерийси қиймати билан белгиланади.

Агар (5.87) дан w ва (5.85) дан $d_э$ ларнинг қийматларини Re қўйсак, ушбу кўринишдаги Рейнольдс критерийсини оламиз:

$$\mathrm{Re} = \frac{wd_э\rho}{\mu} = \frac{4w_0\varepsilon\rho}{a\mu}$$

ёки

$$\mathrm{Re} = \frac{4w_0\rho}{a\mu} = \frac{4W}{a\mu} \tag{5.89}$$

бу ерда, W – қурилманинг 1 м^2 кўндаланг кесимига тўғри келадиган суюқликнинг массавий тезлиги, кг/(м^{2}с)

Олинган формуладаги солиштирма юза a ўрнига (5.84) тенгламадаги қийматни ёки Re формуласига $d_э$ нинг қийматини (5.85) дан тўғридан-тўғри қўйсак, қуйидаги кўринишга эга бўламиз:

$$\mathrm{Re} = \frac{2}{3} \cdot \frac{f}{1-\varepsilon} \cdot \frac{w_0 d\rho}{\mu} = \frac{2}{3} \cdot \frac{f}{1-\varepsilon} \cdot \mathrm{Re}_0 \tag{5.90}$$

бу ерда:

$$\mathrm{Re}_0 = \frac{w_0 d\rho}{\mu} \qquad (5.91)$$

Гидравлик каршилик коэффициенти λ ни ҳисоблаш учун бир катор формулалар келтириб чикарилган. Суюкликларнинг сочилувчан, донадор катламларда ҳаракат килишидаги ҳамма режимлар умумий гидравлик каршилик коэффициентини ҳисоблаш қуйидаги формула ёрдамида амалга оширилади:

$$\lambda = \frac{133}{\mathrm{Re}} + 2{,}34 \qquad (5.92)$$

Ушбу формуладаги Re критерийси (5.91) формула оркали аникланган.

Шуни алоҳида кайд этиш керакки, газ донадор катлам оркали ҳаракат килганда турбулент режим, суюклик труба ичида ҳаракат пайтидан, аввалрок бошланади. Лекин ламинар ва турбулент режимлар орасида кескин ўтиш ҳолати йўк. Ламинар режим $Re < 50$ дан кийматларда амалга ошади. Ушбу режимда донадор катлам учун $\lambda = A/Re$.

Агар $Re < 1$ бўлганда (5.92) формуладаги қўшилувчи ҳисобга олинмайди, яъни λ қуйидаги формуладан топилади:

$$\lambda = \frac{133}{\mathrm{Re}} \qquad (5.92а)$$

Агар $Re > 700$ бўлганда, донадор катламда турбулент режимнинг автомодель соҳаси бошланади, яъни жараён тезликка боғлик бўлмайди. Унда, (5.92) формуладаги биринчи қўшилувчини тушириб колдириш мумкин, яъни:

$$\lambda \approx 2{,}34 = const \qquad (5.93)$$

Донадор катлам бўш ҳажми ёки ғоваклилиги ε қурилмага материални юклаш услубига боғлик. Масалан, шарсимон материаллар эркин тўкиб юкланганда катламнинг ғоваклилиги ўртача $\varepsilon \approx 0{,}4$ га тенг. Лекин амалиётда ε нинг киймати 0,35 дан 0,45 гача бўлади.

Ундан ташкари, донадор катламнинг ε катталиги заррача диаметри d ва қурилма диаметри D орасидаги нисбатга боғликдир. Бунга сабабчи девор олди эффектидир, яъни девор якинида заррачалар зичланиши ҳар доим кам бўлади. Шунинг учун, девор олдида катламнинг ғоваклиги қурилма маркази ғоваклигидан ҳар доим юкоридир. Ушбу фарк d/D ортиши билан кўпайиб боради.

Саноат донадор катламли қурилмаларини моделлаштиришда модель қурилма диаметри материал заррачалари диаметридан энг камида 8...10 марта катта бўлиши шарт.

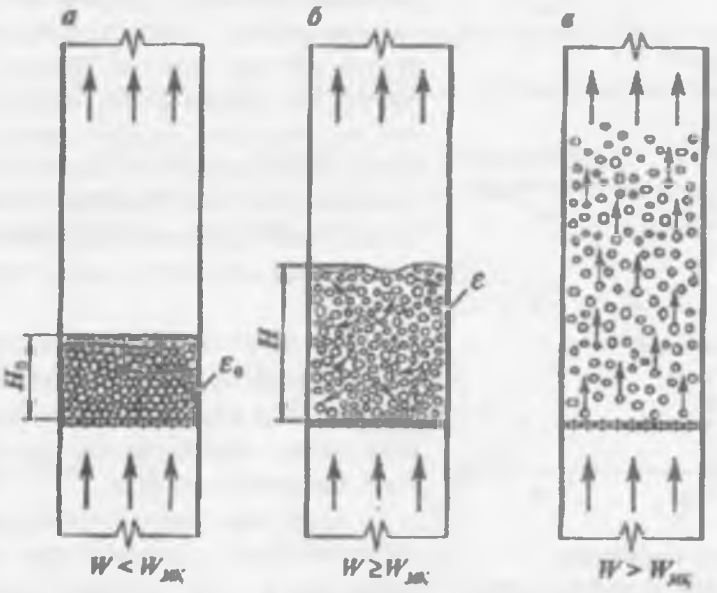
5.24. Мавҳум кайнаш жараёни асослари ва гидродинамикаси

Суюклик оқими исталган тезликларда, фақат пастдан юкорига ҳаракат килгандагина, донадор катлам оркали суюклик ҳаракати конуниятлари ушбу жараён учун тааллуклидир. Суюклик окимининг юкори чегараси катлам қўзғалмас ҳолати билан белгиланади.

5.55-расмда каттик заррачалар катламининг пастдан юкорига кўтарилувчи оқим тезлигига боғликлик 3 ҳолати тасвирланган.

Газ тақсимлаш тўғри оркали пастдан юкорига караб кичик тезлик билан газ ёки суюклик оқими юборилса, донадор қатлам қўзғалмас ҳолатида колади (5.55а-расм). Бунда оқим тезлиги ўзгариши билан катлам (солиштирма юза, ғоваклилик ва ҳоказо) нинг характеристикалари ўзгармайди. Қатлам оркали ўтаётган газ (ёки суюклик) оддий, фильтрланиб ҳаракатланади.

Лекин, газ (ёки суюклик) окимининг тезлиги аста - секин ошириб борилса, тезликнинг маълум бир критик кийматида катламдаги заррачалар оғирлиги билан окимнинг гидродинамик босим кучи тенглашади. Бунда катламнинг қўзғалмас ҳолати бузилади ва унинг ғоваклиги, баландлиги кўпайиб боради. Шу вақтда катлам заррачалари силжий бошлайди ва катлам оқувчанликка эга бўла бошлайди. Агар газ окими тезлиги янада оширилса, катлам кенгаяди, заррачалар ҳаракати фаоллашади, лекин гидродинамик мувозанат ҳали ҳам бузилмайди. Бу ҳол катламнинг мавҳум қайнаш жараёнига ўтганлигини кўрсатади, яъни бутун катлам худди қайнаётгандек бўлиб кўринади (5.55б-расм). Қатламнинг



5.55-расм. Қаттиқ заррачалар қатлами орқали газ (суюклик) ҳаракати.
а-қўзғалмас катлам, б-мавҳум қайнаш қатлами,
в - каттиқ заррачаларнинг оқим билан чиқиб кетиши.

бундай ҳолатида каттиқ заррачалар интенсив, тартибсиз, турли йўналишларда ҳаракат килади.

Агар газ окимининг тезлиги янада оширилса, катлам ғоваклилиги ва баландлиги кескин кўпайиб боради. Газ тезлиги маълум бир критик қийматга етганда мавҳум қайнаш катлами бузилади. Бунда гидродинамик босим кучлари катлам заррачалари оғирлик кучидан ошиб кетади ва каттиқ заррачалар газ окими билан бирга учиб чика бошлайди (5.55в-расм). Газ окими билан каттиқ заррачаларнинг ёппасига учиб чика бошлаш ходисаси ***пневмотранспорт*** деб номланади ва саноатда сочилувчан материалларни узатиш учун ишлатилади.

5.56-расмда донадор катлам баландлиги ва гидравлик каршилигининг оким ***сохта*** (қурилма кўндаланг кесим юзасига нисбатан ҳисобланган тезлик) ***тезлигидан*** боғликлик графиклари келтирилган.

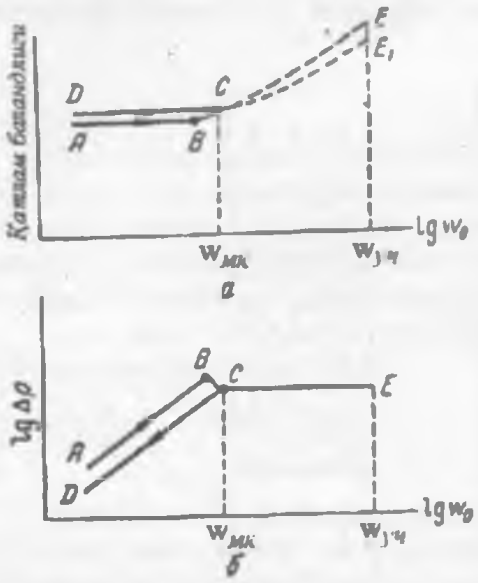
Қатлам қўзғалмаслиги бузилиб, мавҳум қайнаш ҳолатига ўтиш пайтидаги тезлик ***мавҳум қайнашнинг бошланиш тезлиги ёки биринчи критик тезлик*** деб номланади ва $w_{мк}$ ҳарфи билан белгиланади.

Агар газ окими тезлигини $w_{мк}$ гача ошириб борилса, донадор катлам гидравлик каршилиги ортиб боради (5.56б-расм). Лекин w_0 киймати ошиши билан катламнинг баландлиги умуман ўзгармайди (5.56а-расм ABC чизик).

Окимнинг гидродинамик босим кучи каттиқ заррачалар катлами оғирлик кучига тенг бўлганда мавҳум қайнаш жараёни бошланади. Лекин амалда *B* нуқтадаги тегишли босимлар фарки бевосита мавҳум қайнаш бошланишига (*C* нуқта) оид ΔP дан, яъни катламни мавҳум кайнаш ҳолатида ушлаб туриш учун зарур гидродинамик босим кучидан кўпроқ бўлади.

Бунга сабаб, қўзғалмас катлам ҳолатидаги заррачалар орасидаги тортишиш кучидир. Газ оқими тезлиги $w_{мк}$ бўлганда, заррачалар орасидаги тортишиш кучларини енгади ва гидродинамик босим кучи (ΔP) катлам заррачалари оғирлигига тенглашади.

5.56б-расмдан кўриниб турибдики, юқорида айтилган шартлар мавҳум кайнаш жараёнининг ҳамма оралиғида (CE чизик) бажарилмокда. Мавҳум кайнаш бошланиши билан окимнинг гидродинамик босим кучлари катламдаги каттик заррачалар оғирлигини мувозанатда ушлайди.



5.56- расм. Доимадор заррачалар катлами баландлиги (а) ва гидравлик каршилигининг (б) оким тезлигига богликлиги.

Газ оқими тезлиги ортиши билан катлам заррачалари оғирлиги ўзгармайди. Демак, катламни мавҳум кайнаш ҳолатида ушлаб туриш учун зарур бўлган ΔP ҳам бир хил бўлади. Бу ҳолат 5.56б-расмда CE чизиғи билан ифодаланадн. Агар тезлик яна оширилса, мавҳум кайнаш мувозанати бузилиб, қурилмадан газ оқими билан заррачалар ёппасига учиб чика бошлайди. Ушбу ҳолатга оид тезлик ***учиб чиқиш тезлиги*** ёки ***иккинчи критик тезлик*** деб юритилади ва $w_{уч}$ белги билан ифодаланади.

Бу ҳолатда катламнинг ғоваклилиги жуда катта бўлади, яъни ε ни киймати 1 якинлашиб боради. Агар ишчи тезлик w_0 киймати $w_{уч}$ дан озгина ортса, заррачаларнинг қурилмадан ёппасига учиб чикиши бошланади.

Агар газ оқими тезлиги аста - секин камайтириб борилса, жараён эгри чизиғи ABC чизик эмас, балки CD чизиғи билан ифодаланади (5.56б-расм). Ушбу ҳодиса ***гистерезис*** деб номланади. Гистерезис ҳодисасининг пайдо бўлишига сабаб, заррачалар ўртасидаги ўзаро тортишиш кучи, яъни ушбу кучни енгишга қўшнмча энергия сарф бўлишидир. Ундан ташкари, мавҳум кайнаш жараёни тугагандан сўнг, қўзғалмас катлам ғоваклилиги ёки баландлиги мавҳум кайнаш жараёни бошлашдан аввалги катламникидан бир оз кўп бўлади (5.56-расм). Бунинг исботи расмдаги CD чизикнинг AB дан тепада жойлашганлигидир.

Агарда жараён яна кайтадан бошланса, яъни газ оқими тезлиги ортиши билан катламнинг гидравлик каршилиги AB чизиғи эмас, балки CD чизиғи билан ифодаланади. Хулоса килиб айтганда, гистерезис ҳодисаси намоён бўлмайди.

Мавҳум кайнаш жараёни эгри чизиғининг шакли катлам ҳолатини ифодалайди. Мавҳум кайнаш жараёни $w_{мк}$ ва $w_{уч}$ тезликлар оралиғи билан чегараланади.

Ишчи тезлик w нинг мавҳум кайнаш бошланиши тезлиги $w_{мк}$ га нисбати ***мавҳум кайнаш сони*** K_w деб аталади ва қуйидаги кўринишга эга:

$$K_w = \frac{w_0}{w_{мк}} \qquad (5.93)$$

Мавҳум кайнаш сони заррачаларнинг аралашиш интенсивлиги ва катлам ҳолатини ифодалайди.Кўпчилик ҳолатларда заррачаларнинг интенсив аралашиши $K_w \approx 2$ да бўлиши тажриба йўли билан аникланган. Аник технологик жараён учун K_w нинг оптимал киймати кенг ораликда ўзгаради ва тажриба йўли билан топилади.

Шарсимон шаклли ($f \approx 1$), ғоваклилиги $\varepsilon \approx 0{,}4$ бўлган катлам мавҳум кайнашининг бошланиш тезлиги проф. О.М.Тодес формуласи ёрдамида аникланиши мумкин:

$$\mathrm{Re}_{мк} = \frac{Ar}{1400 + 5{,}22\sqrt{Ar}} \qquad (5.94)$$

бу ерда

$$\mathrm{Re}_{мк} = \frac{w_{мк} \cdot d \cdot \rho}{\mu} \tag{5.95}$$

Мавҳум кайнаш бошланиш тезлиги:

$$w_{мк} = \frac{\mathrm{Re}_{мк} \cdot \mu}{d\rho} \tag{5.96}$$

(5.94) формуладаги Архимед (*Ar*) критерийси ушбу кўринишга эга:

$$Ar = \frac{gd_э^3}{\nu^2} \cdot \frac{\rho_к - \rho}{\rho} \tag{5.97}$$

бу ерда, $d_э$ – заррача эквивалент диаметри, м; ν – мухит кинематик қовушқоқлик коэффициенти, м^2 с; ρ ва $\rho_к$ – мухит ва заррача зичликлари, кг/м^3.

$w_0 > w_{мк}$ бўлган ҳолатда тезлик ортиши билан катлам кенгаяди ва ғоваклилиги (бўш ҳажми) кўпаяди.

Мавҳум катлам мувозанати бузилиши ва заррачаларнинг ёппасига учиб чикиш тезлигини ифодаловчи иккинчи критик тезлик ҳам проф. О.М.Тодес томонидан келтириб чикарилган формула ёрдамида ҳисоблаш мумкин:

$$\mathrm{Re}_{уч} = \frac{Ar}{18 + 0{,}575\sqrt{Ar}} \tag{5.98}$$

бунда

$$\mathrm{Re}_{уч} = \frac{w_{уч} d\rho}{\mu} \tag{5.99}$$

Учиб чиқиш тезлиги эса:

$$w_{уч} = \frac{\mathrm{Re}_{уч} \cdot \mu}{d \cdot \rho} \tag{5.100}$$

Қатлам ғоваклилиги $0{,}4 < \varepsilon < 1$ ораликда бўлганида *Re* ни ҳисоблаш учун қуйидаги умумлаштирилган формула таклиф этилади:

$$\mathrm{Re}_0 = \frac{Ar \cdot \varepsilon^{4{,}75}}{18 + 0{,}6\sqrt{Ar \cdot \varepsilon^{4{,}75}}} \tag{5.101}$$

Агар w маълум бўлса, ε ни (5.101) формулада топиш мумкин:

$$\varepsilon = \left(\frac{18\,\mathrm{Re}_0 + 0{,}36\,\mathrm{Re}_0^2}{Ar} \right)^{0{,}21} \tag{5.102}$$

Қўзғалмас катлам $H_к$ ва мавҳум кайнаш катлами баландликлари $H_{мк}$ ўртасида қуйидаги боғлиқлик бор.

$$H_{мк}(1 - \varepsilon_{мк}) = H_к(1 - \varepsilon_к) \tag{5.103}$$

бу ерда, $\varepsilon_к$ ва $\varepsilon_{мк}$ – қўзғалмас ва мавҳум кайнаш катламларининг ғоваклилиги.

Қатламдаги босимлар фарки ушбу тенгламадан аниқланади:

$$\Delta p = g\rho(1 - \varepsilon)H \tag{5.104}$$

$$\varepsilon = 1 - \frac{\rho_к}{\rho_э} \tag{5.105}$$

бу ерда, $\rho_к$ – катлам зичлиги, кг/м^3; $\rho_э$ – қаттиқ заррачалар зичлиги, кг/м^3.

Қўзғалмас катлам ғоваклилиги эса:

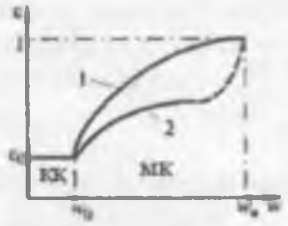
$$\varepsilon_0 = 1 - \frac{\rho_т}{\rho_э}$$

бу ерда, $\rho_т$ – материалнинг «тўкма» зичлиги, кг/м^3.

Қаттиқ заррачалар катламидаги босимлар фаркини ҳисоблаш учун Эрган формуласини қўллаш мумкин:

$$\Delta P = 150\frac{(1-\varepsilon_0)^2}{\varepsilon_0^3}\frac{\mu w}{d_э^2}H + 1{,}75\frac{1-\varepsilon_0}{\varepsilon_0^3}\cdot\frac{\rho_с w^2}{d_э}H \qquad (5.106)$$

Ғоваклилик ε ва Рейнольдс сони ***Re*** орасидаги боғлиқлик (5.101) формула билан ифодаланади ва унинг график тасвири 5.57-расмда келтирилган. (5.101) формула заррачанинг аниқ ўлчами ва бошқа хоссалари маълум бўлганда, унинг учиш тезлиги $w_{уч}$ ни юқори аниқликда ҳисоблаш имконини беради. Аммо заррача диаметри d ни аниқлашда маълум қийинчиликлар мавжуд, чунки ушбу ўлчам ҳам Рейнольдс сони ***Re***, ҳам Архимед сони ***Ar*** ларга киради.



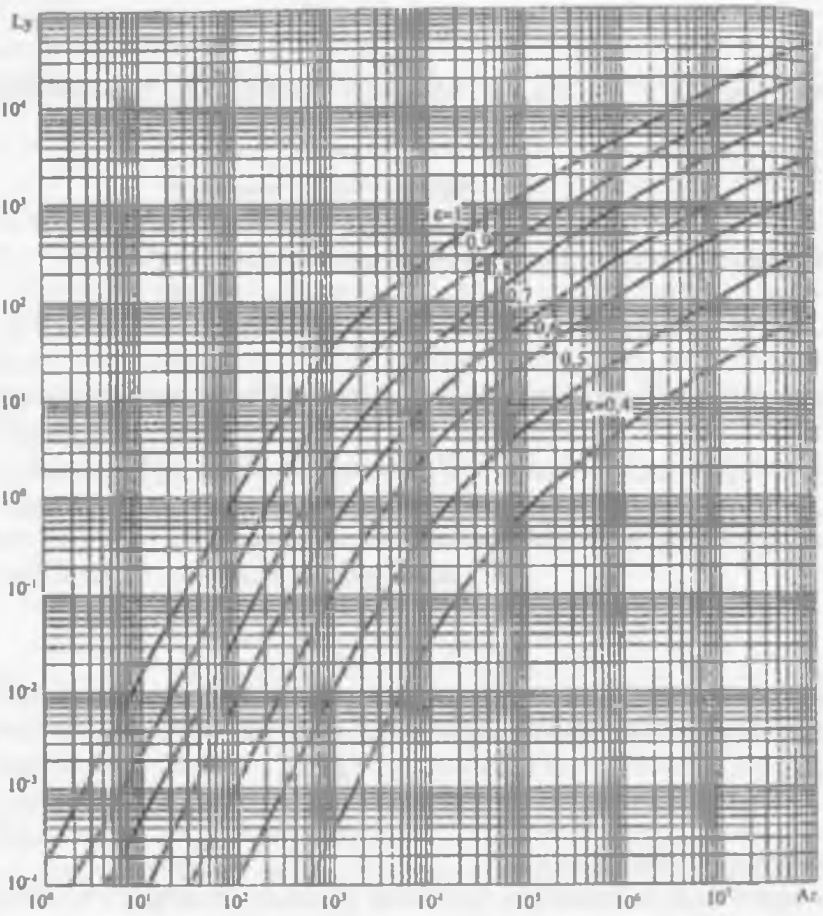
5.57-расм. Мавҳум қайнаш қатламининг кенгайиши.
1-бир жинсли мавҳум қайнаш; 2-турли жинсли мавҳум қайнаш. КК-кўзғалмас қатлам, МК-мавҳум қайнаш.

Бундай ҳолларда ўлчамсиз критерий Ляшченко сони ***Ly*** дан фойдаланиш анча қулай ва тўғри:

$$Ly = \frac{\mathrm{Re}^2}{Ar} = \frac{w^2\cdot\rho}{g\cdot\nu(\rho_к-\rho)} \qquad (5.108)$$

чунки, ушбу критерийда w бор, аммо d кирмайди.

Умумий ҳолларда ***Ly*** ва ***Re*** сонларининг ғоваклилик ε билан боғлиқликдан фойдаланиш мақсадга мувофиқ: шунда қаттиқ заррача ўлчами (***Ar***) ва ε маълум бўлса, ***Ly*** критерийсини ва учиб чиқиш тезлиги $w_{уч}$ осон аниқлаш мумкин. Худди шундай ғоваклилик ε ва $w_{уч}$ (***Ly***) маълум бўлса, ***Ar*** критерийси ва заррача диаметри d ни осон аниқлаш мумкин. Бир жинсли мавҳум қайнаш қатлами учун ***Ar***, ***Ly*** ва ε ларни боғловчи формула жуда катта ва муҳандислик ҳисоблашларда фойдаланиш учун ноқулай. Ушбу боғлиқликнинг график тасвири 5.58-расмда келтирилган.



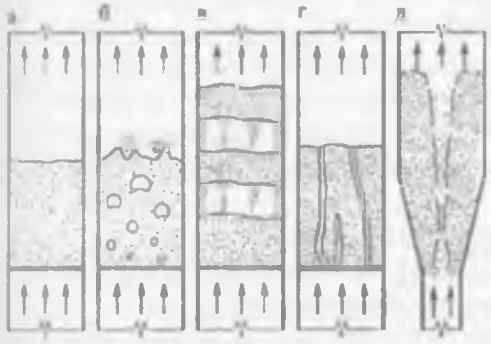
5.58-расм. Бир жинсли мавҳум қайнаш қатламининг эгри чизиқлари *Ly=f(A)*.
1-бир жинсли мавҳум қайнаш, 2-турли жинсли мавҳум қайнаш

Мавҳум қайнаш қатлами бир ва турли жинсли бўлиши мумкин.

Бир жинсли мавҳум қайнаш амалда фақат томчили суюқлик оқимида қаттиқ заррачалар мавҳум қайнаш жараёниди содир бўлади.

Бунда оқим тезлиги $w_{мк}$ дан кўпайиб кетганда қатлам баландлиги ортса ҳам уни тепа чегараси сезиларли даражада тебранмайди (5.59а-расм).

Аммо саноат корхоналарида асосан «қаттиқ жисм - газ» системасида мавҳум қайнаш жараёни ишлатилади. Одатда, бу система кўпинча, турли жинсли бўлади. Баъзи ҳолларда газ пуфакчаларига эга бўлган мавҳум қайнаш жараёни содир бўлади (5.59б-расм). Бу пуфакчалар қатлам тепа қисмига етганда ёрилади ва натижада қатлам баландлигининг тебранишига олиб келади (5.56а-расм). CE ва CE_1 нуқтали чизиқлар мавҳум қайнаш қатлами тебраниш оралиғини билдиради.



5.59-расм. Мавҳум қайнаш қатламининг турлари.

а - бир жинсли; б - барботажли; в - поршенли; г - каналли; д - фавворасимон

Турли жинсли қатламнинг мавҳум қайнаш жараёни учун қатламда ҳар хил ўлчамли пуфакчалар мавжудлиги характерлидир. Агар мавҳум қайнаш сони кичик бўлса, қатламнинг турли жинсли эканлиги унинг характеристикаларига таъсир этмайди. Аксинча, ҳаракатланувчи пуфакчалар қатламдаги заррачалар аралашишини жадаллаштиради. Лекин K_w ўсиши билан қатламнинг турли жинслилиги ортади, яъни пуфакчалар ўлчами катталашади ва қатлам тепа чегарасидан қаттиқ заррачалар интенсив равишда улоқтирилади. Пуфакчалар кўндаланг ўлчами қурилма ўлчамигача йириклашиб боради. Натижада ***поршенли режим*** ҳосил бўлади (5.59в-расм). Бу режимда қаттиқ жисм ва газ ўртасидаги ўзаро таъсир ёмонлашади.

Агар нам ёки жуда майда ҳамда ёпишқоқ заррачалар мавҳум қайнаш ҳолатига келтирилганда ***каналли*** мавҳум қайнаш жараёни пайдо бўлади (5.59г-расм). Канал ҳосил қилувчи қатламнинг энг сўнгги ҳолати бўлиб ***фавворасимон қатламли*** ҳисобланади (5.59д-расм). Бунда, қурилма ўқи атрофидаги канал оркали газ оқими қатламдан отилиб чиқади.

5.25. Мавҳум қайнаш қатламли қурилмалар

Технологик жараёнлар бориш шароитларини, ишлаб чиқарилаётган маҳсулот сифатига қўйиладиган талабларни ўзаро таъсирда бўлган моддаларнинг ўзига хос хусусиятларини ҳисобга олувчи мавҳум қайнаш қатламли қурилмалар конструкциялари яратилган. 3.46-расмда мавҳум қайнаш қатламли қурилмаларнинг конструкциялари кўрсатилган.

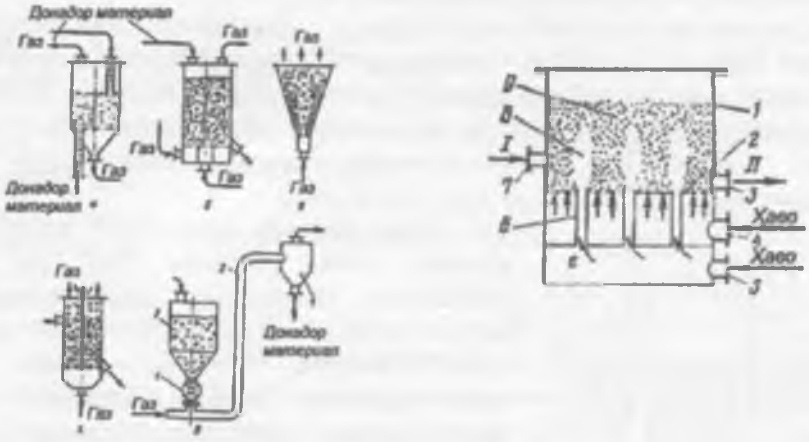
Ишлаш принципига қараб даврий ва узлуксиз ишлайдиган қурилмалар бўлади. Узлуксиз қурилмаларда газ оқими ва донадор материал ўзаро таъсир қилиб, унга узлуксиз равишда юкланади ва қурилмадан тўкилади.

Жараёнда қатнашувчи қаттиқ материал ва газ оқимининг ҳаракат йўналиши бир хил, қарама - қарши ва кесишган йўлли бўлиши мумкин.

Узлуксиз ишлайдиган, қарама - қарши йўлли цилиндрик қурилмаларда газ оқими таксимловчи тешикли панжара остига узатилса, материал эса қурилманинг тепа қисмидан юкланади (5.59а-расм). Газ таксимловчи тешикли панжара устида донадор материалнинг бир хил сатҳини таъминлаш ва қурилмадан чиқариш учун оқиб ўтувчи патрубкалар хизмат қилади.

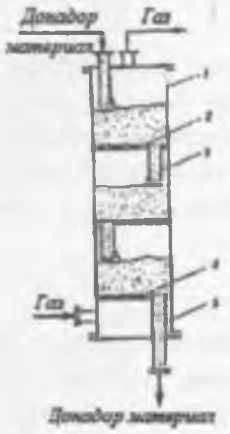
Вертикал цилиндрсимон қурилмалар катта миқдордаги сочилувчан материалларни йиғиб қўйиш учун ишлатилади (5.59а-расм). Газ таксимлаш камераси ясси туб ва тешикли панжаралар орасида жойлашган иккита цилиндрдан иборат. Бу конструкцияли камераларда концентрик тўсик уни иккита, яъни ички ва ташки ҳалқаларга бўлади. Ташки ҳалка бўшлиғи-

га, ичкарисинга караганда 2 марта кўп газ юборилади. Турли миқдорда газ узатилгани сабабли, қурилмада дон маҳсулотининг йўналтирилган циркуляцияли ҳаракати пайдо бўлади. Натижада материал интенсив аралашади ва заррачалар ҳаракати қурилма ўқидан цилиндрик девор томонга йўналган бўлади.



5.59е-расм. Мавҳум қайнаш қатламли қурилмалар схемалари.
а – цилиндрик узлуксиз ишлайдиган, карама - карши йўлли, б - йўналтирилган циркуляцияли, в - конуссимон, г - аралаштиргич мосламали, д - пневмотранспорт мосламали: 1 - шлюзли тамба, 2 - бункер, 3 - паст босимни ҳаво қувури; 4 - циклон, е – фаол оқимчали: 1- кобик; 2- тўр парда; 3,5,7- штуцерлар; 6- сопло; 8- фаол оқимча; 9- мавҳум қайнаш қатлами.

Конуссимон қурилмаларда пастдан юқорига караб тезликнинг пасайиши полидисперс материалларни мавҳум қайнатиш имконини яратади (5.59в-расм). Газ оқими катта тезликда қурилма тубидаги штуцер оркали юборилади. Ушбу ҳолатда қурилмага газ тақсимловчи тешикли панжара ҳам ўрнатилмаса бўлади. Тешикли панжарасиз қурилмаларда ёпишқоқ материалларни ҳам мавҳум қайнаш жараёнидан фойдаланиб қуритса бўлади. Агар, конуслик бурчаги катта бўлса, газ оқимининг қурилма девори якинида фаоллиги камаяди ва конус ўки бўйлаб узлуксиз канал ҳосил қилади.



5.59ж-расм. Узлуксиз ишлайдиган секцияли қурилма.
1 - кобик; 2 - газ тақсимловчи тешикли панжара; 3 - оқиб ўтиш мосламаси; 4 - донадор қатлам; 5 - ишлатилган адсорбентни тўкиш трубаси.

Ушбу канал оркали катта тезликда «газ - қаттиқ заррача» аралашмаси ҳаракат қилиб, қатламдан отилиб чиқиб, қаттиқ заррачалар фавораларини ҳосил қилади. Бундай қатлам ***фавворасимон қатлам*** деб аталади. Диаметри 25...40 мкм ўлчамли ёпишқоқ ва электролизацияга мойил майда заррачалар мавҳум қайнаш жараёнида яхши аралашишини таъминлаш ва ҳаракатсиз зоналарни бартараф қилиш максадида, ҳамда иссиқлик ва масса алмашиниш жараёнларини интенсивлаш учун газомеханик мавҳум қайнаш усулидан фойдаланилади (5.59г,д-расм). Қатламга қўшимча энергия узатиш аралаштиргич ва тебратгичлар билан амалга оширилади (5.59г-расм).

Пневмотранспорт усули ва мосламаси донадор материалларни труба қувурлари оркали маълум масофага ёки баландликка узатиш учун мўлжалланган (5.59д-расм). Донадор материал шлюзли тамба ёрдамида ҳаво қувурига кадокланиб тушурилади. Мавҳум қайнаш қатлами газ ва қат-тик фазаларга циклонда амалга оширилади.

Узлуксиз ишлайдиган секцияли қурилма. Жараённинг ҳаракатга келтирувчи кучини камайишга олиб келувчи тескари аралашишни камайтириш ва жараён температурасини бир

хил килиш максадида карама - карши йўлли қурилмаларда секциялаш қўлланилди (5.59ж-расм). Донадор материалнинг юкори секциялардан пастга караб ҳаракатланиши, оғирлик кучи таъсирида амалга ошади.

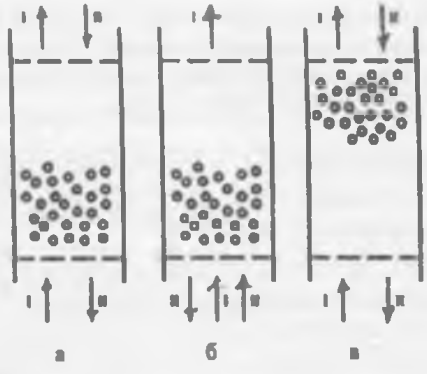
5.26. Уч фазали мавҳум кайнаш

Агарда каттик заррачаларнинг мавҳум кайнаши иккита элткич (одатда, газ ва суюклик) ёрдамида амалга оширилса, уч фазали мавҳум кайнаш (айрим ҳолларда, газ суюкликли мавҳум кайнаш) деб номланади. Элткичлар сифатида иккита ўзаро аралашмайдиган суюкликларни қўллаш жуда перспектив йўналиш бўлиб, классификация, абсорбция, «суюклик-суюклик» системасида экстракция ва бошка бир катор жараёнларни ўтказишда юкори самара беради.

Иссиклик ва масса алмашиниш жараёнларини интенсивлаш йўлларини аниклаш уч фазали мавҳум кайнаш катламининг гидродинамикаси, иссиклик ва масса алмашиниши бўйича изланишларнинг кенг кўламда ривожланишига олиб келди. Бу турдаги қурилмалар минерал ўғитлар, кимёвий толалар, алюминий ишлаб чикаришда, энергетика, биотехника, нефть кимёси, совитиш техникаси ва бошка саноатларда қўлланилади [36,123, 125,136].

Газ ва суюк фаза ҳамда каттик моддалар иштирок этадиган каталитик реакцияларда асосан газ суюкликли уч фазали мавҳум кайнаш қўлланилмокда.

Уч фазали мавҳум кайнаш катламни ҳосил килиш усуллари 5.60-расмда келтирилган [7]. 5.60а,б-расмлардан кўриниб турибдики, насадка элементлари сифатида суюкликдан енгил жисмлар ишлатилади. Бундай ҳолларда 5.60в-расмдаги насадка катлами «сикиб» қўйилган ҳолат 2 та вариантда амалга оширилиши мумкин. Кўпинча, суюклик пастки таксимлаш панжарасидан эркин окиб тушиш имконияти бор, шунинг учун насадка остидаги бўшлик суюклик окимчалари билан ювилиб турган газ билан тўлиб туради. Ушбу бўшлик баландлиги кичикрок бўлади. Ушбу ҳолда газ окими насадкани тепа таксимлаш панжарасига сикиб қўяди, юкоридан тушаётган суюклик эса насадка элементларини ювиб ўтади. Қурилманинг бутун ҳажми суюклик билан тўлган ҳолатда, енгил жисмлар архимед кучи («сузувчи» насадка) ёрдамида тепа таксимлаш панжарасига сикилади, газ фаза эса насадка остидаги суюклик катлами оркали пуфакчалар кўринишида барботаж бўлади.



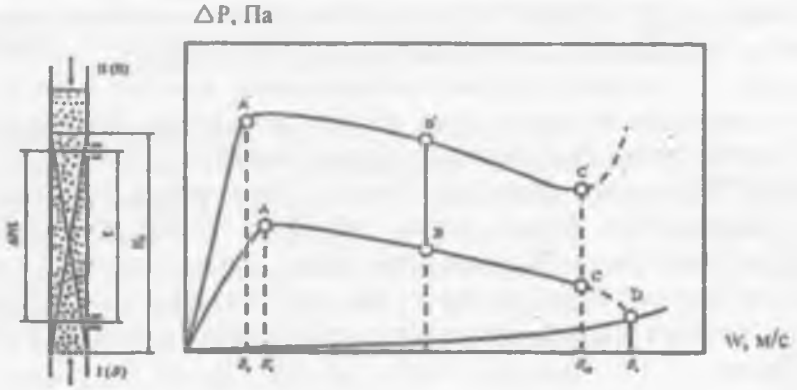
5.60-расм. Уч фазали мавҳум кайнашнинг типик схемалари:
а - газ ва суюклик фазалар карама-карши ҳаракатланганда йирик элементларнинг турбулент мавҳум кайнаши, б – худди аввалгидек, фақат газ ва суюк фазалар пастдан тепага ҳайдалади, в - «сикилган» насадка катлами. (I-газ, II- суюклик).

5.60а,б-расмдаги схемаларда иккита таксимлаш панжаралари орасидаги бўшликда суюклик билан ювилиб турган насадка жойлашган. Таянч-таксимловчи деб аталадиган пастки панжара насадка элементларини пастга тушиб, тепа панжара эса – уларни курилмадан чикиб кетмаслигини таъминлайди. Агар бир вактнинг ўзида суюк фазани

тепадан ва газ фазани пастдан узатиб, газ фазанинг сарфини аста-секин ошириб борсак, маълум бир критик тезликда насадка катлами мавҳум қайнаш ҳолатига келади. Чунончи, газнинг ҳар бир тезлигига мавҳум қайнаш катламининг тегишли баландлиги ва катламдаги каттик фазанинг ҳажмий улуши тўғри келади. Агарда, қўзғалмас насадка катламининг баландлигига караб газ тезлиги оширилса, катлам тепа панжарага кўчиши мумкин. Бунда, насадканинг зич «сикилган» мавҳум қайнаш катлами ҳосил бўлади (5.60в-расм).

5.61-расмда вертикал курилма келтирилган бўлиб, унинг пастки кисмидаги таянч панжарада қўзғалмас ҳолатдаги H_0. баландликдаги насадка катлами жойлашган. Ушбу катламга w тезликда газ фаза ҳайдалади, тепа кисмидан эса бир хил пуркаш зичликда суюклик узатилмокда (B нукта) [7]. А ва А' нукталар суюклик пуркалиши ва пуркалмаётган ҳолатлар учун мавҳум қайнаш бошланишини ифодалайди. B-B' – кесма ушланиб колган суюклик массасига тегишли каршиликлар фаркини кўрсатади. C ва C' – нукталар пуркалмаётган ҳолат учун мавҳум қайнаш катламининг тўлик бузулишини ва колоннанинг тикилиб колишининг бошланишини белгилайди. D нукта якка заррачанинг учиб чикиш тезлигини характерлайди.

Босимлар фаркининг ўзгариши 5.61а-расмнинг С участкаси атрофида кузатилди. Бир катор кимёвий жараёнларда: гидрирлаш усулида нефть маҳсулотларини олтингугуртдан тозалаш; оҳактош, сув ва олтингугурт икки оксидлари орасидаги реакция: рух ва олтингугурт икки оксидлардан рух дитионитини олишда уч фазали мавҳум қайнаш қўлланилди [33].



5.61-расм. Гидравлик каршилик ΔP нинг тезлик w боғлиқлиги:
1- каттик фаза ва пуркаш бўлмаганда, 2 - каттик фаза мавжуд ва пуркаш бўлмаганда, 3 - каттик фаза мавжуд ва пуркаш зичлиги ўзгармас бўлганда

Юкорида кайд этилган мавҳум қайнаш жараёнларида газ ва суюклик параллел, бир хил йўналишда тепага ҳаракатланади. Бу ерда суюклик дисперс, газ фаза эса – дисперсион (пуфакчалар) фазани ташкил этади [7].

Уч фазали мавҳум қайнашни фазаларнинг карама-карши ҳаракатида, яъни газ окими юкорига ва суюк фаза пастга караб йўналишида ташкил этиш мумкин. Ушбу схема бўйича суюкликдан зичлиги кам бўлган каттик жисмларни ҳам мавҳум қайнаш ҳолатига ўтказиш мумкин. Бунда катлам тепадан тешикли ёки симли панжара билан чегараланган, катламнинг кенгайишида эса бўш юзаси пастга караб силжийди.

«Ҳаво-сув-шиша шарлар» моделлаш системаларида уч фазали мавҳум қайнашнинг асосий характеристикалари: газ ва суюкликнинг ҳаракати, катлам кенгайиши, газ-суюклик фазаларараро юзасида масса алмашинишлар тўлик ўрганилди.

Уч фазали мавҳум қайнашда газ пуфакчаларининг ҳосил бўлиши суюк фаза тезлигига умуман богликмас. Лекин мавҳум қайнаш бошланишининг тезлигига якинлашган сари пуфакчалар барпо бўлиши икки фазали мавҳум қайнашникига караганда камрок бўлади.

Пуфакчалар барботажи частотасининг ўзгариши тешикдан узок бўлмаган масофада рўй беради.

Пуфакчаларнинг ўзаро бирлашиб кетишининг катта тезлиги уч фазали мавҳум кайнаш катламининг ковушкоклиги билан белгиланади [30].

Мавҳум кайнаш катлами ковушкоклигини ўлчаш шуни кўрсатдики, агар каттик заррачалар ўлчами кичик бўлса, ковушкоклиги юкори бўлади. Мавҳум кайнаш катламининг ғоваклилиги ортиши билан унинг ковушкоклиги камаяди [7,30].

Майда заррачалардан иборат катламнинг мавҳум кайнаш бошланишига якинлашганда пуфакчалар шакли шарсимонга (ушбу шакл факат олд кисмига оид) ўхшаш бўлади.

Газ-суюклик катлами ковушкоклигининг ортиши пуфакчалар қўшилиб кетишига сабабчи бўлади. Суюкликда газ пуфакчаларининг бирлашиб кетиш тезлигига суюк·фаза ковушкоклигининг ортиши салмокли таъсир этади.

Уч фазали мавҳум кайнаш катлами ҳажмнинг учта улуши билан характерланади ва қуйидаги тенглик билан ифодаланади:

$$\gamma_г + \gamma_c + \gamma_к = 1 \qquad (5.109)$$

каердаки, $\gamma_г$, γ_c, $\gamma_к$ – газ, суюклик ва каттик фаза ҳажмий улушлари бўлса.

Факат суюклик билан мавҳум кайнашга келтирилган ҳолатни ушланиб колиши катламнинг баландлиги H ни ўлчаб ушбу ифодадан аниклаш мумкин:

$$\gamma = 1 - \gamma_г = 1 - \frac{M_к}{\rho_м \cdot f_c \cdot H} \qquad (5.110)$$

бу ерда, $M_к$ – катламдаги заррачалар массаси, кг; $\rho_м$ – каттик жисм зичлиги, кг/м^3; f_c – катлам кўндаланг кесимининг юзаси, м^2.

Уч фазали системалар гидродинамик конуннятлари

Насадкали мавҳум кайнаш катламли курилмаларнинг ишчи параметрлари ўзгариш оралиғи бошка исталган курилмаларникидан анча кенгдир. Бу турдаги курилмаларда газларнинг тезлиги 1...7 м/с (айрим ҳолларда 9 м/с) ва пуркаш зичлиги 0,067 м^3/(м^2·с) гача бўлиши мумкин.

Уч фазали мавҳум кайнаш катлами 1 ва 2 эгри чизиклар билан чегараланган соҳада бўлиши мумкин (5.62-расм). 1 ва 2 эгри чизикларнинг координаталар ўклари билан кесишган нукталари: $w_н$ – суюклик билан пуркалмаётган насадканинг мавҳум кайнаш бошланиш тезлиги; $w_в$ – газда насадка элементининг учиб чикиш тезлиги; B_{max} – ушбу курилмада эришиш мумкин бўлган пуркаш зичлигининг максимал киймати.

Ҳакикий курилмаларда параметрларнинг ўзгариш ораликлари анча тор бўлади, чунки эгри чизик 1 билан чегараланган тезликлар якинида заррачаларнинг ҳаракатсиз зоналари ҳосил бўлиши мумкин. Эгри чизик 2 га якин тезликларда томчилар учиб чикиши ва насадкалар тепа панжарага сикилиб ёпишиши мумкин.

Агар ишлаш соҳаси суюклик ва газ тезликларининг нисбати 4-5 чизикдан паст соҳада ётса, газ фазасининг курилма кўндаланг кесими бўйича нотекис таксимланишига олиб келади. Агар суюклик ва газ тезликларининг нисбати 3-6 чизикдаги кийматлардан катта бўлса, суюклик фазасининг курилма кўндаланг кесими бўйича нотекис таксимланади ва насадкани тегишли ҳўлланишинн таъминламайди.

Шундай килиб, саноат курилмалари ҳакикий курилмалар учун ишчи соҳа 3-4-5-6 юза билан белгиланади. Тажрибавий изланиш ва оптимал иш шароитларини аниклаш ишлари 3-4-5-6 юза билан белгиланадиган ораликдаги параметрларнинг ўзгариш доирасида ўтказилиши керак.

5.62-расмда келтирилган маълумотлар турли хил насадкалар ва таянч-таксимлаш панжарали цилиндрик ва конуссимон курилмаларга тааллукли.

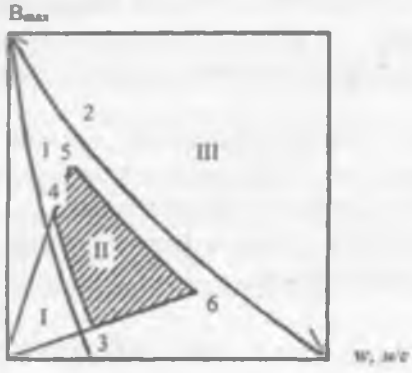
Мавҳум қайнаш қатлам ҳосил қилиш учун қўлланиладиган насадкалар қуйидагиларни:

– газ ва суюқлик ўртасида яхши тўқнашишни;

– енгил бўлиши ва кичик гидравлик каршиликни;

– газ ва суюқлик тезликларининг кенг оралиғида мавҳум қайнашини;

– тегишли муҳитларда коррозияга бардошлигини таъминлаши керак.



5.62-расм. Газ ва суюқлик фазаларининг қарама-қарши йўналишли уч фазали мавҳум қайнаш қатламли қурилмаларининг ишлаш соҳалари:

I - кўзғалмас насадка; II - қурилмалар ишчи соҳаси ; III - насадка учиб чиқиши: 1 - мавҳум қайнаш бошланишининг пуркаш зичлигига боғлиқлиги; 2 - насадка учиб чиқиш тезлигининг пуркаш зичлигига боғлиқлиги; 3-4 - насадка ривожланган мавҳум қайнашининг чегаралари; 5-6 - қурилмадан насадка элементлари ва томчиларнинг ортиқча учиб чиқмасдан ишлаш ишчи режимларининг тепа чегараси; 3-6 ва 4-5 - қурилма кўндаланг кесими бўйича газнинг бир текисда таксимланишини таъминловчи, газ ва суюқлик сарфлари нисбатларининг ўзгармас чизиқлари (4-5) ва мавҳум қайнаш ҳолатдаги насадка ҳўлланиши (3-6)

Одатда, ўлчамлари 20…40 мм бўлган насадкалар зичлиги жуда кичик 200...800 кг/м^3 оралиқда бўлади [123]. Насадкалар полиэтилен, полипропилен, резина ва камрок металл каби материаллардан тайёрланади. Кўпинча сферик ва цилиндрик шаклли насадкалар қўлланилади. Саноат насадкаларининг ўлчамлари 20...55 мм, насадка элементининг массаси 3...10 г.

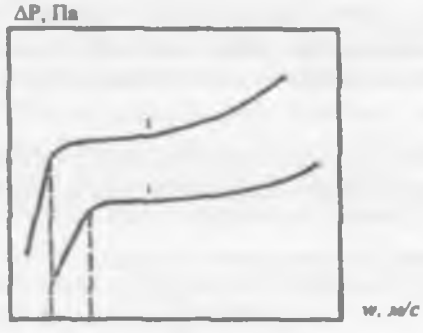
Уч фазали мавҳум қайнаш катламининг гидравлик каршилигининг тезликка боғлиқлиги 5.63-расмда келтирилган. Расмдан бир нечта режим мавжудлиги кўриниб турибди.

Кичик диаметрли қурилмаларда 3 та: бошлангич, оралик ва ривожланган (тўлик) мавҳум қайнаш режимлар бўлади.

Бошлангич режимда курилма ўки бўйлаб «фавворасимон» мавҳум қайнаш кузатилади. Оралиқ мавҳум қайнаш режимида девор олдида жойлашган шарлар пастга караб ҳаракатланади, панжара устидагилар марказга интилади ва у ердан тепага кўтарила бошлайди. Ривожланган режимда ҳамма шарлар мавҳум қайнаш ҳолатида бўлади ва қурилманинг ичида бетўхтов циркуляция бўлади: агар газ фазаси бир текисда таксимланса, курилма марказида насадкалар тепага, девор олдида эса – пастга ҳаракатланади. Суюқлик миқдори кескин равишда ортади, яъни томчи, ингичка окимча ёки барботажга яқин газ-суюқлик таркибли катлам кўринишида бўлади.

Қурилма диаметри 0,5 м дан катта бўлганда, оралиқ режим умуман кузатилмайди, чунки катта диаметрли қурилмаларда девор олдидаги шарларнинг насадка катлами мавҳум қайнашига таъсири жуда кам. Газ фазанинг тезлиги аста-секин ошириб борилса, гидравлик каршилик ва томчи учиб чиқиш ҳолатлари кескин ортади. Насадканинг айрим элементлари катламдан чиқиб курилма тепасидаги чегараловчи панжарага ёпишиб колади.

Саноат микёсида жараёнларни ташкил этиш учун энг маъқул режим –бу ривожланган режимдир. Бир режимдан иккинчисига ўтиш жуда кўп омилларга боғликдир.



5.63-расм. Қуруқ ва суюклик билан пуркалган катламлар учун мавҳум кайнашнинг эгри чизиклари:
1 - қуруқ катлам, 2 - суюклик билан пуркалган катлам.

Суюклик билан пуркалаётган насадка катлами қуруқ насадка катламига караганда пастрок тезликларда мавҳум кайнаш ҳолатига ўтади (5.63-расм). Шу билан бирга, пуркаш зичлиги ортиши билан мавҳум кайнаш тезлиги пасаяди.

Уч фазали турбулент мавҳум кайнаш катлам (сферик суюклик билан пуркалмаётган насадка) ҳосил килиш учун зарур тезлик (турбулент соҳа учун) $w_м$ Эрган тенгламаси оркали ифодалаш мумкин [104]:

$$w_м = 0{,}756 \cdot \left[g d_э \varepsilon_м^3 \cdot \frac{\rho_н - \rho}{\rho} \right]^{0{,}5} \qquad (5.111)$$

бу ерда, $\varepsilon_м = 0{,}4$

Пуркалаётган насадканинг мавҳум кайнаш тезлиги $w_м$ га суюкликни пуркаш зичлиги B ва таянч панжара характеристикалари таъсир этади [136].

Дискли ва конуссимон парракли насадкалар мавҳум кайнаш тезлиги $w_м$ ни ушбу тенгламадан ҳисоблаш таклиф этилади [21]:

$$w_м = C - 56{,}5 \cdot B \qquad (5.112)$$

бу ерда, C – қуруқ насадка мавҳум кайнаш тезлиги маъносини англатади ва у $H/D_э$ нисбатга боғлик.

Панжаранинг 1 м^2 юзасида ушланиб турган суюклик миқдорининг м^3 даги ифодаси ***қатламнинг ушлаб туриш қобилияти*** деб номланади ва бўш курилмада тиник (газсиз) суюклик катламининг баландлиги $h_ж$ ни ифодалайди.

Тўлиқ мавҳум кайнаш режимида курилмада ҳаракатсиз суюклик умуман бўлмайди ва ҳамма насадка элементлари ҳўлланган бўлади [22]. Суюклик насадкалар орасидан юпка катлам, томчи ва окимчалар кўринишида окиб тушади. Насадка элементлар орасидаги суюкликнинг концентрацияси баландлиги бўйлаб камайиб боради. Бундан, катламнинг ушлаб туриш қобилиятини пуркалаётган ва пуркалмаётган катламлар орасидаги фарк, яъни суюклик катламнинг баландлиги сифатида аниклаш мумкин.

Жараён параметрларини ҳисоблаш формулалари уч фазали мавҳум кайнаш модели билан белгиланади.

Биринчи модель – уч фазали мавҳум кайнаш юкори даражада интенсивлашган барботажли катлам деб каралади. Бунда насадка газ учун ҳажмий барботер ва суюклик учун майдаловчи мослама деб фараз килинади.

Ушбу модель асосида таянч тарелка кўндаланг кесими бўш улушининг катламдаги насадкаларнинг монокатламлар сонига боғликлигини ҳисоблаш учун формула тавсия этилади.

Умумий гидравлик каршилик ΔP (Па) куйидаги кўринишга эга формуладан аникланади:

$$\Delta P = \Delta P_0 + \Delta P_н + \Delta P_{жр} + \Delta P_{ж.н} + \Delta P_\sigma \qquad (5.113)$$

бу ерда, ΔP_0 – курук таянч-таксимловчи панжара каршилиги, Па; $\Delta P_н$ – насадка оғирлиги туфайли ҳосил бўлган каршилик, Па; $\Delta P_{жр}$ ва $\Delta P_{ж.н}$ – панжара ва насадкада ушлаб турилган суюкликнинг статик босими билан белгиланган каршилик, Па; ΔP_σ – панжарадан суюклик катламига газнинг чикишида ҳосил бўлган сиртий таранглик туфайли ҳосил бўлган каршилик, Па

Биринчи иккита қўшилувчилар қурук қурилма гидравлик каршилиги бўлиб, у курук таянч-таксимловчи панжара ΔP_0 ва насадка оғирлиги туфайли ҳосил бўлган каршилик $\Delta P_н$ лардан таркиб топган.

ΔP_σ нинг киймати ушбу формуладан топилади:

$$\Delta P = \frac{4\sigma}{d_э} \qquad (5.114)$$

бу ерда, σ – сиртий таранглик коэффициенти; $d_э$ – тешикнинг эквивалент диаметри, мм

Думалоқ тешиклар учун $d_э$ тешик диаметрига тенг, тиркишлар учун – энини 2 га кўпайтмасига.

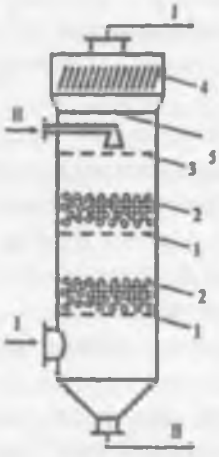
Реал иш шароитида уч фазали мавҳум қайнаш қатлами учун ΔP_σ катталикни инобатга олмса ҳам бўлади.

$\Delta P_{жр}$ катталик таянч-тақсимловчи панжара ва ўзаро контактдаги оқимларнинг характеристикаси билан белгиланади [88]. $\Delta P_{жр}$ насадкада ушлаб турилган суюкликнинг статик босими оркали аникланади.

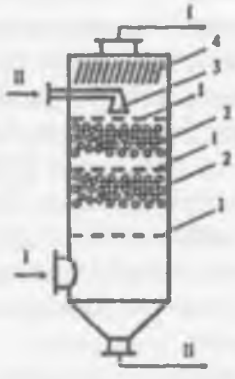
Тартибли жойлашган насадка суюклик билан ювилиб унинг юзасида юпка катлам ҳосил килади ва у ўзаро таъсир этувчи оқимлар тезликларининг ўсиши окибатида ўзгаришга дучор бўлади [36].

Гидравлик каршилик «қурук» қурилма каршилигининг пуркашни инобатга олувчи тузатиш коэффициенти кўпайтмасига тенг деб ҳисобланади. Ушбу ўхшашлик содда тенгламалар келтириб чикариш имконини беради, лекин умумий каршиликда «қурук» қурилма каршилиги улушининг катталиги нотўғри ва бу моделнинг камчилигидир.

Уч фазали мавҳум қайнаш қатламли қурилмалар конструкциялари. «Сиқилган» қатламли қурилмалар биринчилар қаторида саноат миқёсида қўлланиб бошлади. 5.64-расмда эркин кўндаланг кесими катта бўлган учта бир хил панжаралар орасига насадка қатлами жойлаштирилган икки секцияли қурилма кўрсатилган



5.65-расм. Мавҳум қайнаш қатламли турбулент контактли қурилма:
1 - таянч-таксимловчи панжара; 2 - шарсимон насадка; 3 - чегараловчи панжаралар; 4 - томчи ушлагич; 5 - пуркагич; I - газ; II - суюклик



5.64-расм. «Сиқилган» насадка қатламли қурилма:
1 - чегараловчи панжаралар; 2 - шарсимон насадка; 3 - пуркагич; 4 - томчи ушлагич; I - газ; II - суюклик

. Ҳар бир секциядаги насадка катламининг баландлиги иккита қўшни панжара орасидаги масофанинг ярмидан кўпини ташкил этади. Лекин тепадан пастга йўналган суюқлик таъсирида катламдаги насадка элементлари ҳаракатланади ва ўзига хос мавҳум кайнаш катламини ҳосил қилади.

Газнинг бутун катламдан бир текисда фильтрланиши туфайли йирик заррачали мавҳум кайнаш катламиларига хос эффектлар, яъни «поршенли» режим, газли тиқинлар ҳосил бўлмайди. Мавҳум кайнаш катламлари ичида насадкаларнинг интенсив ҳаракатини таъминлаш учун тепа панжара бўртик шакл бериб ясалади. «Сиқилган» катлам ҳосил қилиш учун 7...76 мм ли ва зичлиги 200 - 400 кг/м^3 бўлган насадкалар ишлатилади [7,104].

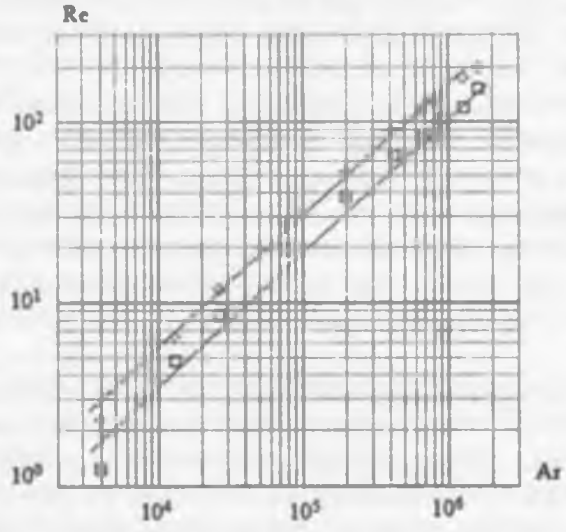
«Сиқилган» катламли саноат қурилмаларининг диаметри 5 м ва баландлиги 12 м гача бўлади [136]. Қурилма эркин кўндаланг кесимида газнинг тезлиги 2,5 м/с ва пуркаш зичлиги 0,007 - 0,028 м^3/(м^2·с).

Мавҳум кайнаш насадка катламли қурилмалар газсимон турли жинсли системаларни тозалаш ва масса алмашиниш жараёнларида қўлланилади.

Мавҳум кайнаш катламли турбулент контактли қурилма 5.65-расмда тасвирланган [123,136]. Бу турдаги қурилмаларда таянч-тақсимловчи панжара 1 ларда икки ёки учта насадка катлами бўлади. Катта эркин юзали чегараловчи панжара 3 насадкаларни газ билан учиб кетиш олдини олади. Панжаралар орасидаги масофа катта бўлганлиги учун мавҳум кайнаш кенг ораликда мавжуд бўлади ва чегаралович панжарага ёпишиб колмайди. Мавҳум кайнаш катламли турбулент контактли қурилмаларда газнинг тезлиги юқори, яъни 6 м/с, да ҳаракатланганда турбулентли, «сийраклашган» мавҳум кайнаш катлам ҳосил бўлади.

Насадка сифатида диаметри 100 мм гача ва зичлиги 100...900 кг/м^3 бўлган пластмасса насадкалар қўлланиши мумкин [30,95].

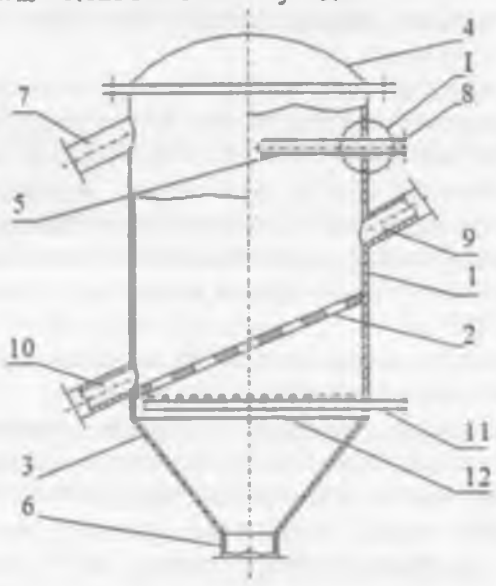
5.66-расмда уч фазали мавҳум кайнаш тезлигига мос Рейнольдс сони ***Re*** нинг Архимед сони ***Ar*** га боғлиқлиги.



5.66-расм. Мавҳум кайнаш бошланиш тезлиги Re нинг Архимед Ar критерийсига боғлиқлиги:
□ – тажриба натижалари; ◇ - (5 95) формула маълумотлари

Графикдан кўриниб турибдики, каттик жисм эквивалент диаметрининг ортиши мавҳум кайнаш тезлиги $w_{мк}$ кийматларининг ўсишига олиб келади. Масалан, эквивалент диаметр d=1,05 мм да мавҳум кайнаш тезлиги $w_{мк}$ =0,0012 м/с, лекин шу диаметр учун (5.94) формула ёрдамида ҳисобланган киймат $w_{пс}$= 0,0022 м/с га тенг, d=4,986 мм да мавҳум кайнаш тезлиги $w_{мк}$ =0,0178 м/с, формула бўйича ҳисобланган киймат эса $w_{мк}$

=0,0132 м/с, эквивалент диаметр d=7,75 мм бўлганда мавҳум кайнаш тезлиги $w_{мк}$ =0,02 м/с, ҳисобланган киймат эса $w_{пс}$= 0.0258 м/с тенг бўлади.



5.67-расм. Қия секциялаштирилган панжарали уч фазали мавҳум кайнаш қатламли қурилма:
1-кобик, 2-секциялаштирилган панжара; 3-конус; 4-эллиптик днишче, 5-барботер; 6-суюк фаза кириш штуцери, 7- суюк фаза чиқиш штуцери, 8- сув кириш штуцери, 9-каттик аралашма кириш штуцери, 10- каттик фаза чиқиш штуцери, 11- газ фаза кириш штуцери, 12-барботёр

5.67-расмда қия секциялаштирилган панжарали уч фазали кайнаш қатламли қурилма келтирилган. Ушбу қурилма цилиндр-конуссимон кобик 1 ва юкори кисми эллиптик днишче 4 билан ёпилган. Қурилманинг пастки кисмида суюк фаза кириши учун штуцер 6 ўрнатилган ва ундан бир оз тепада секциялаштирилган панжара 2 остида барботер 12 жойлаштирилган. Унга штуцер 11 оркали сикилган ҳаво юборилади. Секциялаштирилган панжара 2 уфкка нисбатан γ=20...35° қияликда ўрнатилади. Панжаранинг эркин юзаси φ=0,1-0,52 ораликда бўлади. Унинг ўзига хослиги n-та секцияга бўлинганидир. Ҳар бир секцияда тўғри олтибурчак чўққиларида кичик кўндаланг кесимли тешиклар, марказида эса катта кўндаланг кесимли тешик қилинган.

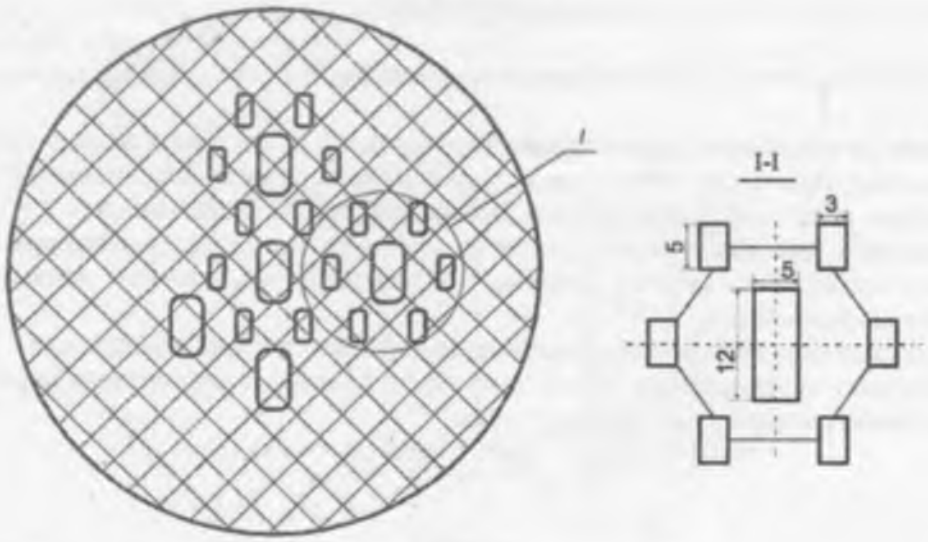
Панжара 2 билан бир сатҳда огир фракцияни чиқариш штуцери 10 ўрнатилган. Қобикнинг карама-карши томонида бошланғич каттик аралашмани юклаш учун штуцер 9 хизмат килади.

Қурилманинг юкори кисмида бир-бирига карама-карши килиб сув кириш штуцери 8 ли ювиб чикарувчи мослама 5 ва енгил фазали сув чиқиш штуцери 7 жойлашган.

Қаттиқ компонентли турли жинсли системаларни сифатли ажратиш учун секциялаштирилган панжара остига барботёр 12 дан сикилган ҳаво ҳайдалади.

Уч фазали мавҳум кайнаш қатламли қурилманинг ишлаш принципи қуйидагича: штуцер 6 дан сув секциялаштирилган панжара 2 остига узатилади. Штуцер 9 оркали каттик компонентли турли жинсли система қурилмага юкланади. Қурилма ҳажми сув билан тўлишига караб штуцер 8 оркали сув ҳайдалади.

Қаттиқ компонентли турли жинсли система сув билан тўкнашганда огир компонентга ёпишиб колган енгил компонентнинг юпка бўлаклари ўзгарувчан тезликларга эга окимчалар билан осон ювилиб ажрайди ва кўтарувчи куч таъсирида тепага чикади. Енгил компонент сув сатҳига етгандан сўнг барботёр 5 дан отилаётган окимчалар ёрдамида суюк фаза билан штуцер 7 оркали чикарилади. Оғир компонент эса, секциялаштирилган панжара 2 дан киялик бўйлаб думалаб штуцер 10 дан тўкилади.



5.68-расм. Секциялаштирилган тешикли панжара.

Бу турдаги курилманинг тақсимловчи панжараси секциялаштирилган конструкцияли бўлиб, ҳар бир секциянинг ўртасида тўғри тўртбурчакли, кўндаланг кесими катта тешик, тўғри олтибурчакнинг чўққиларига эса кичик кўндаланг кесимли тешиклар жойлаштирилган. Катта тешиклар юзасининг кичик тешиклар юзасига нисбати $F_{кат}/F_{кич}$=0,4…1,33 ва панжаранинг эркин юзаси φ=0.2…0,52 (5.68-расм). Қаттиқ фазанинг автоматик равишда курилмадан чикишини таъминлаш учун секциялаштирилган панжара γ=35° кияликда ўрнатилади.

5-боб. Қўзғалмас ва мавҳум кайнаш катлам гидродинамикаси бўйича Мустақил тайёрланиш ва қайтариш учун саволлар

1. Монодисперс ва полидисперс донадор катлам нима?
3. Солиштирма юза нима ва унинг ўлчам бирлиги?
4. Ғоваклилик нима ва унинг физик маъноси?
5. Қўзғалмас ва мавҳум кайнаш катламининг гидравлик каршилигини аникланг.
6. Мавҳум кайнаш бошланиш ва учиб чиқиш тезликлари, ҳамда формулаларини ёзинг.
7. Пневмотранспорт ҳодисасининг таърифини беринг.
8. Гистерезис ҳодисасини тушунтириб беринг.
9. Мавҳум кайнаш катламининг турлари ва уларнинг изоҳи.
10. Окимчали мавҳум кайнашга кандай эришилади?
11. Мавҳум кайнаш катламли курилмалар конструкциялари, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
12. Уч фазали мавҳум кайнашни изоҳлаб беринг.
13. Уч фазали мавҳум кайнашни ташкил этиш усуллари.
14. Уч фазали мавҳум кайнаш катламли курилмаларнинг ишлаш соҳалари.
15. Катламнинг ушлаб туриш кобилияти деб нимага айтилади.
16. «Сикилган» насадка катламли курилманинг конструкцияси ва ишлаш принципи
17. Мавҳум кайнаш катламли турбулент контактли курилма.
18. Қия секциялаштирилган панжарали уч фазали мавҳум кайнаш катламли курилма конструкцияси ва ишлаш принципи.
19. Секциялаштирилган панжара конструкцияси.

АРАЛАШТИРИШ

5.27. Умумий тушунчалар

Суспензия ва эмульсиялар ҳосил килиш учун суюклик муҳитларида аралаштириш жараёни кўлланилади. Пластик ва сочилувчан материалларни кориштиришдан максад, таркибида каттик, суюк ва пластик қўшимча моддали, бир жинсли асосий масса олишдир.

Аралаштириш пайтида иссиклик, масса ва биокимёвий жараёнлар интенсивлашади. Аралаштириш жараёнини амалга ошириш учун турли усуллар ва аралаштиргич конструкциялари қўлланилади.

Аралаштириш сифати фазаларни кориштириш даражаси билан характерланади.

Аралаштириш қурилмасининг бутун ҳажмидаги фазаларни кориштириш даражаси I қуйидаги тенглама ёрдамида аникланиши мумкин:

$$I = 1 - \frac{\sum_{1}^{m} \frac{\Delta x'}{100 - x_{ср}} + \sum_{1}^{n} \frac{\Delta x''}{x_{ср}}}{m + n} \qquad (5.115)$$

бу ерда, m – тахлил учун олинган намуна, $\Delta x > 0$; $\Delta x'$ – аралаштиргичдаги мусбат концентрациялар фарки ушбу формуладан топилади $\Delta x' = x - x_{ср}$, $x_{ср}$ – идеал кориштиришда аралашмадаги заррачалар концентрацияси бўлиб, қуйидаги формуладан аникланади

$$x_{ср} = \frac{100 V_к \cdot \rho_к}{V_c \rho_c + V_к \rho_к}$$

бу ерда, $V_к$ – асосий массада (суюкликда) таксимланган каттик заррачалар ҳажми, ρ_c, $\rho_к$ – аралашмадаги каттик заррача ва суюклик зичликлари; V_c – суюклик ҳажми; n – тахлил учун олинган намуналар сони, $\Delta x'' < 0$, $\Delta x''$ – манфий концентрациялар фарки, $\Delta x'' = x - x_{ср}$ формуладан хисоблаб топилади

Фазаларни кориштириш даражаси 0 дан 1 гача ўзгариши мумкин. Агар компонентлар идеал кориштирилса, $I = 1$ га тенг бўлади.

5.28. Суюкликни аралаштириш усуллари

Суюкликларни аралаштириш пневматик, циркуляцияли, статик ва механик усулларда олиб борилади.

Пневматик аралаштириш учун сикилган газ (кўпинча сикилган ҳаво) суюклик катлами оркали ўтказиш йўли билан амалга оширилади. Суюклик катламида газни бир текисда таксимлаш учун барботер ишлатилади. Барботернинг тешикчали трубалари аралаштиргич тубига ўрнатилади. Бу усул ўртача ковушкокликка (~200 Па·с) эга суюкликларни аралаштириш учун ишлатилади. Жараён тезлиги паст ва энергия сарфи кўп бўлади.

Айрим ҳолларда аралаштиришни инжекторлар ёрдамида ҳам амалга оширилади. Сикилган ҳаво ёрдамида аралаштириш учун эрлифт принципини ҳам қўлласа бўлади.

Аралаштиргичда суюклик эркин юзаси бирлигидан вакт бирлигида ўтаётган газ микдорига аралаштириш интенсивлиги деб аталади.

Саноатда қуйидаги газ сарфлари ишлатилади:

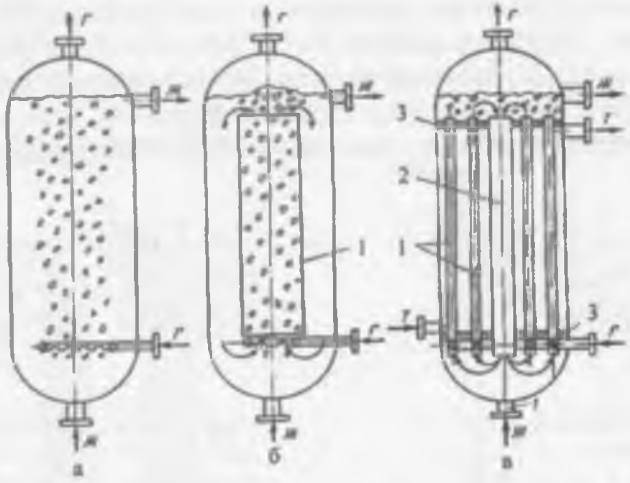
5.6-жадвал

т/р	Аралаштириш интенсивлиги	Газ сарфи, $м^3/(м^2 \cdot мин)$
1.	Паст	0,4
2.	Ўртача	0.8
3.	Юкори	1.2

Пневматик аралаштириш усулининг қўлланиши чекланган бўлади, чунки айрим ҳолларда зарарли жараёнлар, яъни оксидланиш ёки махсулотнинг буғланиши юз беришн мум-

кин. Шунинг учун, ушбу усул газ ва суюк фазалар ўзаро тўкнашуви рухсат этилган холларда ишлатилиши максадга мувофикдир.

5.69-расмда пневматик аралаштиргичларнинг айрим конструкциялари келтирилган.



5.69-расм. Сикилган ҳаво ёрдамида аралаштириш:
а - марказий барботерли; б – газлифт (эрлифт) трубали;
в - газлифт ва марказий циркуляция трубали кобик - трубали курилма. 1 - газлифт трубалари; 2 - циркуляция трубаси; 3 -тешикли труба панжаралари; с - суюклик; г - газ; иэ - иссиклик элткич.

Агар сикилган ҳаво курилманинг пастки кисмига юборилса, унда эрлифт ҳосил бўлади (5.69а-расм). Ҳаво курилманинг канчалик юкори кисмига узатилса, шунчалик сикиш учун энергия сарфи кам бўлади. Шунинг учун, ҳавони баландлиги кам катламларга юбориш керак, яъни пневматик аралаштириш учун диаметри катта, баландлиги кичик бўлган курилмаларни қўллаш максадга мувофикдир.

Пневматик аралаштириш жараёнини интенсивлаш учун курилмаларда газлифт (эрлифт) трубалари ўрнатилади. Ушбу трубалар суюкликни кўп марта циркуляция килишини таъминлайди (5.69б-расм). Бунинг учун, икки томони очик газлифт труба курилма марказига жойлаштирилади. Сикилган ҳаво газлифт трубаси ичига узатилади ва кўтарилувчи оким канчалик катта бўлса, аралашиш шунчалик самарали бўлади.

Иссикликни узатиш ва ажратиб олиш учун газлифт ва марказий циркуляция трубали курилмалар яратилган (5.69в-расм).

Циркуляцияли аралаштириш, насос ёрдамида амалга оширилади. Бунда, «аралаштиргич – насос – аралаштиргич» ёпик системасида суюклик узлуксиз айланиб юради.

Аралаштириш жараёнининг интенсивлиги, циркуляция карралигига, яъни вакт бирлигида насос иш унумдорлигининг, курилма ичидаги суюклик ҳажми нисбатига боғлик. Айрим ҳолларда насослар ўрнига буғ инжекторлари қўлланиши ҳам мумкин.

Ундан ташкари, турли соҳаларда йўналтирувчи труба (диффузор)ли винтсимон аралаштиргичлар ҳам ишлатилади (5.70-расм).

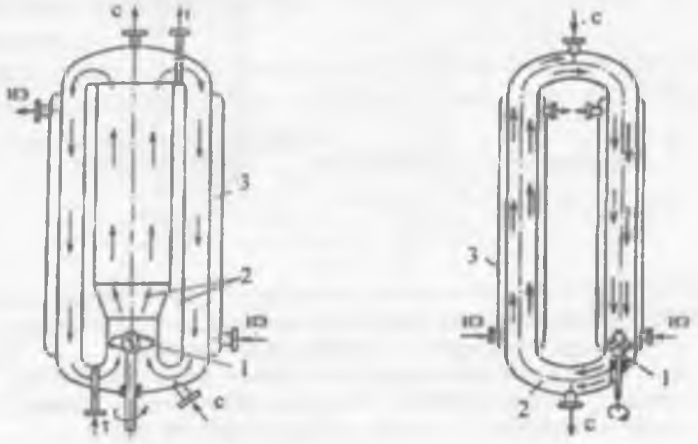
Бу турдаги курилмаларда ёпик циркуляцион контур ҳосил килинади. Насос вазифасини одатда уч парракли винтсимон аралаштиргич бажаради. Шунинг учун, бундай аралаштиргичлар ҳисоби ўкли насослар ҳисобига ўхшашдир.

Статик аралаштириш. Қовушкоклиги ўртача суюклик ҳамда газ суюклик билан аралаштириш бирорта фазанинг кинетик энергияси ҳисобига статик аралаштиргичларда олиб борилади (5.71-расм).

Одатда, статик аралаштиргичлар реакторгача бўлган труба кувурига ёки бевосита реакторнинг ўзига ўрнатилади.

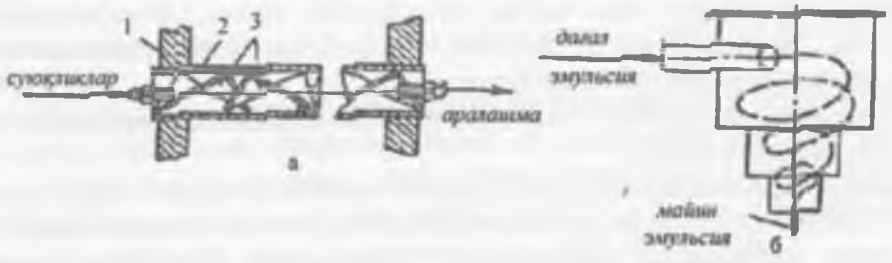
5.71а-расмда газ ва суюкликларни аралаштириш учун мўлжалланган носимметрик, легирланган пўлат пластиналарни бураш йўли билан олинган ясама элементли аралаштиргич тасвирланган.

Ҳар бир элементнинг геометрик характеристикалари бураш бургачи ва йўналиши ҳамда элемент диаметрининг узунлигига нисбати билан ифодаланади. Ўрнатилиши зарур бўлган элементлар сони суюклик ковушкоклигига ҳамда аралаштирилаётган суюкликлар ковушкоклиги нисбатига боғликдир. Агар суюклик ва фазалар ўртасидаги ковушкокликлар фарки канча катта бўлса, шунчалик кўп элементлар ўрнатилиши зарур.



5.70-расм. Диффузорли ва винтсимон аралаштиргичли курилма:
1 - винтсимон аралаштиргич, 2 - иссиклик алмашинш камерали диффузор,
3 - гилоф, из – иссиклик элткич; с - аралаштирилаётган суюклик.

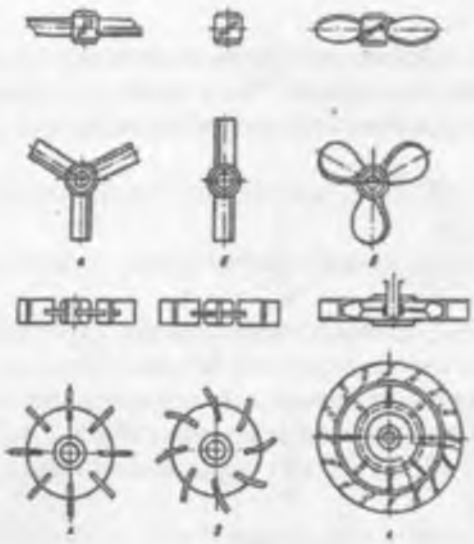
5.71б-расмда ёг - фосфатидли эмульсиясини ишлаб чикариш учун мўлжалланган уюрмали эмульсор кўрсатилган. Босим 0,3...0,36 МПа бўлганда, уюрмали эмульсор юкори самарали эмульгация килишни таъминлайди. Бу турдаги курилмалар содда, тайёрланиши



5.71-расм. Статик аралаштиргичлар:
а- цилиндрик, ясама элементли; б- эмульсор
1- фланец; 2- кобик, 3- аралаштирувчи элемент.

осон ва фойдаланишда кулай. Ишлаш принципи – марказдан кочма пуркагич эффектига асосланган. Олинган 3 мкм ўлчамли заррачалардан таркиб топган эмульсия 24 соат давомида ҳам катламларга ажралмайди.

Механик аралаштириш «суюклик - суюклик», «газ - суюклик» ва «газ-суюклик - каттик жисм» системали гидромеханик, иссиклик ва масса ҳамда биокимёвий жараёнларни интенсивлаш турли хил аралаштириш мослама (аралаштиргич) лар ёрдамида амалга оширилади. Аралаштиргич, айланувчи ўкга ўрнатилган, турли хил парраклардан таркиб топган мослама.



5.72-расм. Аралаштиргичлар турлари:
а - уч парракли, б - икки парракли,
в - пропеллерли, г - турбинали очик,
д - кия парракли, турбинали, очик,
е - турбинали ёпик



5.73-расм. Аралаштиргичли
қориштиргич:
1 - узатма, 2 - узатма таянчи,
3 - зичлагич, 4 - ўк, 5 - кобик,
6 - ғилоф, 7-кайтарувчи тўсик,
8 - аралаштиргич, 9 - труба

Кимё ва бошка саноатларда қўлланиладиган ҳамма аралаштириш мосламаларини 2 гуруҳга ажратса бўлади: биринчи гуруҳга парракли, турбинали ва пропеллерли; иккинчи гуруҳга – махсус винтли, шнекли, лентали, ғ-мли, якорли, пичокли ва бошка мосламалар киради. Биринчи гуруҳ суюкликлар учун бўлса, иккинчиси эса пластик ва сочилувчан материалларни аралаштириш учун хизмат килади.

Ишчи органининг айланиш частотасига караб аралаштириш мосламалари секин ва тез юрар гуруҳларга бўлинади.

Парракли, лентали, якорли ва шнекли аралаштиргичлар секин юрар мосламалар каторига киради (5.72а,б-расм). Уларнинг айланма частотаси 30...90 мин$^{-1}$, ковушкок муҳитларда паррак учидаги айланма тезлиги - 2...3 м/с.

Парракли аралаштиргичлар афзалликлари: мослама содда ва нархи киммат эмас.

Камчиликлари – айланиш ўки бўйлаб суюклик окими кичик бўлади, натижада аралаштиргич ҳажмида суюклик тўлик аралашмайди. Ўк бўйлаб суюклик окими ҳаракатини жадаллаштириш учун парраклар оғиш бурчаги 30° га тенг бўлиши керак.

Лангарли аралаштиргичлар қурилма тубининг шаклига мос бўлади. Бу турдаги мосламалар ковушкок ва ўта ковушкок суюкликларни аралаштириш учун ишлатилади. Лангарли мосламалар ишлаш даврида қурилма девори ва тубига ёпишиб колган ифлосликларни тозалаш кобилиятига эга.

Шнекли аралаштиргичлар винтсимон шаклли бўлиб, ковушкок суюкликларни кориштириш учун мўлжалланган.

Пропеллер ва турбинали аралаштиргичлар тез юрар мосламалар каторига киради. Уларнинг айланиш частотаси 100...3000 мин$^{-1}$, айланма тезлиги 3...20 м/с.

Пропеллерли аралаштиргичлар 2 ёки 3 парракли килиб ясалади (5.72в-расм). Ушбу мосламаларга насос эффекти хос бўлади ва суюкликнинг интенсив циркуляциясини ҳосил килиш учун ишлатилади. Қовушкоклиги 2 Па·с бўлган суюкликларни аралаштириш учун қўллаш мумкин.

Турбинали аралаштиргичлар турбина ғилдираклари шаклида бўлиб, парраклари ясси, кия ва эгри чизикли бўлиши мумкин (5.72г,д,е-расм). Улар очик ва ёпик турли бўлади. Турбина ғилдирагининг ишлаш принципи марказдан кочма кучлар таъсирига асосланган. Ёпик аралаштиргич иккита дискдан иборат бўлиб, суюклик ўтиши учун тешиги бор. Ҳам радиал, ҳам турбина ўки бўйлаб окимлар ҳосил килиш учун кия парракли, турбинали аралаштир-

гичлардан фойдаланилади. Турбиали мосламалар қурилманинг бутун ҳажмида суюкликни интенсив аралаштиради. Суюкликнинг айлана бўйлаб ҳаракатини камайтириш ва қурилмада ўрама ҳосил бўлишини бартараф килиш учун цилиндрсимон қайтарувчи тўсиклар ўрнатилади.

Турбинали аралаштиргичлар ковушкоклиги 500 Пас гача бўлган суюкликларни ва дағал суспензияларни аралаштириш учун қўлланилади.

Қопкокли кобик, узатма ва аралаштиргичлардан ташкил топган типик кориштиргич 5.73-расмда кўрсатилган.

Ишчи гилдирак 200...2000 айл/мин частота билан айланма ҳаракатланади. Турбина гилдираги марказдан кочма куч таъсирида суюкликка тегишли энергия беради. Суюклик аралаштиргич марказий тешигидан кириб, у ерда марказдан кочма куч таъсирида тезланиш олган ҳолда радиал йўналишида чикиб кетади. Турбинада суюклик вертикал йўналишдан горизонталга ўтади ва ундан катта тезликда чикиб кетади. Бу турдаги қурилманинг самарадорлиги юкори.

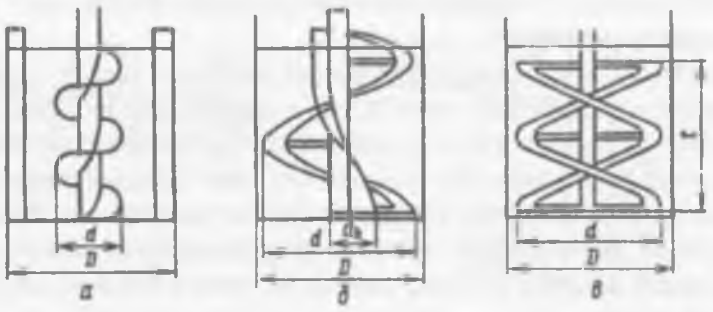
Турбинали аралаштиргич диаметри қурилма кобиги диаметрининг 0,15...0,35 улушини ташкил этади. Бу курилмалар ковушоклиги 1...700 Па·с га тенг суюкликларни аралаштириш учун мўлжалланган.

5.29. Пластмассаларни аралаштириш

Кимё саноатида пластик массаларни аралаштиришда, иктисодиётнинг турли саноатларининг хилма-хил маҳсулотларини ишлаб чикаришда қўлланилади. Бу жараёнда нафакат турли компонентлар кориштирилади, балки ҳаво билан тўйинтирилади ва маълум бир хоссаларга эга бўлади.

Аралаштириш жараёни даврий ва узлуксиз кориштиргичларда олиб борилиши мумкин. Бу турдаги қурилмалар ичида ромли, шнекли ёки лентали аралаштиргичлар вертикал ёки горизонтал ўкда ўрнатилади (5.74-расм).

Шнекли аралаштиргич истеъмол килаётган кувватни аниклаш учун ушбу тенглама қўлланиши мумкин:



5.74-расм. Шнекли (а) ва лентали (б, в) аралаштиргичлар схемаси.

$$Eu_м = \frac{71}{Re_м}$$

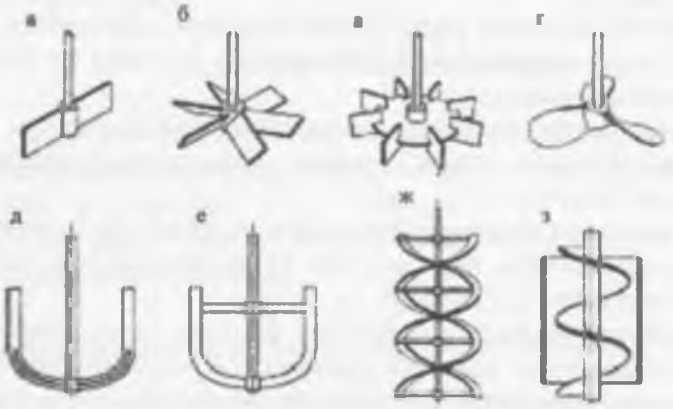
ёки

$$N = Ad_м \cdot n^2 \mu \qquad (5.116)$$

бу ерда, $d_м$ – аралаштиргич диаметри; A – аралаштиргич мосламасининг геометрик нисбатлари функцияси сифатида топиладиган коэффициент.

Шартли равишда аралаштириш мосламалари тез ва секин юрар гуруҳларга ажратилган. Биринчиси турбулент ва ўтиш соҳаларида ишлатилса, иккинчилари – факат ламинар режимда эксплуатация килинади (5.75-расм). Секин юрар аралаштиргичлар ковушкок, ноньютон

суюкликларни узатиш учун мўлжалланган. Тез юрар аралаштиргичлар каторига очик ва ёпик парракли, турбинали, пропеллерли мосламалар, секин юрарлар каторига эса лангарли, ромли, лентали ва шнекли мосламалар киради.



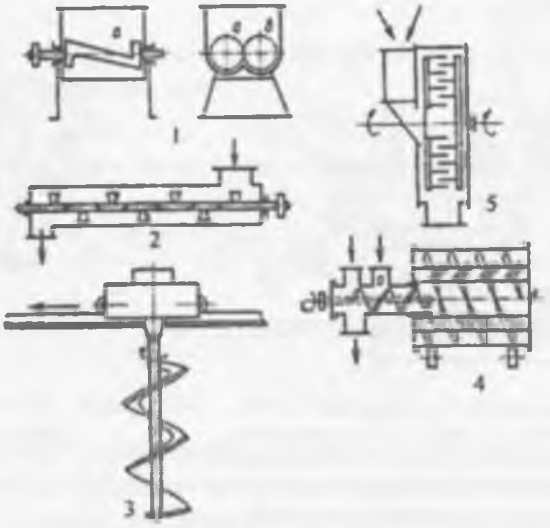
5.75-расм. Аралаштириш мосламаларининг турлари:
а-г – тез юрар, *д-з* - секин юрар. а – парракли, б – олти парракли,
в – турбинали, очик турдаги, г – пропеллерли,
д – лангарли, е – ромли, ж – лентали, з – шнекли

Ўк бўйлаб оким ҳосил киладиган аралаштиргичли курилмалар ичига циркуляцион трубалар ўрнатилиши мумкин. Бунда, суюклик оқими аввал труба ичидан, сўнг эса кобик ва труба орасидаги ҳалқасимон канал орқали ҳаракатланади. Суюклик ҳаракатида ўрама ҳосил бўлмаслиги учун кобиқ ичига пластинали радиал тусиклар ўрнатилади.

5.30. Сочилувчан материалларни аралаштириш

Одатда сочилувчан материалларни аралаштириш учун мўлжалланган курилмалар ишлаш принципи, тезлик характеристикалари ва конструктив белгиларига караб гурухларга ажратилади.

Ишлаш принципига караб даврий ва узлуксиз ишлайдиган аралаштириш курилмалари бўлади.



5.76-расм. Сочилувчан материаллар аралаштиргичларининг конструкциялари:
1 - парракли; 2, 3 - шнекли; 4 - барабанли; 5 - зарбали

Даврий ишлайдиган курилмаларга барабанли, лентали, марказдан кочма, айланувчи роторли, червяк - парракли ва мавхум кайнаш катламли аралаштиргичлар киради. Узлуксиз ишлайдиган курилмаларга эса барабанли, червяк - парракли, роторли ва бошка турдаги аралаштиргичлар киради.

Тезлик характеристикаларига караб тез ва секин юрар курилмалар бўлади. Тез юрар аралаштиргичлар бир ва икки поғонали бўлиши мумкин. Биринчи поғона иситиладиган, иккинчиси эса совутиладиган бўлиши мумкин.

5.76-расмда аралаштиргичларнинг асосий турлари келтирилган.

Парракли аралаштиргич карама - карши йўналишда айланадиган z - симон ***m*** ва ***n*** парраклардан таркиб топган.

Курилмага узатилган материал парракларнинг айланиши туфайли самарали кориштирилади. Шнекли курилмаларда бир вактнинг ўзида материаллар хам кориштирилади, хам маълум масофага узатилади (5.76б-расм).

5.76в-расм шнекли аралаштиргичнинг яна бир тури келтирилган бўлиб, унда бир катор вертикал шнеклар харакатчан ромларга ўрнатилган бўлади. Бундай курилмаларда айлантирувчи шнек ромлар аралаштирилаётган материал билан бирга силжийди.

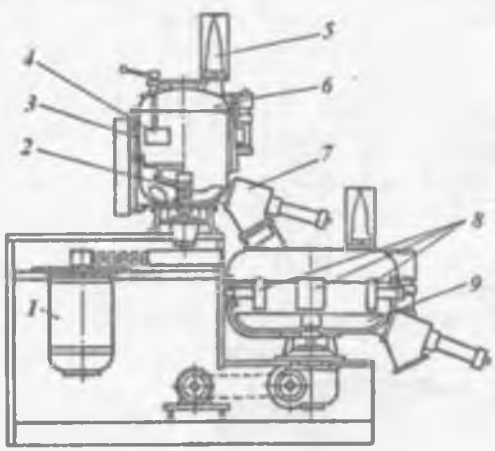
Барабанли курилмаларда аралаштириш жараёни барабанда амалга оширилади (5.76г-расм).

Зарбали курилмаларда жараённинг интенсивлиги аралаштирилаётган материалга стерженларнинг кўпдан-кўп уриниши натижасида хосил бўлади (5.76д-расм).

Икки поғонали, марказдан кочма турбокориштиргичнинг умумий кўриниши 5.77-расмда тасвирланган.

Бундай аралаштиргичлар кукунсимон, ковушок ва суюк материалларни кориштириш учун қўлланилади. Курилманинг биринчи поғонаси аралашмани гомогенлаш учун, иккинчиси эса уни совитиш учун хизмат килади. Кориштиргич ичида уч парракли аралаштиргич ва пичоклар комбинациясидан таркиб топган тез юрар ротор айланади (5.77-расм).

Ротор айланиши пайтида сочилувчан материал курилма деворига улоктирилади ва юкорига караб кўтарилади. Натижада заррачаларнинг циркуляцияли харакат окими барпо бўлади. Курилма девори бўйлаб хосил бўлган кўтарилувчи оким нам материални деворга ёпишишига халакит беради. Кориштиргич конструкцияси ротор паррақларини ўзини - ўзи тозалашини таъминлайди.



5.77-расм. Комбинацияланган турбокориштиргич: 1 - электр юритгич, 2 - ротор, 3 – иситиладиган гилоф, 4 - дефлектор, 5 - фильтр, 6 – бурилувчи копкок, 7 - оқиб ўтиш мосламаси, 8 – совутиладиган сегментлар, 9- аралаштирувчи мослама.



5.77а-расм. Турбо кориштиргич ишчи органи.

Сочилувчан ва нам материалларни аралаштириш учун мўлжалланган секин юрар кориштиргичлар цилиндр ёки тоғорасимон шаклли бўлиб, ён ва тепа копкоклар билан беркитилади.

Қориштиргич кобиғи ичида ясси лентали спиралсимон парракли ўк жойлаштирилади. Материални интенсив аралаштириш учун парраклар чап ва ўнг томонга караб ўралади. Лентали курилмаларда кориштириш элементи 4 та лентадан таркиб топган бўлади. Ташки лентанинг айланма тезлиги 1,2 м/с га тенгдир.

5.31. Аралаштиргичларни ҳисоблаш

Аралаштиргич парраклари айланиши пайтида энергия асосан ишқаланиш каршилигини енгишга ҳамда уюрмалар ҳосил килиш ва узилишига сарфланади. Муҳитнинг каршилик кучи каршилик коэффициенти ψ га боғлик.

Исталган шаклдаги паррак учи ўртача ва айланма тезликлари орасида куйидаги боғликлик бор ва ушбу ифодадан топилади:

$$w_{тр} = a \cdot \omega \qquad 5.117)$$

бу ерда, w – паррак учига тўғри келадиган айланма тезлик; a – пропорционаллик коэффициенти.

Агар $R = P$ эканлигини инобатга олсак, каршилик коэффициентини қуйидаги тенгламадан аниқлаш мумкин:

$$\psi = \frac{P}{\rho d^2 \cdot a^2 \cdot \omega^2} \qquad (5.118)$$

бу ерда, P – аралаштиргич паррагига таъсир этувчи куч.

Муҳит каршилигини енгиш учун аралаштиргич ўкига маълум миқдорда энергия бериш зарур.

Паррак айланиши учун керакли қувват миқдорини қуйидаги формуладан ҳисоблаб топилади:

$$N = P \cdot w_{тр} = P \cdot a \cdot \omega \qquad (5.119)$$

Паррак учидаги айланма тезлик $\omega = \pi dn$ (бу ерда, n - аралаштиргичнинг 1 с ичидаги айланиш сони). Агар охирги тенгламага P ва $w_{тр}$ ларни қўйсак, ушбу ифодани оламиз:

$$N = \psi\rho d^2 a^3 \omega^3 = \psi\rho d^2 a^3 (\pi dn)^3$$

ёки

$$N = \psi\pi^3 \cdot a^3 \cdot \rho \cdot d^5 \cdot n^3 \qquad (5.120)$$

Агар $\psi\pi^3 a^3 = c$ деб белгилаб олсак, унда:

$$N = cd^5 \cdot n^3 \rho \qquad (5.121)$$

Коэффициент c нинг киймати, тажрибадан олинади. Одатда, у идиш ва паррак шаклига ҳамда Re критерийсига боғлик, яъни:

$$c = f(\mathrm{Re})$$

Аралаштиргичлар учун Re катталиги куйидаги ифодадан топилади:

$$\mathrm{Re}_м = \frac{w_{тр} \cdot d \cdot \rho}{\mu} = \frac{(a\omega) \cdot d \cdot \rho}{\mu} = \frac{(a \cdot \pi \cdot d \cdot n)d \cdot \rho}{\mu} = a\pi \frac{\pi d^2 \rho}{\mu} \qquad (5.122)$$

Ўзгармас кўпайтма $a\pi$ ни формуладан тушириб колдирса бўлада. Унда:

$$\mathrm{Re}_м = \frac{nd^2 \cdot \rho}{\mu} \qquad (5.123)$$

Қориштириш учун сарфланадиган кувватни аниқлашга олиб келади. Қориштиришни жадал бориши тажриба натижасига асосланган ҳолда белгиланади.

Қориштиргич турини, ўлчамларини ва айлантириш частотаси танлангандан сўнг истеъмол кувватини ҳисоблаш бажарилади. Қориштиргич ишлаганда курилмада маълум ҳолатда суюкликнинг йўналган окимлари пайдо бўлади. Суюкликнинг жадал аралашиши иккиламчи окимлар билан ўрама ҳаракати ҳосил бўлиши натижасида амалга ошади. Суюклик марказ-

дан кочма куч таъсирида, марказдан девор томонга ҳаракатланади. Бундай ҳаракат натижасида кориштиргич марказида паст босим, зонаси ва ўрама ҳосил бўлиб, суюклик куракнинг пастки ва юкори кисмларидан сўрилади. Суюклик иккиламчи окими ва айланма ҳаракати, мураккаб тасвири 5.78-расмда келтирилган.



5.78-расм. Кориштиргичда суюклик циркуляциясининг схемаси.

Суюкликни аралаштиргичдаги циркуляциясини мураккаб шаклдаги ёпик қувурдаги ҳаракат деб тасаввур килиб, истеъмол қувватини ҳисоблаш учун критериал тенгламани $Eu = f(Re,\ Fr,\ \Gamma_1, \Gamma_2, ...)$ кўринишда олиш мумкин. Суюклик ҳаракатига оғирлик кучининг таъсири сезиларсиз бўлгани учун, уни ҳисобга олмаймиз. Бунда $Eu = f(Re, \Gamma_1, \Gamma_2,...)$ бўлади, $Eu = \Delta p/(\rho w^2_{ap})$; Γ_1, Γ_2 - параметрик критерий бўлиб, аралаштиргич ва кориштиргичнинг геометрик ўлчамларини характерлайди. Аникланадиган чизикли ўлчам сифатида аралаштиргичнинг d_M диаметри олинса, суюкликнинг чизикли тезлиги ўрнига, ўхшашлик критерийсида аралаштирувчи кураклар четларидаги айланма тезлик қўйилади:

$$v_{айл} = \frac{\pi d_{ap} \cdot n}{60} \tag{5.124}$$

бу ерда, n – айланишлар сони, $с^{-1}$.

Куракнинг олди ва орка текисликларидаги босимлар фарки, аралаштиргичнинг фойдали қуввати N билан ифодаланади. Насос қувватига мос бўлган ва суюкликни узатиш учун керак бўладиган босим:

$$\Delta p = \frac{N}{V_{сек}} \tag{5.125}$$

бу ерда, $V_{сек}$ – аралаштирилаётган суюкликнинг хажми, суюклик хажмини циркуляция карралиги кўпайтирилганига тенг, $м^3/с$.

$$V_{сек} = FHm \tag{5.126}$$

бу ерда, F – курилманинг кўндаланг кесим юзаси, H - курилмадаги суюклик сатҳи баландлиги, м, m – циркуляция карралиги, $с^{-1}$.

Курилма ўлчамларини аралаштиргич диаметрига боғлаб ёзамиз, чунки улар ўзаро боғлик.

$$F = C_2 d^2_{ap}\ ; \quad H = C_3 d_{ap} \tag{5.127}$$

Циркуляция карралигини аралаштиргич айланиш частотасига пропорционал деб кабул килса бўлади:

$$m = C_4 \cdot n \tag{5.128}$$

$\omega = C_1 \cdot \omega_{айл} = C_1 \cdot \pi \cdot d_M \cdot n = C_5 \cdot d_M \cdot n$ – эканлигини ҳисобга олиб, модификациялашган Эйлер критерийсини оламиз:

$$Eu_{ap} = \frac{N}{\left(C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot C_5 \cdot \rho \cdot n^3 d^5_{ap}\right)} \tag{5.129}$$

C_2, C_3, C_4, C_5 – коэффициентларни ҳисобга олмасак, Эйлер ва Рейнольдсларнинг модификациялашган критерийсини олиш мумкин:

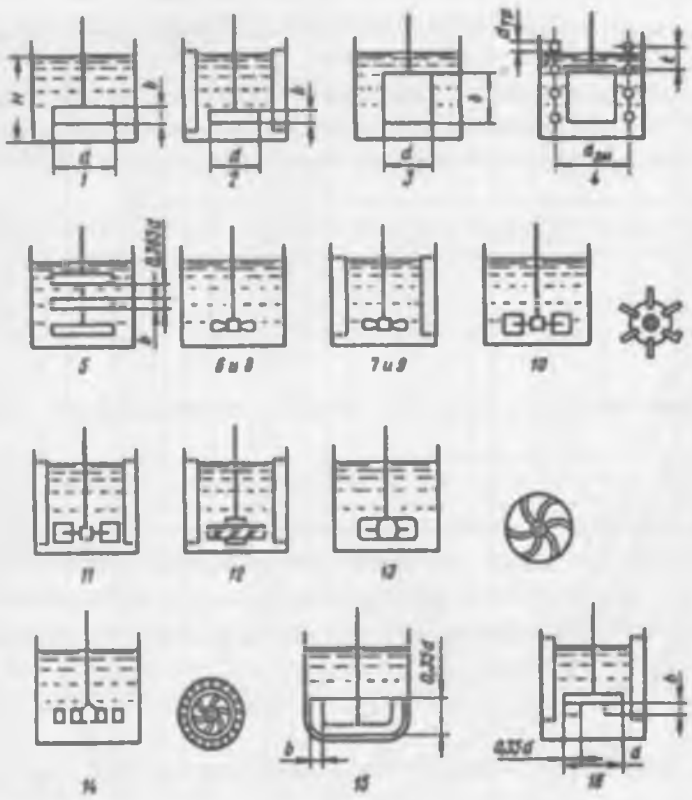
$$Eu_{ap} = \frac{N}{\left(\rho \cdot n^3 d^5_{ap}\right)}\ ; \qquad \mathrm{Re}_{ap} = \frac{nd^2\rho}{\mu} \tag{5.130}$$

бу ерда, ρ – суюклик зичлиги, $кг/м^3$; μ – ковушоклик, Пас.

Модификациялашган критерийлар орасидаги боғликлик тенгламаси ушбу кўринишга эга бўлади:

$$Eu_{ap} = f\left(\mathrm{Re}_{ap}, \Gamma_1, \Gamma_2, \text{☺}\right) \tag{5.131}$$

Қайта ишлангандан сўнг критериал тенглама қуйидаги $Eu_{ар} = A\,\mathrm{Re}_{ар}^{n} \cdot \Gamma_1^{a} \cdot \Gamma_2^{б}$ соддалашган ҳолатга келади. Коэффициент A нинг киймати даражалар кўрсаткичи, аралаштирувчининг тури, конструкцияси ва аралашиш режимига боғлиқ бўлиб, улар тажрибадан аниқланади. Ҳисобни осонлаштириш учун тажриба натижалари суюқликни реакторга кириш ва чиқишини ҳисобга олиб, Эйлер ва Рейнольдс критерийлар ўртасида боғлиқлик графиги кўринишида берилади.



5.79-расм. Аралаштиргичлар конструкциялари.

Нормаллашган типдаги аралаштиргичли қурилмаларнинг $Eu_{ар} = f(Re_{ар})$ боғлиқлиги 5.80-расмда; 5.7-жадвалда ва 5.79-расмда аралаштиргичларнинг характеристикалари келтирилган.

Аниқланган қонуний боғлиқликлардан хулоса қилиш мумкинки, аралаштирувчининг истеъмол қуввати унинг кубдаги айланишлар частотасига ва бешинчи даражали диаметрига боғлиқ бўлади.

Аралаштиргичнинг истеъмол қувватига, қурилманинг шакли, тузилиши ва мосламанинг жойлашиши ҳам таъсир қилади. Шакли цилиндрик бўлмаган ва аралаштиргичга тўсиқлар ўрнатилган ҳолларда (змеевиклар ва бошқа мосламалар) аралаштириш жараёни учун кўп қувват талаб этилади.

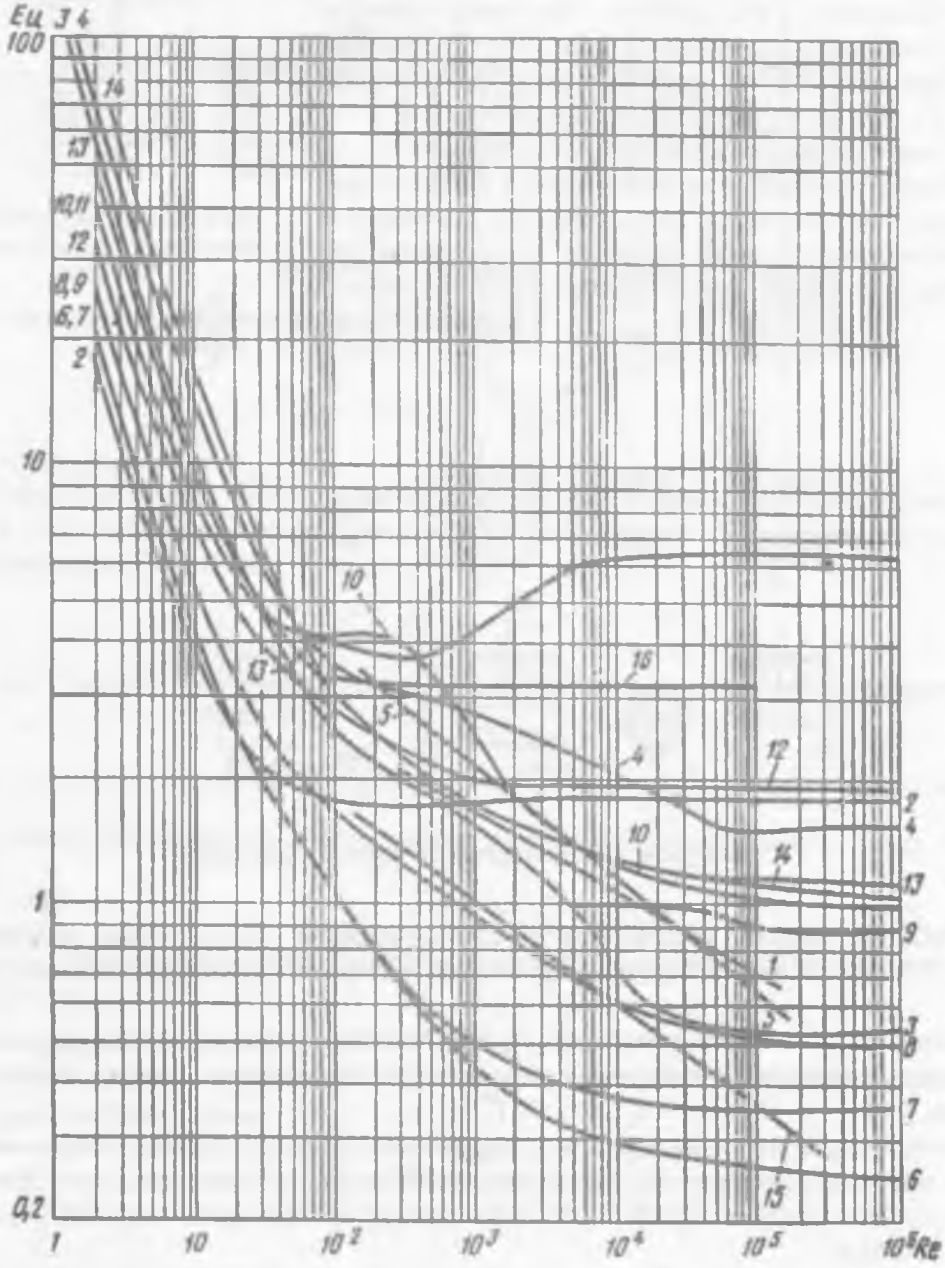
Механик аралаштиргичларда аралаштириш жараёнини ламинар ёки турбулент режимларда олиб бориш мумкин. $Re_{ар} < 20$ да ламинар режим, $Re_{ар} > 100$ бўлганда аралашиш турбулент режимда бўлади.

Кучли турбулентлик оралиғида, ($Re_{ар} > 10^5$), Эйлер сони Рейнольдс критерийсига боғлиқ бўлмай колади. Маълумки, ушбу автомодель соҳада аралаштиргичнинг айланиш тезлигини ошириш қувват сарфининг кўпайишига олиб келади.

Агар аралашиш жадаллиги берилган бўлса, 5.80-расмда келтирилган боғлиқликлар ёрдамида кетма-кет яқинлашиш услубида аралаштиргич тури, унинг ўлчамлари ва айланишлар

частотасини танлаш хамда аралаштирувчи электр юриткичининг кувватини хисоблаш мумкин.

Курилма ишчи хажми бўйича $V_{ишч}$ ва талаб этилаётган аралашлаштириш жадаллиги j (тезкорлиги) бўйича керакли кувват миқдори аникланади [Н·м/(м^3·с)]:



5.80-расм. Турли турдаги аралаштиргичлар учун Eu=f(Re) богликлиги.
Рақамлар 5.7-жадвалдаги ва 5.79-расмлардаги аралаштиргич раками ва турига мос келади

$$N = j \cdot V_{ишч} \qquad (5.132)$$

Ундан сўнг аралаштирувчининг тури, ўлчамлари ва айланишлар сони танланади.

Аралаштирувчининг дастлабки танланган параметрлари буйича Эйлер критерийси ҳисобланади, 5 80-расмдан мос равишда $Re_{кр}$ критерийси аникланади. $Re_{кр}$ киймати ёрдамида эса аралаштиргичнинг айланиш сони аникланади:

$$n = \frac{\mathrm{Re}_{кр} \cdot \mu}{d_м^2 \cdot \rho} \qquad (5.133)$$

Агар дастлаб аникланган ушбу нисбатдан айланишлар сонининг киймати кўп ёки кам бўлиб колса, бошка кийматлар олинади ва ҳисоблаш кайтарилади.

Ҳисоблар, (5.133) формула ёрдамида топилган айланиш частотаси, аралаштиргичнинг дастлаб кабул килинган айланиш частотаси билан тенг бўлгунга кадар олиб борилади.

Юкоридаги ҳисоблардан сўнг аралаштиргичнинг айланишлар сони камайтирилади ёки кўпайтирилади. Бунинг учун эса аралаштиргичнинг диаметри ҳам мос равишда ўзгартирилади.

Электр юритгич куввати (Вт) ни куйидаги тенглама ёрдамида аникласа бўлади:

$$N_э = \frac{N}{\eta} \qquad (5.134)$$

бу ерда, η – узатманинг ф и к

Аралаштиргичга сарфланадиган энергия (кВт·соат) аралаштириш давомийлигига боғлиқ бўлади:

$$E = N_{кр} \cdot \tau \qquad (5.135)$$

Ишга тушириш вақтида энергия фақат ишкаланиш кучини енгиш учунгина эмас, аралаштиргични, суюкликни ҳаракатга келтириш ва инерция кучларини енгиш учун сарфланади. Бунинг натижасида курилманинг ис.зъмол куввати ортади.

Аралаштиргичларни ишлатиш тажрибасидан шу нарса маълум бўлдики, ишга тушириш вақтида аралаштириш мосламасининг куракларига суюклик кўрсатадиган каршилик иш пайтидагига нисбатан 2 дан 4,5 баробаргача ортиб кетади.

Нормаллашган аралаштиргичларининг характеристикалари

5.7-жадвал

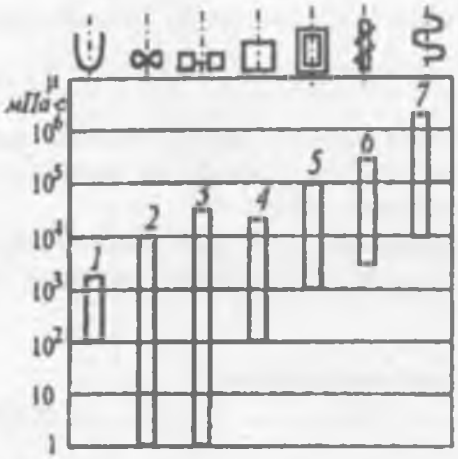
Аралаштиргичнинг 5.79-расмда, 5.80-расмда эгри чизик ракамлари	Аралаштиргич тури	Аралаштиргич характеристикаси				Идиш характеристикаси
		D/d	H/D	$b/d_{кр}$	$S/d_{кр}$	
1	Икки парракли	3	1	0,25	-	тўсиксиз
2	Икки парракли	3	1	0,167	-	4 та тўсикли, эни $0,1 \cdot D$
3	Икки парракли	2	1	0,885	-	тўсиксиз
4	Икки парракли	2	1	0,885	-	змеевикли ($d_{эм}=1,9d$; $d_{кр}=0,066d$; $t=0,12d$)
5	Олти куракли	1.11	1	0,066	-	тўсиксиз
6	Пропеллерли	3	1	-	1	тўсиксиз
7	Пропеллерли	3	1	-	1	4 та тўсикли, эни $0,1 \cdot D$
8	Пропеллерли	3	1	-	2	тўсиксиз
9	Пропеллерли	3	1	-	2	4 та тўсикли, эни $0,1 \cdot D$
10	Очик турбинали 6 та тўғри куракли	3	1	0,25	-	тўсиксиз
11	Очик турбинали 6 та тўғри куракли	3	1	0,2	-	4 та тўсикли, эни $0,1 \cdot D$

12	Очик турбинали 8 та текис эгилган куракли	3	1	0,125	-	4 та тўсикли, эни $0,1 \cdot D$
13	Ёпиқ турбинали 6 та куракли	3	1	-	-	тўсиксиз
14	Ёпиқ турбинали 6 та куракли ва йўналтирувчи мосламали	3	1	-	-	тўсиксиз
15	Якорли	1,11	1	0,066	-	тўсиксиз
16	Дискли, 6 та куракли	2,5	1	0,1		4 та тўсикли, эни $0,1 \cdot D$

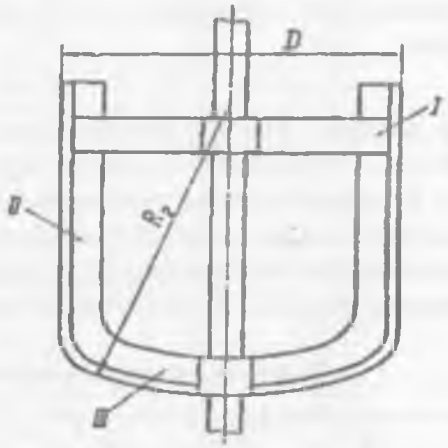
Эслатма: D – қурилма диаметри; H – қурилмадаги суюқлик қатламининг баландлиги; b – аралаштиргич паррагининг эни; S – винт қадами; d, $d_{тр}$, $d_{зм}$ – аралаштиргич, труба ва змеевик диаметрлари; t – змеевик қадами.

Қиска вақт ичида ортиқча юклама 200...300% га ортиб кетиши муносабати билан, асинхрон электр юриткичлар қўлланилади.

5.81-расмда айрим аралаштиргичларни қўллаш соҳалари келтирилган.



5.81-расм. Айрим турдаги аралаштиргичларни суюқлик қовушқоқлиги бўйича қўллаш оралиғи:
1-7 - аралаштиргич тури: 1-лангарли; 2-пропеллерли; 3-турбинали, ясси куракчали, 4-паррокли, 5-ромли, 6-шнекли, 7-лентали



5.82- расм. Ромли аралаштиргич схемаси:
I- горизонтал паррак; II- вертикал парраклар; III- сфера (таянч) қисм

Ромли аралаштиргич ҳисоби. Аралаштирилаётган суюқлик зичлиги ρ=1084 кг/м^3, айланиш частотаси n=30 айл/мин бўлганда, ромли аралаштиргич қуввати аниқлансин (5.82-расм).

Аралаштиргич парраклари бурчак ва ясси пўлатдан ясалган. Аралаштириш қурилмаси симметрик қисмлардан иборат: 1000х50х5 мм ўлчамли горизонтал бурчак I дан; 1200х50х50 мм ўлчамли иккита вертикал парраклар II дан; 50х50 мм ўлчамли бурчак пўлатдан ясалган R_2=1000 мм радиусли сфера (таянч) қисм III дан.

Горизонтал паррақларни I айлантиришга сарфланаётган қувват.

Паррак олд юзасининг майдони:

$$F_{олд} = b \cdot h = (0,5 \cdot 0,5) \cdot 0,5 = 0,0225 м^2$$

1. Тўғри тўртбурчакли парраклар учун b/h нисбатга боғлиқ:

5.8-жадвал

b/h	1	2	4	10	18	>18
φ	1,10	1,15	1,19	1,29	1,40	2,00

b/h=450/50=9 бўлганида φ коэффициенти φ=1,28. У ҳолда қувват

$$N_Г = 60 \cdot 10^{-6} \frac{\varphi \cdot z}{\eta} F_{ом} D^3 n^3 \rho = 60 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1,25 \cdot 1}{0,75} \cdot 0,0225 \cdot 1^3 \cdot 30^3 \cdot 1084 = 0,117 кВт .$$

Вертикал парракларни II айлантиришга сарфланаётган қувват.

Парраклар бевосита валга туташмаган ва вертикал ҳолатдаги ҳисоблашни қуйидаги формула билан амалга оширамиз.

$$N_В = 18 \cdot 10^{-6} \frac{\varphi \cdot z \cdot h}{\eta} (D_2^4 - D_1^4) n^3 \cdot \rho =$$

$$= 18 \cdot 10^{-6} \frac{1,1 \cdot 1 \cdot 1,2}{0,75} (1,0^4 - 0,9^4) \cdot 30^3 \cdot 1840 = 0,525 кВт$$

Бунда масала шартидан қуйидагилар маълум:

$$D_2 = 1,0 м; \quad D_1 = D_2 - 2 \cdot 0,05 = 1,0 - 0,1 = 0,9 м;$$

b/h=0,05/1,2<1, шунинг учун φ=1,1; z=1.

3. Аралашманинг сферик (лангарли) кисмини III айлантиришга сарфланувчи қувват.

Масала шартидан: b/h=450/50=9 ва φ=1,28 бўлганида

$$R_2 = 1,0 м; \quad R_1 = R_2 - 0,05 = 1,0 - 0,05 = 0,95$$

ҳолда,

$$N_Д = 15,3 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{\varphi \cdot z}{\eta} (R_2^5 - R_1^5) n^3 \cdot \rho =$$

$$= 15,3 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1,28 \cdot 1}{0,75} (1,0^5 - 0,95^5) \cdot 30^3 \cdot 1840 = 3,0 кВт$$

4. Бутун аралаштиргич учун сарфланувчи қувват

$$N = N_Г + N_В + N_Д = 0,117 + 0,525 + 3,0 = 3,642 кВт$$

Парракли аралаштиргич ҳисоби. Парракли аралаштиргичнинг айланиш частотаси ва қуввати аниқлансин. Шартли сиғими V=0,33 м^3 бўлган қурилмага зичлиги ρ=180 кг/м^3 бўлган аралашма қуйилган. Паррак диаметри $D_Г$=650 мм. Аралаштириш жадаллиги шундай бўлиши лозимки, суюқлик диффузордан 1 дақикада 12 маротаба ўтсин, яъни аралаштириш карралиги $к$=12.

Парракли аралаштиргичнинг ювувчи юза майдони

$$F_{ом} = 0,8 \frac{\pi D_1^2}{4} = 0,8 \frac{3,14 \cdot 0,65^2}{4} = 0,265 м^2$$

Суюқликнинг ўқ бўйича йўналишдаги тезлиги

$$w_y = \frac{kV}{60F_{кес}} = \frac{12 \cdot 3{,}33}{60 \cdot 0{,}265} = 2{,}5 м/с$$

Винт чизиғининг кўтарилиш бурчагини θ=30° деб кабул килиб, аралаштиргичнинг айланиш частотасини ҳисоблаймиз:

$$n = \frac{19{,}1 w_y}{D_1 a_1} = \frac{19{,}1 \cdot 2{,}5}{0{,}65 \sin 30^\circ \cos 30^\circ} = 170 айл/мин = 2{,}9 айл/с$$

Парракли аралаштиргични айлантириш учун сарфланувчи қувват:

$$N = 0{,}2 a D_1^5 n_e^3 \rho = 0{,}2 \cdot 0{,}108 \cdot 0{,}65^5 \cdot 2{,}9^3 \cdot 180 = 11{,}0 кВт$$

5-боб. Аралаштириш бўйича Мустакил тайёрланиш ва қайтариш учун саволлар

1. Суюкликларни аралаштириш усуллари.
2. Пневматик аралаштириш усули ва қурилмаларининг тузилиши.
3. Циркуляцияли аралаштириш усули ва қурилмаларининг конструкциялари.
4. Статик аралаштириш усулининг моҳияти.
5. Механик аралаштириш усули ва мосламаларининг конструкциялари.
6. Пластмассаларни аралаштириш асослари ва қурилмалари.
7. Сочилувчан материалларни аралаштириш қурилмаларининг конструкциялари, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
8. Аралаштиргичларни ҳисоблаш кетма-кетлиги.

ТЕСКАРИ ОСМОС ВА УЛЬТРАФИЛЬТРЛАШ

5.32. Умумий тушунчалар

Суюк ва газ аралашмаларни ажратиш жараёнлари мамлакат иктисодиётининг кўп соҳаларида муҳим аҳамиятга эга. Бундай аралашмаларни ажратишда ҳайдаш, ректификация, экстракция, адсорбция жараёнлари кўп ишлатилади. Лекин газ ва суюк аралашмаларни ажратишнинг энг универсал усули, яримўтказувчан тўсиқ мембраналар ёрдамида ажратишдир (3.66-расм).

Кимё ва нефтни кайта ишлаш саноатларида мембрана усуллари азеотроп аралашмаларни ажратишда, эритмаларни тозалаш ва концентрациясини орттиришда, юкори молекулали бирикмаларни эритмаларидан ажратиб олишда; биотехнология ва медицина саноатида вакцина, ферментларни ажратиш ва тозалашда; озиқ - овқат саноатида сабзавот ва мевалар шарбатлари концентрациясини ошириш учун, сувни ва сувли эритмаларни кайта ишлашда, окова сувларни тозалашда мембрана жараёнлари кенг кўламда қўлланилади.

Охирги йилларда газ аралашмаларини ушбу усулда ажратиш жадал равишда ривожланмокда. Ҳозирги кунда ҳаводан кислородни, гелийни ва SO_2 ни табиий газдан ажратиб олишда ишлатилмокда.

Ҳисоботлар ва йиғилган тажриба натижалари шуни кўрсатадики, мембраналарни қўллаш мавжуд технологияларда катта иктисодий самара бериши мумкин ва янги, содда энергетик тежамли ва экологик жиҳатдан тоза технологиялар яратишда кенг имкониятлар тугдириши мумкин.

Саноатнинг турли технологияларида кенг қўлланилаётган мембрана усулларига тескари осмос, ультрафильтрлаш, микрофильтрлаш, диализ, электродиализ, мембрана оркали буғлатиш ва газларни ажратишларни келтириш мумкин.

Янги мембрана усуллари, яъни мембранали дистилляция, электр осмос, фильтрлаш ва бошкалар устида жадал изланишлар олиб борилмокда.

Юкорида кайд этилган усуллардан ҳар бирида ажратиладиган аралашма яримўтказувчан мембрана ёрдамида амалга оширилади.

Яримўтказувчан тўсиқ – мембраналарни хусусий хоссаларига кўра, у оркали ўтган модда бир ёки бир неча компонент билан тўйинади ёки шу компонентлар миқдори моддада камаяди. Қатор ҳолларда жараён шунчалик тўлик ўтадики, моддада деярли дисперс фаза қолмайди, чунки улар мембранада ушланиб колади.

Мембранали жараёнлар асосий ҳаракатлантирувчи куч турига караб классификацияланади. Одатда, ушбу жараёнларнинг ҳаракатлантирувчи кучи бўлиб кимёвий ёки электркимёвий потенциал градиенти ҳисобланади. Лекин техник ҳисобларда, ушбу жараёнларнинг тезлигини характерлайдиган босим, температура ва ҳ. градиенти қабул қилиниши мумкин.

Шундай қилиб, мембранали жараённинг ҳаракатга келтирувчи кучи сифатида босимлар градиенти – баромембранали жараёнлар (тескари осмос, нано-, ультра- ва микрофильтрлаш), концентрациялар градиенти – диффузион - мембранали жараёнлар (диализ, мембрана оркали бугланиш, мембрана ёрдамида газларни ажратиш ва ҳоказо), электр потенциал градиенти - электрмембранали жараёнлар (электродиализ, электроосмос ва ҳоказо), температура градиенти - термомембранали жараёнлар (мембранали дистилляция ва ҳоказо) бўлиши мумкин.

Мембрана оркали ўтган модда ***пермеат*** деб номланади, мембранада колган аралашма эса ***ретант*** (ёки концентрат) деб аталади.

Мембрана ёрдамида ажратиш жараёнининг селективлиги φ (%) куйидагича аникланади:

$$\varphi = \left(\frac{c_1 - c_2}{c_2}\right) \cdot 100\% = \left(1 - \frac{c_2}{c_1}\right) \cdot 100\% \qquad (5.136)$$

бу ерда, c_1 ва c_2 – эриган модданинг аралашмадаги ва пермеатдаги концентрациялари.

Мембрананинг солиштирма унумдорлиги (ўтказувчанлиги) G, маълум бир ҳаракатлантирувчи куч таъсирида, вақт бирлиги τ ичида, иш юзаси F бирлигидан олинган пермеатнинг ҳажми V (ёки массаси) оркали аникланади [кг/(м^2 с)]:

$$G = \frac{V}{F \cdot \tau} \qquad (5.137)$$

Мембрана – бу суюк ёки газ аралашмадан бир ёки бир неча компонентни бир томонлама ўтказиш кобилиятига эга бўлган яримўтказувчан тўсикдир.

Мембраналар куйидаги талабларни кондириши ва хусусиятларга эга бўлиши керак:

1) яхши ажратиш кобилияти (селективлик);

2) катта солиштирма унумдорлик;

3) ажратилаётган кимёвий моддаларга чидамли;

4) монтаж килиш, саклаш ва транспортировка даврига етарли мустаҳкамлик;

5) ишлатиш даврида хоссалари ўзгармаслиги керак.

Мембраналар турли полимер (целлюлоза, ацетат, полиамид, полисульфон), керамика, шиша, металл фольга ва бошка материаллардан ясалади.

Механик мустаҳкамлигига караб мембраналар зичланувчи (полимерли) ва каттик таркибли ҳамда ғовакли ва ғоваксиз (диффузияли) бўлиши мумкин.

Ғовакли мембраналар тескари осмос, микро- ва ультрафильтрлаш жараёнларини амалга ошириш учун қўлланилади, газларни ажратишда эса, камрок ишлатилади. Бу мембраналар хизмат муддати мембрана материали кимёвий чидамлилиги билан белгиланади.

Диффузияли мембраналар ёрдамида газ ва суюклик аралашмаларни тозалаш мембрана оркали буғланиш ва диализ усулларида амалга оширилади. Одатда диффузияли мембраналар ғоваксиз бўлади.

Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, гель катламидаги айрим бўлаклар полимер занжири ўзаро канчалик суст боғланган бўлса, диффузия тезлиги шунчалик юкори бўлади. Демак, диффузияли мембраналарни тайёрлашда лиофил полимер материалларни қўллаш максадга мувофик.

Молекулаларни диффузияли мембраналар оркали ўтиш тезлиги диффузия коэффициентига тўғри пропорционал ва ўз навбатида молекулаларнинг ўлчами, шаклига боғлик.

Бу турдаги мембраналарнинг яхши хусусиятларидан бири шундаки, уларнинг ўтказувчанлиги вакт ўтиши билан умуман камаймайди. Диффузияли мембраналар гидравлик каршилиги катта, шунинг учун улар юпка катламли ҳолатда қўлланилади.

Кўпинча мембраналар лист ёки труба шаклида ёки ичи бўш толалар кўринишида ясалади. Бу каналлар ички диаметри 20...100 мкм, деворининг калинлиги 10...50 мкм бўлади. Бундан ташкари, мембраналар турли шаклдаги ғовакли ташувчилар устида ҳам ишлатилиши мумкин. Бу мембраналар ***композит мембраналар*** деб аталади.

5.33. Тескари осмос ва ультрафильтрлаш жараёнларнинг физик-кимёвий асослари

Турли мембранали жараёнлар учун умумий бўлган механизм шу пайтгача ишлаб чикилмаган ва ҳар бир жараённи алоҳида кўриб чикиш керак. Лекин ҳар бир мембранали жараён таҳлил килинаётганда куйидаги уч асосий омил ва уларнинг ўзаро боғликлиги кўзда тутилиши керак:

1) мембрананинг калинлиги бўйича таркиби (ғовакли, ғоваксиз, изотропли);

2) ажратилаётган системанинг физик - кимёвий (газлар учун яна термодинамик) хоссалари;

3) ажратилаётган аралашманинг мембрана билан ўзаро таъсири.

Агар юкорида кайд этилган омиллар инобатга олинмасдан колса, модель механизмини яратиш ва таҳлил килиш пайтида принципиал хатоликка олиб келиши мумкин.

Мембрана оркали ажратилаётган моддаларнинг ўтишига эритувчини ташкил этувчи компонентлар хоссалари (масалан, сувнинг) ва уларнинг мембрана билан ўзаро таъсири катта

аҳамиятга эга. Маълумки, суюклик ва каттиқ жисм тўқнашиш зонасида сиртий кучлар (адгезия, сиртий таранглик, молекуляр тортишиш) мавжуддир. Шунинг учун, мембрана устидаги суюкликнинг чегаравий қатламининг физик-кимёвий хоссалари қурилма ҳажмини тўлдириб турган суюклик хоссаларидан катта фарқ қилади.

Агар эритма таркибидаги сувнинг диэлектрик ўтказувчанлиги кескин равишда камайса, молекулаларининг ҳаракатчанлиги сусаяди. Бу ҳол ўз навбатида сувнинг эритиш қобилиятини пасайтиради. Полярмас суюкликлар учун чегаравий қатлам ва катта ҳажмдаги суюкликнинг хоссалари сезиларли даражада фарқ қилмайди.

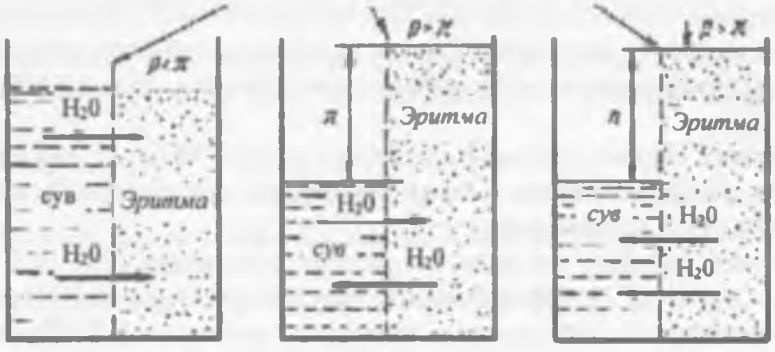
Баромембран жараёнлар

Тескари осмос – бу эритманинг эритувчисини ўтказадиган ва дисперс фаза молекула (ёки ионлар) ларини ушлаб қоладиган ярим ўтказувчан мембраналар ёрдамида босим остида фильтрлаш жараёни. Тескари осмос усули осмос ҳодисасига асосланган, яъни бунда система мувозанат ҳолатига чиқмагунча ($p = \pi$), эритувчи ярим ўтказувчан мембрана орқали эритмага ўз - ўзидан ўтадиган жараён (5.83-расм).

Мувозанат ҳолатига ўрнатилиш пайтидаги босимга ***осмотик босим*** (π) дейилади. Агар эритмага осмотик босимдан кўпрок босим таъсир эттирилса ($p>\pi$), масса ўтиш жараёни тескари йўналишда боради (5.83в-расм). Шунинг учун ҳам, жараён номи «тескари осмос» деб номланган. Мембрана орқали ўтган эритувчи ***фильтрат*** деб аталади.

Тескари осмос жараёнини ҳаракатга келтирувчи кучи деб босимлар фарқи $\Delta p = p - \pi$ ҳисобланади, бу ерда, p – эритма остидаги ортиқча босим, π – эритманинг осмотик босими. Агар тескари осмос жараёнида мембрана орқали озгина дисперс фаза ўтиб қолса, унда Δp ни ҳисоблаш пайтида фильтратнинг осмотик босими π ни ҳам инобатга олиш зарур, яъни:

$$\Delta p = p - (\pi_1 - \pi_2) = p - \Delta\pi \qquad (5.138)$$



5.83-расм. Тескари осмос усулида эритмаларни ажратиш схемаси:
а - осмос; б - мувозанат; в - тескари осмос.

Осмотик босимни тахминий ҳисоблаш учун Вант - Гофф формуласидан фойдаланса бўлади.

$$\pi = xRT \qquad (5.139)$$

бу ерда, x – эрувчи модданинг моль улуши, R – ўзгармас газ доимийси, T – эритманинг абсолют температураси, К.

Эритмаларнинг осмотик босими 10 ва ундан ортиқ мегапаскаль бўлиши мумкин. Тескари осмос курилмаларидаги босим осмотик босимдан анча кўп бўлиши керак, чунки жараённи ҳаракатга келтирувчи куч - босимлар фарқи. Масалан, 35% тузлар бор денгиз сувининг осмо-

тик босими 2,45 МПа бўлса, тузсизлантирадиган қурилманинг ишчи босими тахминан 7,85 МПа бўлиши керак.

Селектив ўтказувчанликнинг капилляр - фильтрлашли моделига биноан электролитга чўктирилган лиофил мембрананинг юзаси ва ғоваклар ичида t_c қалинликда боғланган сувдан иборат сиртий қатлам ҳосил бўлади. Маълумки, боғланган сувнинг бўлиши, ион (ёки молекула) ларнинг мембрана оркали ўтишига тўскинлик килади. Ушбу модель проф. Ю. И. Дитнерский томонидан яратилган.

Агар мембрана ғоваклари диаметри $d \leq 2t_c + d_{гн}$ (бу ерда $d_{гн}$ – гидратацияланган ион диаметри) бўлса, ғоваклар оркали асосан сув ўтади. Бу ҳол бундай мембраналарнинг селективлик хоссасини ифодалайди.

Одатда, мембрана ғоваклар диаметри турлича бўлади, жумладан, йирик ва катта диаметрли ҳам бўлади, яъни $d > 2t_c + d_{гн}$, бундай ҳолда боғланган сув оз миқдорда бўлса ҳам ноорганик тузларни эритади. Шунинг учун, канчалик боғланган сув қатлами қалинлиги ва ионнинг гидратациялаш кобилияти катта бўлса, мембрананинг селективлиги шунчалик юкори бўлади.

Кўриб чиқилган модель таҳлилидан қуйидаги хулосаларга келиш мумкин:

– мембрана материали лиофил бўлиши керак, яъни ўтказиладиган компонентга нисбатан мембрана селектив сорбция хусусиятли бўлиши керак;

– ғоваклар диаметри боғланган сув қатлами қалинлиги ва гидратацияланган ион диаметрлар йиғиндисининг иккига кўпайтмасидан кичик бўлиши зарур;

– мембраналар гидравлик каршилигини камайтириш учун улар анизотроп тузилишли ёки композит (фаол қатлам қалинлиги минимал) килиб ясалиши максадга мувофик.

Ультра- ва микрофильтрлаш. Ультрафильтрлаш – бу юкори ва паст молекулали бирикмали эритмаларни ажратиш жараёни ҳамда юкори молекулали бирикмаларни қуюқлаштириш ва фракциялашдир. Ушбу жараён босимлар фарки ёрдамида амалга оширилади.

Ультрафильтрлаш жараёни эриган компонент молекуляр массаси эритувчи молекуляр массасидан анча катта бўлган системаларни ажратиш учун қўлланилади.

Юқори молекулали бирикмалар осмотик босими жуда кичик бўлгани учун ультрафильтрлаш жараёнининг ҳаракатга келтирувчи кучини ҳисоблашда инобатга олмаса бўлади. Шунинг учун ҳам, ультрафильтрлаш жараёни нисбатан паст босимлар (0,2...1,0 МПа) да олиб борилади.

Агар мембранали жараён эритма таркибидаги йирик коллоид заррачалар (0,1...10 мкм)ни ажратиш учун ишлатилса, унда у ***микрофильтрлаш*** деб аталади. Бу жараённинг ҳам ҳаракатга келтирувчи кучи - босимлар фарки.

Микрофильтрлаш жараёни ўта паст босимларда ўтказилади (0,01...0,5 МПа). Ушбу жараён ультрафильтрлаш ва оддий фильтрлаш жараёнлари ўртасидаги оралик ҳолатни эгаллайди. Микрофильтрлаш электроника, медицина, кимё, микробиология ва бошка саноатларда кенг қўлланилмокда. Тескари осмос, нано- ва ультрафильтрлаш жараёнларида эритмаларни ажратишдан аввал микрофильтрлаш жараёнини амалга ошириш юкори самара беради.

Баромембран жараёнларни шартли қўллаш чегаралари 5.9-жадвалда келтирилган.

5.9-жадвал

Параметр \ Жараён	Тескари осмос	Нано-фильтрлаш	Ультра-фильтрлаш	Микро-фильтрлаш
Заррача диаметри, мкм	0,0001 ... 0,003	0,001 ... 0,005	0,005 ... 0,05	0,05 ... 10,0

Шундай килиб, нанофильтрлаш тескари осмос ва ультрафильтрлаш ўртасидаги оралик жараён.

Ушбу жараён ёрдамида молекуляр массаси 300...3000 бўлган моддаларни ажратиш ва қуюқлаштириш (концентрлаш) ҳамда оғир металлар ионларини ажратиб олиш мумкин.

Кўпинча саноатда хоссалари бир - бирига якин бўлган электролитлар, ионли суюлтирилган эритмаларини ажратишга тўғри келади. Кўп компонентли эритмалар таркибидан керакли электролитни ажратиб олиш учун комбинацияланган усулдан фойдаланиш зарур. Ушбу усул ўз ичига комплекс хосил килиш ва ультрафильтрлаш (КОУФ)ни олади. Усулнинг асоси шундаки, электролит ионлари ажратувчи эритма билан полимер комплексларини хосил килади. Полимер комплексларнинг ўлчами боғланмаган ионларникидан катта бўлади. Шунинг учун хам, ультрафильтрлаш жараёнида полимер комплекс ретантда чўкиб колади, боғланмаган ионлар эса, мембранадан ўтиб – пермеат хосил килади.

5.34. Диффузион - мембранали жараёнлар

Диффузион - мембранали жараёнлар мембраналарнинг калинлиги бўйича концентрация ёки босим градиентига асосланган бўлиб, газ ёки суюк аралашмаларни ажратишда қўлланилади. Бунда газларни мембрана ёрдамида компонентларга ажратиш ёки бирор компонентга тўйиниши юз беради.

Говаксиз мембрана ёрдамида газларни ажратиш, компонентларнинг мембрана оркали диффузияси турли тезликда ўтишига асосланган. Бу жараён уч асосий боскичда ўтади: 1) газ мембрана юзасида ажратилаётган аралашма томонида адсорбцияланади: 2) газ мембрана оркали диффузия хисобига ўтади; 3) мембрананинг бошка томонида десорбция юз беради. Одатда, иккинчи боскич жараённинг тезлигига асосий хисса кўшади ва ўтаётган диффузия жараёни Фикнинг биринчи конуни билан ифодаланади:

$$G = -DF\frac{dc}{dx} \qquad (5.140)$$

Агар (3.124) тенгламани интегралласак ва тегишли ўзгартиришлар киритилса:

$$G = D\frac{c_1 - c_2}{\delta} \cdot F \qquad (5.141)$$

бу ерда, G – мембрана оркали ўтган газ миқдори, D – диффузия коэффициенти, c_1 ва c_2 – мембрананинг икки томонларидаги концентрациялар, x – мембрана калинлиги бўйича масофа, F – мембрана юзаси, δ – мембрана калинлиги

Мембрана юзасидаги концентрациялар c_1 ва c_2 ни аниклаш ёки ўлчаш кийин. Шунинг учун газни мембрана материалида эриши деб хисоблаб, c_1 ва c_2 ларни Генри конуни бўйича аниклаш мумкин:

$$c_1 = SP_1 \; ; \quad c_2 = SP_2 \qquad (5.142)$$

бу ерда, S – эриш коэффициенти, P_1 ва P_2 – мембрананинг икки томон юзаларидаги босимлар

(5.142) ва (5.141) тенгламаларни (5.140) тенгламага кўйсак:

$$G = -DS\frac{P_1 - P_2}{\delta} \cdot F \qquad (5.143)$$

бу ерда, $A = DS$ – мембрананинг газ ўтказувчанлиги (ёки ўтказувчанлик коэффициенти)

$$G = A\frac{P_1 - P_2}{\delta} \cdot F \qquad (5.144)$$

яъни газ ёки буғнинг мембрана оркали ўтиш тезлиги мембрананинг юзаси, босимлар фарки ва мембрананинг ўтказувчанлик коэффициентига тўғри пропорционал ва калинлигига тескари пропорционал.

Мембрана оркали буғланиш – усулида суюк аралашмалар ажратилади. Ушбу усул аралашма компонентларининг диффузия коэффициентлари турлилиги туфайли компонентларнинг мембрана оркали ўтиш тезлиги хар хиллигига асосланган.

Аралашмадан мембрана оркали инерт газ оқими билан ёки вакуум таъсирида буғ ўтади ва кейин конденсаторда конденсацияланади.

Бу жараён хам уч боскичда ўтади: 1) модда мембрана юзасида адсорбцияланади; 2) мембрана оркали диффузия ёрдамида ўтади; 3) мембрананинг бошка томонида десорбция юз

беради. Мембрана орқали массанинг ўтиши Фикнинг иккинчи конуни билан ифодаланади. Буғнинг таркиби температура, мембрана материали ва аралашма таркибига боғлик. Жараён тезлигини ошириш учун аралашмани 30...60°С гача иситилади ва буғ зонасида эса вакуум хосил килинади.

Ноорганик моддалар (масалан, керамика)дан ғовакли мембраналар тайёрланади. Бу жараён полимер асосли, ғовакли ёки ғоваксиз мембраналар (масалан, полипропилен, полиэтилен ва х.)да олиб борилиши мумкин ва азеотроп аралашмаларни (изопропанол - сув, этанол-сув) ажратишда кенг қўлланилади. Бу турдаги аралашмаларни ректификация усули билан ажратиб бўлмайди, лекин ректификация ва мембранали ажратиш усулларини бирга қўллаш катта иктисодий фойда бериши мумкин.

Турли синфдаги углеводородлар, органик кислоталарнинг сувли эритмаларини, кетонларни мембрана оркали буғланиш усулида ажратиш юкори иктисодий самара беради.

Бундан ташкари, бу усул окова сувларни тозалашда қўлланилиши мумкин.

Диализ – бу концентрланган ва суюлтирилган эритмаларни диффузия тезликлари турли бўлган моддаларни яримўтказувчан мембраналар оркали ўтказиб ажратиш усулидир. Агар концентрацияси юкори ва паст бўлган эритмалар орасига мембрана жойлаштирилса, эритмалар орасида концентрация градиенти хосил бўлади. Бу градиент таъсирида эритилган модда мембрана оркали концентрацияси кам бўлган эритма томон диффузия оркали ўта бошлайди.

Эритувчи (сув) эса, тескари томон харакат кила бошлайди. Диализ тезлиги Фикнинг биринчи конуни ёрдамида топилади. Диализ оркали ўтган модда миқдори эса, масса ўтказиш тенгламаси оркали аникланади. Диализ, тузилиши ромли фильтр - прессга ўхшаш бўлган, текис камерали ва ичи бўш толали мембрана қурилмаларда амалга оширилади.

Термомембрана жараёнлари. Бу жараён ғовакли мембрана қалинлиги бўйича температура градиенти хосил бўлишига асосланган ва мембранали дистилляция бунга мисол бўлиши мумкин.

Жараённинг моҳиятини кўриб чикамиз. Бошланғич концентрацияли бирорта бир эритма иситилиб (30...70°С) микроғовакли сув ўтмайдиган мембрананинг бир томонида узатилади. Мембрананинг бошка томонида эса, совук эритувчи (сув) харакат килади. Мембрана ғовакларининг диаметри жуда кичик ва сув ўтказмайдиган бўлгани учун, сув молекулалари мембрана оркали ўтмайди. Иссик эритмадан ажраб чиккан буғ мембрана ғовакларига кириб мембрананинг совук томонида конденсацияланади. Унда, ғовакларда вакуум хосил бўлади ва буғлатиш жараёни тезлашади. Берилган эритманинг температураси унча юкори бўлмагани учун мембранали дистилляцияни ўтказишда чикинди сувлар ёки газлар (иссиклик алмашиниш қурилмалардан чикган) ва қуёш энергиясидан фойдаланиш мумкин. Шунинг учун иктисодий жиҳатдан бошка жараёнларга караганда, термомембрана жараёнлар яхши натижа беради. Ундан ташкари, бу жараён атмосфера босимида олиб борилгани учун қурилмалар арзон ва қулай материаллардан ясалиши мумкин.

Бу жараён электролит эритмалар концентрациясини оширишда, денгиз сувларини тозалашда, юкори даражадаги тоза сув олишда қўлланилиши максадга мувофик.

5.35. Мембраналарни тозалаш усуллари

Мембраналарнинг самарали хизмат муддати, қурилманинг гидродинамик шароити ва уни йиғишдан аввал мембрана элементлари, махсус эритма билан канчалик яхши ишлов берилишига боғлик. Лекин мембраналар кўрилган чора-тадбирларга карамасдан, ифлосланади ва қурилманинг технологик кўрсаткичларини пасайтиради. Шунинг учун мембраналар характеристикаларини дастлабки ҳолатига келтириш учун механик, гидродинамик, физик ва кимёвий тозалаш усуллари қўлланилади.

Механик тозалаш усули самарали бўлиб, факат цилиндрик мембрана элементли қурилмаларда қўллаш мумкин. Бунинг учун ифлосланган мембрана юзаси кўпикли материал ёки бошка мослама ёрдамида артилади.

Гидродинамик тозалаш усулининг моҳияти шундаки, мембранага пульсацияли эритма ёки сув оқими, турбулент оқим таъсир эттирилади ёки у сиқилган ҳаво ёрдамида тескари йўналишда пуфланади. Ундан ташқари, баромембран жараёнларда босимнинг кескин равишда пасайтириш йўли билан мембранани тозалаш мумкин.

Бу усуллар энг содда ва арзон, лекин бу усулда фақат юзаки, енгил боғланган чўкмаларгина тозаланади.

Физик тозалаш мембранага электр, магнит ва акустик майдонлар таъсир эттириш орқали амалга оширилади. Бу усулнинг энг асосий афзаллиги шундаки, мембраналарни тозалаш қурилмани тўхтатмасдан амалга ошириш мумкин.

Кимёвий тозалаш мембраналарни реактив (масалан, лимон, шавель кислоталари, сода, хлор водородли суюк эритма ва ҳ.) лар ёрдамида ювишдир. Ушбу усул жуда киммат, чунки реактивлар сарфи катта ва кимёвий зарарли оқова суюкликлар ҳосил бўлади. Агар мембрана материалининг кимёвий чидамлилиги паст бўлса, ушбу тозалаш усулини умуман қўллаш мумкин эмас.

5.36. Мембранали қурилмалар тузилиши ва ишлаш принципи

Тескари осмос ва ультрафильтрлаш жараёнлари учун ишлатиладиган қурилмалар даврий ва узлуксиз ишлайдиган бўлади. Даврий қурилмалар, одатда лаборатория шароитларида тажрибалар ўтказиш учун қўлланилади. Саноатда эса, асосан узлуксиз ишлайдиган қурилмалар ишлатилади.

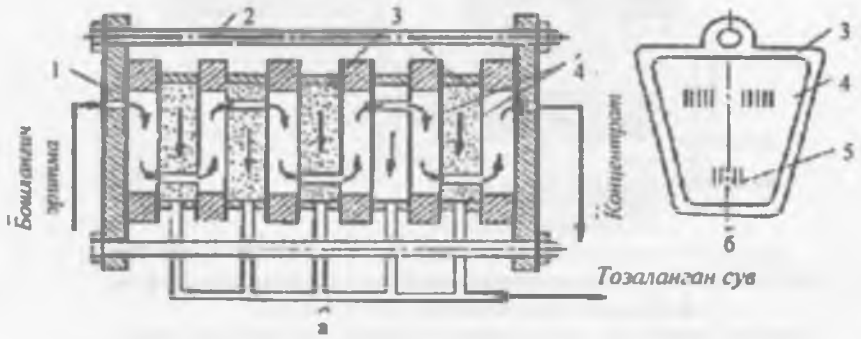
Мембранали қурилмалар афзалликлари: жуда катта солиштирма ажратиш юзали, йиғилиши содда, ишончлилиги юқори ва монтажи осон.

Тескари осмос қурилмаларининг энг катта камчилиги шундаки, қурилмада ишчи босим юқори бўлиши керак. Бу ҳол ўз навбатида юқори босимга ҳисобланган ва қувурларни уланиш жойида фланецли бирикмалар ва махсус чидамли кистирмалар қўллашни талаб килади.

Фильтрловчи мембрана жойлашиш усулига караб ясси, цилиндр ва ўрам шаклли ҳамда ичи бўш толали мембранали қурилмалар бўлади. Ушбу қурилмалар алоҳида секция ва модуллардан таркиб топган. Шунинг учун исталган юзали қурилмалар йиғиш осон.

Мембранали қурилмаларга қўйиладиган талаблар: ишчи юзаси катта, тузилиши содда ва ихчам, суюклик оқимининг тезлиги юқори ва мембранада бир хилда таксимланиши, гидравлик каршилиги кам, мустаҳкамлиги юқори ва зич бўлиши керак.

Ясси юза, мембрана элементли қурилмалар. Одатда, бундай мембранали қурилмалар оддий фильтр қурилмасига ўхшаш бўлиб, энг содда қурилма деб ҳисобланади. Бу қурилма икки мембранадан таркиб топган фильтрловчи элемент конструкция асосини ташкил этади (5.84-расм). Фильтрловчи элементлар ғовакли материал (масалан, полимер)дан тайёрланади.



5.84-расм. Ясси юза мембрана элементли қурилма:
1-плита; 2-тортувчи болт; 3-металл «патак»; 4-мембрана; 5-тешик

Суюклик ўтиши учун металл «патак» листларида тешиклар килинган. Ушбу листлар 0,5...5 мм ораликда ўрнатилиб, эритмани ажратувчи мембраналараро бўшлик ҳосил килади.

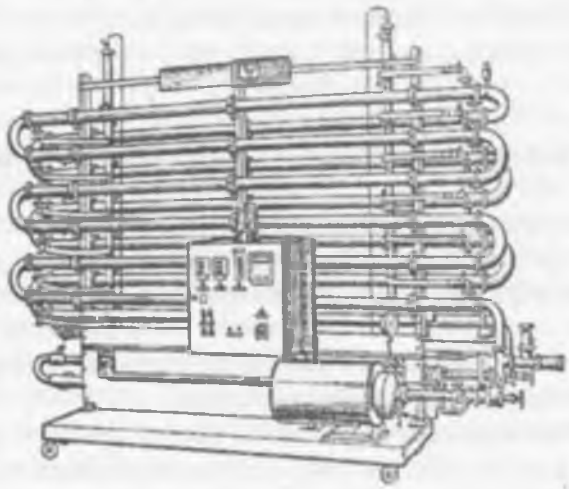
Фильтрловчи элементлар дастаси иккита плита орасида жойлаштирилади ва тортувчи болтлар билан сикиб қўйилади.

Эритма фильтрловчи элементлардан кетма-кет ўтади ва концентрланади. Хосил бўлаётган концентрат ва фильтрат курилмадан узлуксиз равишда чикариб турилади.

Бу турдаги курилмалар оксилларни ажратиб олиш хамда ёғсизлантирилган сут ва творогларни ультрафильтрлаш учун қўлланилади.

Ясси юза, мембрана элементли курилмалар камчиликлари: мембраналар солиштирма юзаси кичик 60...300 м^2; мембраналарни алмаштириш ва йиғиш қўлда амалга оширилади.

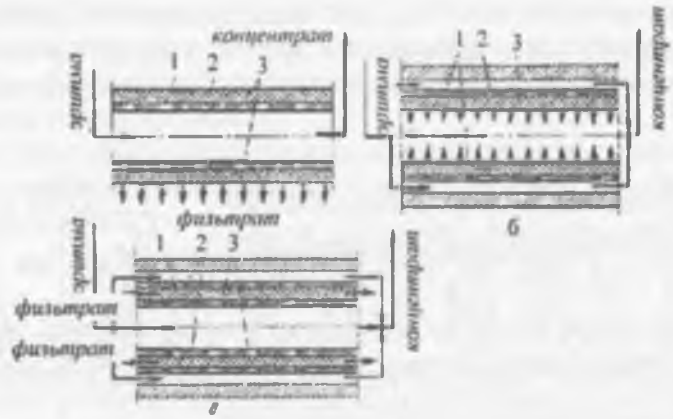
Цилиндрик мембрана элементли курилмалар алохида цилиндрик фильтрловчи модуллардан йиғилади (5.85-расм).



5.85-расм. Цилиндрик мембрана элементли курилма.

Цилиндрик фильтрловчи элементлар 3 хилда: мембрана дренаж ковурғанинг ички ва ташки юзасида хамда комбинацияли жойлаштирилиб тайёрланади.

Дренаж ковурғанинг ички юзасида ўрнатилган мембранали курилмалар афзалликлари (5.86а-расм): металл сарфи кам; гидравлик каршилиги кичик; фильтрловчи элементларни бузмасдан туриб чўкмадан тозалаш осон; конструкция ишончлилиги юкори.



5.86-расм. Мембранаси турлича жойлаштирилган цилиндрик фильтрловчи элементлар:
а-дренаж ковурғанинг ички юзасида, б-дренаж ковурғанинг ташки юзасида, в-комбинациялашган; 1-труба, 2-мембрана, 3-металл «патак»

Камчиликлари: фильтрловчи мембрананинг солиштирма ишчи юзаси кичик; элементларни йиғиш юкори талабларга жавоб бериши керак.

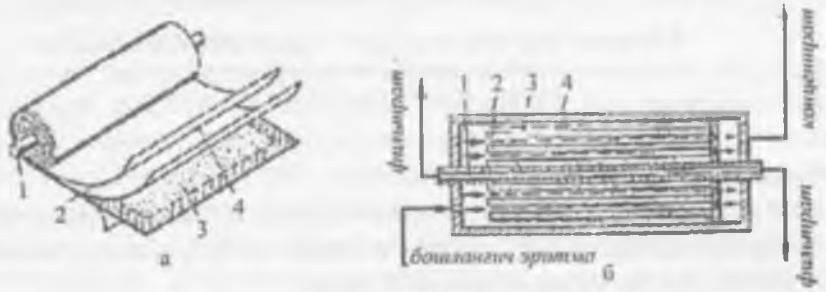
Одатда, дренаж кобирғанинг ташки юзасида ўрнатилган мембранали курилмалар катта фильтрлаш солиштирма юзали бўлади (5.86б-расм). Лекин бу фильтр элементларга металл сарфи кўп бўлади ва уларни механик тозалаш мумкин эмас.

Мембраналари комбинацияли жойлаштирилган цилиндрик фильтр элементларнинг солиштирма ишчи юзаси юкорида кўриб чикилган курилмаларникидан 2 маротаба кўп бўлади (5.86в-расм). Лекин фильтрат чикариш каналларининг узунлиги катталиги учун, гидравлик каршилик нисбатан катта бўлади.

Цилиндрик фильтр элементли ультрафильтрлаш курилмалари аралашмаларни тинитиб тозалаш учун кенг кўламда кўлланилади

Ўрам шаклдаги мембрана элементли курилмалар труба шаклида ясалиб, унинг ичига бир нечта ўрамли фильтр элемент тикилади.

Мембранани ўраш зичлиги 300...800 $м^2/м^3$. Бошланғич эритма мембраналараро бўшликда бўйлама йўналишда харакат килса (5.87б-расм), фильтрат эса, спиралсимон дренаж катламдан ўтиб, трубага тушади ва курилмадан чикарилади.



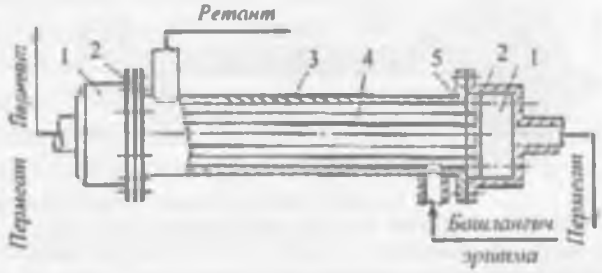
5.87-расм. Ўрамли фильтр элемент (а) ва шундай элементли курилма (б):
1-труба, 2-мембрана, 3-металл «патак», 4-тўр-сепаратор

Мембрананинг ишчи юзасини ошириш учун ўраш зичлиги кўпайтирилади.

Мембрананинг ўраш зичлиги оширилса, унинг ишчи юзаси ортади ва ясалиш нархи пасаяди. Ўраш дастасининг энг максимал эни 900 мм гача бўлади. Дасталарнинг узунлиги дренаж катламининг фильтрат харакатига гидравлик каршилиги билан чегараланади ва одатда 2 метрдан ошмайди.

Ичи бўш толали курилмалар ультрафильтрлаш ва тескари осмос ёрдамида эритмаларни ажратиш учун кенг микёсда кўлланилади. Ичи бўш толаларнинг ташки диаметри 45...200 мкм ва деворининг калинлиги эса 10...50 мкм, ультрафильтрлаш учун диаметри - 200...1000 мкм, девори калинлиги - 50...200 мкм. Ушбу ўлчамли толалар суюклик ёки газ аралашмасининг 10 МПа гача бўлган босимга чидамли ва ўз мустахкамлигини йўкотмайди.

5.88-расмда ичи бўш, толалари параллел ўрнатилган мембрана курилма келтирилган.



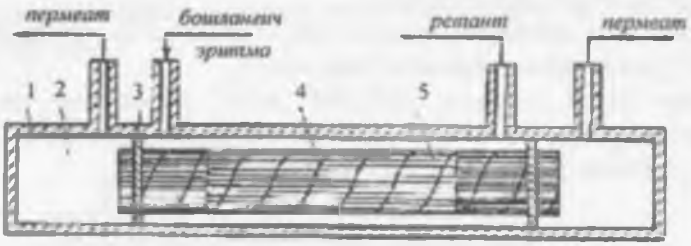
5.88-расм. Ичи бўш, толалари параллел жойлаштирилган, таянчсиз мембрана курилма:
1-пермеат йиггич, 2-фланецлар, 3- кобик, 4-ичи бўш толалар, 5-тешикли панжара

Курилма, эритма кириш ва чикиш штуцерлари ўрнатилган кобик 3 дан ҳамда пермеат йиггич 1 ва тешикли панжара 5 ларни маҳкамлаш учун фланец 2 лардан таркиб топган. Ичи бўш толалар дастаси 4 кобик 3 ўкига параллел ҳолда жойлаштирилади ва эпоксид елими ёрдамида тешикли панжара 5 га маҳкамланади. Ажратилаётган эритма ичи бўш толалар дастаси

4 нинг ташки юзаси бўйлаб ҳаракат килади ва босим таъсирида толалар девори оркали ўтади ва пермеат капилляр каналлардан йиғгичга тушади. Концентрланган эритма ва ретант-узлуксиз равишда курилмадан чикарилиб туради.

Ушбу турдаги қурилма энг асосий камчилиги шундаки, толалар дастасини тешикли панжарага маҳкамлаш ва зичлаш жуда кийин. Ундан ташкари, эритма окимини толалар дастаси бўйлаб бир текисда таксимлаш ҳам осон эмас.

Қайд этилган камчиликлар бир дастали, мембрана элементли қурилмаларда бартараф



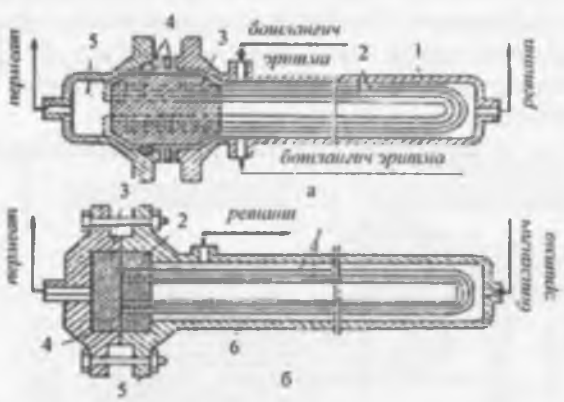
5.89-расм. Ичи бўш, бир даста толали курилма схемаси:
1- кобик, 2-пермеат йиғгич, 3-суюклик тўсгич,
4-спиралсимон чизимча, 5-толалар дастаси

килинган (5.89-расм).

Бу турдаги қурилмаларда эритмани аралаштириш жараёнини жадаллаштириш учун таксимловчи труба ўрнатилади. Ушбу трубанинг марказий кисмида эритмани толалар дастасининг ичига узатиш учун тешиклар килинган бўлади.

Бундай курилмаларни ясаш учун металл кам сарфланади. Лекин эритманинг аралаштириш жадаллиги паст бўлганлиги ва ичи бўш толаларнинг суюклик тўсгичда каттик маҳкамланиши сабабли, таркибида каттик заррачалар бор эритмаларни ажратиб бўлмайди.

Ичи бўш, толалари U-симон килиб жойлаштирилган курилмалар тузилиши содда, ясаш, йиғиш ва монтаж килиш осон ва металл сарфи кам. Шунинг учун бу турдаги курилмалардан саноатда кўп фойдаланилади (5.90-расм).



5.90-расм. Ичи бўш, U-симон толали мембранали курилма:
а-конуссимон таянч фланецли: 1- кобик, 2-ичи бўш толалар дастаси,
3-шайба, 4-халкасимон кистирмалар, 5-пермеат йиғгич:
б-говакли таянч «патак»ли: 1-ичи бўш толалар дастаси, 2-шайба,
3-говакли «патак», 4-копкок, 5-фланецли бирикма, 6- кобик

Бу турдаги курилмалар кобик 1, пермеат йиғгич 5 ва халкасимон кистирмалар 4 дан таркиб топган бўлади (5.90а-расм). U-симон ичи бўш толалар дастасининг узунлиги 1,5...2 метр бўлиб, уларнинг очик учлари шайба 3 га эпоксид елими ёрдамида ёпиштирилган.

Қурилманинг асосий камчилиги: ичи бўш толаларни шайба 3 га маҳкамлаш кийин ва мураккаб; шайба 3 калин бўлганлиги учун ичи бўш толаларнинг юзаси 5-10 % га камаяди.

Юкорида кайд этилган камчиликлар 5.90б-расмда кўрсатилган қурилмада бартараф қилинган, чунки шайба 3 калинлиги анча камайтирилган, яъни 10...20 мм.

5.36.1. Минералсизлантирилган ва дистилланган сув олиш

Дистилланган сув олиш. Таркибида органик ва ноорганик моддалар бўлмаган сув ***дистилланган сув*** деб номланади. Одатда, техник сувни ҳайдаш усулида кайта ишлаб, яъни сувни буғлатиш ва ундан кейин конденсациялаш йўли билан олинади.

Маълумки, дистилланган сув таркибида ҳар доим оз бўлса ҳам бегона моддалар бўлади. Масалан, унга ҳаводаги чанг заррачалари ёки шиша идиш деворининг кисман эриши ёки совуткич трубаси металлининг жуда оз миқдорда тушиб қолиш ҳоллари учрайди. Ундан ташқари, конденсациялаш жараёнида сув буғлари билан бирга унда эриган газлар (аммиак, углерод диоксиди), ҳамда сув бўлиши мумкин бўлган айрим енгил учувчан органик бирикмалар, ва ниҳоят, буғ билан учириб кетилган майда томчилар таркибидаги тузлар ҳам бўлиши мумкин.

Айрим аналитик таҳлиллар учун дистилланган сув таркибида металларнинг жуда паст миқдорда (излари) бўлиши мумкин эмас. Бундай металл «изларини» йўкотиш учун дистилланган сув фаолланган кўмир билан тозаланади. Бунинг учун дистилланган сувга кўмирдан 0,4...0,5 г қўшилади. Ушбу аралашма чайкатилади ва ундан кейин 5 дакика мобайнида тиндирилади, сўнг яна бир неча маротаба такрорланади ва кулсиз фильтрда тозаланади. Бошланғич 200...250 мл фильтрат тўкиб юборилади ва олинган фильтрат тегишли ионга текширилади. Лекин бу усулда тозаланган сувни ҳам қўшимча равишда дитизон эритмаси билан қайта тозаланади.

Дистилланган сувни органик моддалардан тозалаш учун унга озгина (~0,1 г/л) нордон марганецли калий ёки бир неча томчи сульфат кислота қўшиб иккинчи маротаба кайтадан ҳайдалади. Бундай, таркибида органик моддалар бўлмаган сув ***апироген сув*** деб аталади.

Икки маротаба ҳайдаб олинган дистилланган сув ***бидистиллят*** деб ҳам номланади. Бундай сувлар ўта тоза таҳлил ишлари учун зарурлигини ёдда тутиш даркор.

Дистилланган сув сифатини аниқлаш учун унинг тузли таркиби ва нордонлиги pH ни назорат килиш керак. Дистилланган ёки минералсизлантирилган сувлар сифатини уларнинг электр ўтказувчанлиги оркали аниқласа бўлади. Яхши дистилланган сувнинг ушбу кўрсаткичи <50000 Ом·см бўлиши керак.

Сувни тайёрлаш системасининг асосий принциплари. Сувни тайёрлаш тизими 7 та асосий блокдан иборат:

1. Бошланғич сувни хлорлаш тизими;
2. Сувни кўп қатламли фильтрда дастлабки тозалаш;
3. Фаолланган кўмирда фильтрлаш тизими;
4. Сувни натрийли-катионлаш усулида юмшатиш;
5. Сувда эриган кислород ва ортикча хлорни ажратиш учун кимёвий эритмаларни инжекция қилиш тизими;
6. Чуқур тозалашнинг мембранали тизими;
7. Чуқур электр деионизация тизими.

1. Хлорлаш ва рангсизлаш тизими бир вактнинг ўзида бир нечта максадга эришиш учун хизмат килади: тоза сувдаги бактерия ва микрофлорани бартараф килиш, органик бирикмаларни кисман парчалаш, темирнинг икки валентли ионларини эримайдиган уч валентли шаклга оксидлаш (темирнинг уч валентли ионлари коллоид заррачалар ҳосил килади ва уларни кўп қатламли дастлабки фильтрда осон тозаланади). Хлорлаш тизимининг асосий вазифаси – сув тайёрлаш тизимида стерилликни таъминлаш, айникса, тескари осмоснинг мембранали тизимида, чунки бу ерда турли биомасса йиғилиши ва кўпайи-

ши учун қулай шароит мавжуд ҳамда сувда биомассанинг хаотик фаоллиги туфайли микроковаклар заррачалар билан тўлиб колиши мумкин.

2. Сувни кўп катламли фильтрда дастлабки тозалаш муаллақ ҳолатдаги заррачаларни, коллоид темир, микрофлора йирик тўдаларини, кремний ва бошка механик заррачаларни ажратиб олиш учун хизмат килади. Фильтрнинг ишлаш принципи юкорида кайд этилган заррачаларни турли ўлчамли ва таркибли ғовакли материалларда ушланиб колишига асосланган.

Фильтр бир идишда жойлашган турли фильтрловчи муҳитлар учун 4 катламдан иборат бўлиб, сувни дастлабки тозалаш учун тежамкор ва юкори самарали мосламадир. Фильтрни эксплуатация килиш осон ва қулай бўлиб, ҳеч кандай кимёвий моддалар иштирокисиз, бир ҳафтада 3..4 соат давомида сув ёрдамида ювилади.

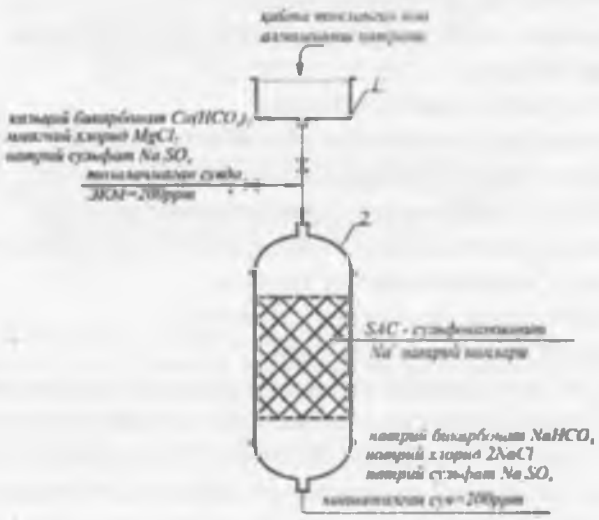
3. Фаолланган кўмирда фильтрлаш тизими – тозаланаётган сувдан эркин хлорни ажратиб олиш учун ишончли усул ва воситадир. Бунда фаолланган кўмирда хлордан ташкари, органик бирикмаларнинг кўп кисми сорбцияланади.

4. Сувни юмшатиш курилмасида сув таркибидаги эриган каттиклик тузлари тўлик ажратилади. Буғ ишлаб чикаришда ишлатиладиган сув таркибида каттиклик тузлар микдори минимал бўлиши керак, чунки унинг оз микдорда бўлиши ҳам козон трубаларида куйка сифатида ўтириб колиши мумкин. Ушбу курилма сув каттиклиги концентрациясини 0,02 мг·экв/литр гача пасайтириш имконини кафолатлайди.

Ионит ва ион алмашиниш катронлари диаметри 0,5…1 мм ли гранулалар кўринишида бўлади. Гранулалар ғовак таркибли бўлиб, сувни шимиб олиш кобилиятига эга. Гранула таркибида ўрнашган ион гуруҳлари мавжуд бўлиб, улар карама-карши зарядли эркин ионлар билан боғлик. Бу эркин ионлар гранулани ўраб турган сувда эриган тузлардаги бир зарядли ионлар билан ўрин алмашиниши мумкин.

Ион алмашиниш усулида сувни юмшатиш бу энг кенг кўлланадиган ва содда ион алмашиниш шаклидир. Бунда, аввал ион алмашиниш катрони катламидан 7…12% ли туз эритмаси ўтганда унинг фаоллашиши рўй беради. Сўнг, ион алмашиниш катрони натрий ионлари билан тўйинади ва унинг оркали сув узатилади, натижада ион алмашиниш жараёни содир бўлади. Кальций ва магний ионлари натрий ионларининг ўрнига киради ва сувда натрий тузларининг микдори ортади. Юкори температура ва концентрацияларда ҳам сувдаги натрий тузлари козонларда каттик куйка ҳосил килмайди.

Кўриниб турибдики, сувнинг каттиклигини белгиловчи ионлар натрий ионлар билан ўрин алмашмокда (5.91-расм).



5.91-расм. Асосий ион алмашиниш усулида сувни юмшатиш:
1-сигимли идиш; 2-юмшатгич.

Натрий ионлари билан алмашиниб сувни юмшатиш усулида тозалаш сувдаги эриган моддаларнинг умумий миқдори ва pH кўрсаткичи пасаймайди. Кечаётган жараёнда каттик қуйка ҳосил килувчи потенциал зарарли ионлар гуруҳи, қуйка ҳосил килмайдиган зарарлилиги камрок ионлар гуруҳига алмашади. Эриган каттик моддалар (ЭҚМ) миқдори ўзгармаганлиги сабабли, ион алмашиниш катронидаги натрий ионлар концентрациясининг пасайишини электр ўтказувчанлик (ЭҚМ ва электр ўтказувчанлик ўзаро боғлик) ортиши бўйича аниклаб бўлмайди. Шунинг учун, ион алмашиниш катронини кайта тиклаш фақат ион алмашиниш фильтрининг ишлаш давомийлиги ёки фильтр оркали ўтказилган сув миқдорига таянган ҳолда ўтказиш лозим. Юмшатиш қурилмаларининг эксплуатацияси арзон ва узок муддат давомида ишончли ишлаши мумкин. Ушбу турдаги қурилмаларни ишкорий каттиклиги юкори бўлган сувларни ҳам кайта ишлаш мумкин, фақат конденсатни кайтариш 50% дан кам бўлмаган ҳолларда қўллаш тавсия этилади.

Агар конденсат қайтиши кам ёки умуман қайтмаса, унда анча мураккаброк ион алмашиниш технологиясини қўллаш максадга мувофик.

Айрим холларда оҳактош-содали сувни юмшатиш усулини ион алмашиниш усулида тозалашдан аввал ўтказиладиган дастлабки кайта ишлаш деб ҳисобласа бўлади. Бунда, ион алмашиниш катрони катламига камрок юклама тушади.

Ион алмашиниш колонналари пўлатдан ясалади ва ички юзаси юкори мустаҳкамликка эга бўлган эпоксид билан копланади.

5. Сувда эриган кислород ва ортиқча хлорни ажратиш учун кимёвий эритмаларни инжекция қилиш тизими кимёвий усулда сувда эриган ортиқча эркин хлор ва эриган кислородни пасайтириш учун хизмат килади. Сувда эриган кислород концентрациясини пасайтириш ундаги бактериялар ўсиш жараёнини ростлаш имконини беради. Мембранали технологияларда эркин хлор концентрациясини пасайтириш зарур, чунки хлор мембраналарни коррозия учратади ва ишдан чикаради. Одатда, бундай максадлар учун бисульфид ёки метабисульфид натрийлар қўлланилади.

6. Чуқур тозалашнинг мембранали тизими сув тайёрлашда муҳим аҳамиятга эга ва композитли мембраналарда тескари осмос усулида сувларни чуқур тозалаш учун мўлжалланган. Мембранали усул 99% ноорганик тузларни, 99,5% органик ва 100% вирус ва бактерияларни ажратиб олишни таъминлайди. Кўпчилик ҳолларда икки боскичли мембранали тозалаш тизими қўлланилади. Одатда, бундай тизимларда сувни аралаш катронларда ёки деионизация тизимларида қўшимча тозаланаши мумкин.

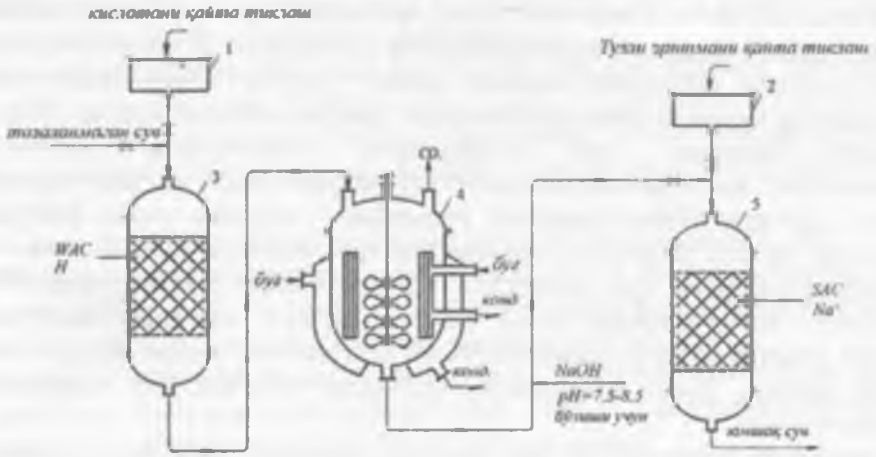
7. Чуқур электр деионизация тизими сувни тўлик тузсизлантириш учун хизмат килади.

Электр деионизация ўз ичига сувни чукур тозалашнинг 2 та маълум усулини камраб олган: электродиализ (ион-селективли мембраналар) ва ион алмашиниш катронлари ёрдамида деионизация қилиш регенерация учун кимёвий моддаларни қўллашга ҳожат колмайди.

Аралаш катионит-анионитли катрон селектив мембраналар орасига жойлаштирилади ва ўз навбатида, электродлар орасидаги анод ва катод ҳосил қилган ўзгармас майдонда ўрнатилган. Аралаш катрон турғун ҳолатда ишлайди ва ион йигмайди, балки ўтказгич функциясини бажаради. Ўзгармас потенциал таъсири остида ионлар фильтрлаш зонасидан концентрлаш зонасига мембрана оркали ҳаракатланади. Филтрлаш зонасидан ҳар доим узлуксиз равишда сув ҳаракатлангани учун у автоматик равишда ионлардан тозаланади.

Ушбу усул бошка усулларга караганда жуда кўп афзалликларга эга, чунки у эксплуатацияда кулай ва кимёвий моддалар билан ифлосланган суюклик окимларини ҳосил қилмайди. Ҳозирги кунда энг кўп ва кенг кўламда қўлланиладиган тизимлардан биридир.

Сувни ишқорсизлантириш. Ион алмашиниш усулида сувни юмшатишнинг асосий камчилиги шундаки, ЭҚМ ва ишкорийлик миқдори камаймайди. Агар даставвал сувнинг ишкорийлиги камайтирилса, унда ушбу камчиликни бартараф қилиш мумкин. Буни амалга ошириш учун ишқорсизлантириш комплекси хизмат килади (5.92-расм).

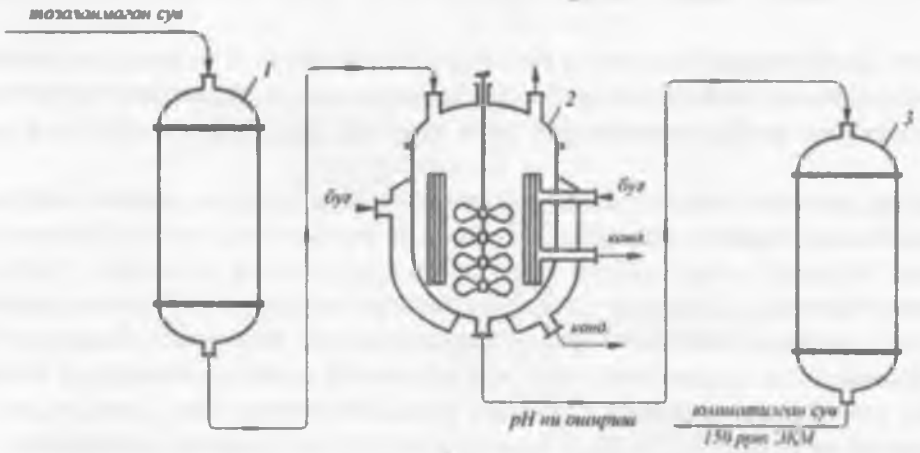


5.92-расм. Сувни ишкорсизлантириш комплекси:
1,2-сиғимли идиш, 3- ишкорсизлантиргич, 4-дегазатор, 5-юмшатгич

Кўриниб турибдики, сувни ишкорсизлантириш комплекси 3 та мосламадан таркиб топган: ишкорсизлантириш курилмаси, дегазатор ва ион алмашиниш юмшатгичи.

1	2	3	4	5
$Ca(HCO3)_2$	$2H_2CO_3$	$2H_2CO_3$	H_2O	H_2O
$MgCl_2$	$MgCl_2$	$MgCl_2$	$MgCl_2$	2NaCl
Na_2SO_4	Na_2SO_4	Na_2SO_4	Na_2SO_4	Na_2SO_4
pH 7,6	pH 4,5 – 5,0	pH 4,5 – 5,0	pH 4,5 – 5,0	pH 7,5–8,5

Айрим пайтда сувни «алоҳида окимларда юмшатиш» тизими ҳам қўлланилади (5.93-расм). Жуда камдан-кам ҳолларда ишкорсизлантириш курилмаси асосий ион алмашиниш усулида юмшатгичсиз ишлатилади, чунки бундай пайтда нордон эритма ҳосил бўлади. Маълумки, нордон эритма коррозия жараёнини тезлаштиради ва ўзгармас каттиқликка эга бўлган сув тўғридан-тўғри козонга тушади. Ишкорсизлантириш курилмаси сувнинг вактинчалик каттиқлигини камайтириш имконини беради (5.93-расм). Конденсат кайтиши кам ва ишлов берилмаган сув улуши кўп бўлган ҳолларда бу турдаги тизимлар ишлатилади.

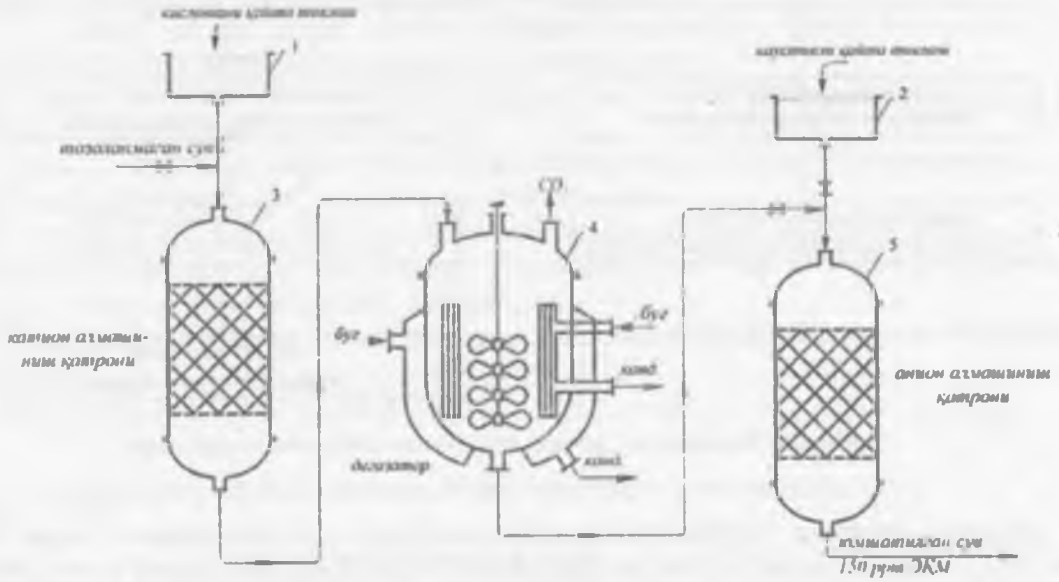


5.93-расм. Ишкорсизлантириш жараёни:
1-ишкорсизлантиргич, 2-дегазатор, 3-юмшатгич

Сувни минералсизлантирнш. Ушбу жараёнда сувдан ҳамма тузлар ажратиб олинади. Бунда дастлабки сув ҳам катионли, ҳам анионли алмашиниш учун ион алмашиниш

катрони катламидан ўтади (5.94-расм). Катионли ва анионли катламлар битта ёки турли курилмаларда жойлаштирилиган бўлиши мумкин.

Сувни минералсизлантириш жараёнида ҳамма минералларни ажратиб олиш имконини беради ва тозаланган сув таркибида эриган каттик моддалар умуман бўлмайди ва сув жуда юкори сифатга эга бўлади. Агар дастлабки сувда эриган каттик заррачалар микдори кўп бўлса, ион алмашиниш катрон катламининг тўлишига ва ишдан чикишига олиб келади. Бундай ҳол ўз навбатида эксплуатация сарфларини ошириб юборади. Бундай ҳолларда дастлабки сувни тозалаш ёки фильтрлаш тавсия этилади.



5.94-расм. Сувни минералсизлантириш технологик схемаси:
1,2-сигимли идиш, 3- ишкорсизлантиргич, 4-дегазатор, 5-юмшатгич

Сув сифатининг кайта ишлаш жараёнига богликлиги

5.10-жадвал

№	Жараён	Каттиклик		Чўкма хосил килмайдиган тузлар, ppm	ЭҚМ, ppm
		ишкорий	ишкорсиз		
1.	Ишлов берилмаган (хом) сув	200	50	60	310
2.	Охак билан юмшатиш	30	50	58	138
3.	Охак ва сода б-н юмшатиш	30	0	108	138
4.	Охак-содали ион алмашиниш	5	0	133	138
5.	Асосий ион алмашиниш	5	0	255	260
6.	Ишкорсизлантириш	5	50	60	115
7.	Ишкорсизлантириш+асосий ион алмашиниш	5	0	110	115
8.	Минералсизлантириш	1	0	2	3
9.	Тескари осмос	20	5	6	31

Сувни тозалаш жараёнларининг солиштирма нархи

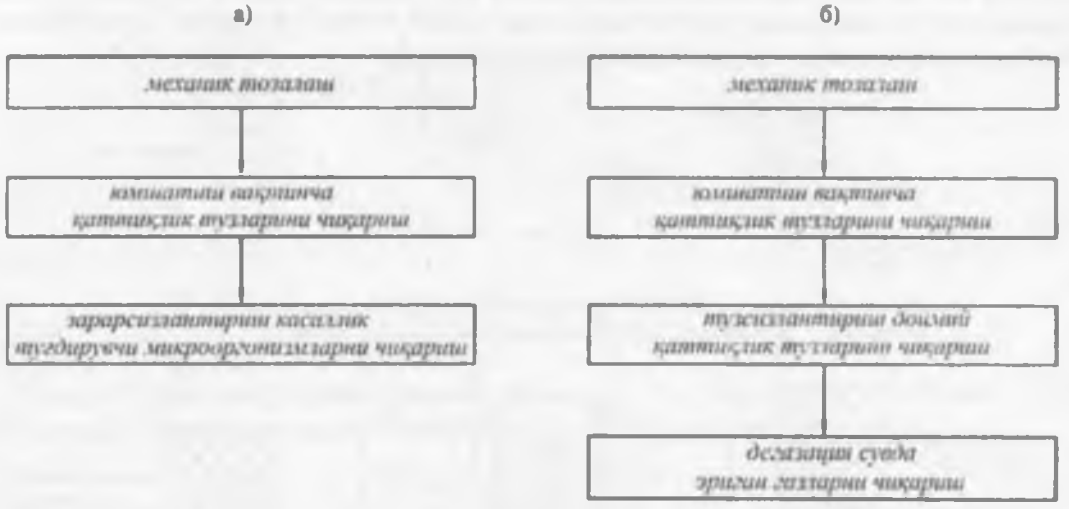
5.11-жадвал

№	Жараён	Сарфлар	
		Капитал нархи	эксплуатацион сарфлар
1.	Асосий ион алмашиниш	1	1
2.	Ишкорсизлантириш+асосий ион алмашиниш	4	2

Сувни тайёрлаш. Сув тайёрлашда қўлланиладиган техник воситалар, ёрдамчи материалар, боскичлар ва бошқалар асосан ундан фойдаланиш соҳалар билан белгиланади.

Маълумки, сув кенг кўламда саноат ва инсон эҳтиёжлари учун ишлатилади. Шу сабабли, қўллаш соҳасига караб саноат ва ичимлик сувларига бўлинади.

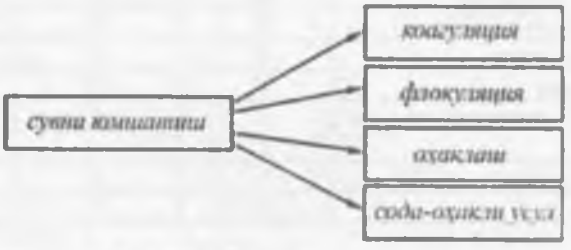
Ичимлик сувини тайёрлашда патоген микроорганизмларни йўқотиш билан боғлик. Шунинг учун сувни зарарсизлантириш муҳим аҳамиятга эга. Ўз навбатида саноат учун сувларни тайёрлаш аник корхонанинг сув сифатига бўлган талабларидан келиб чикади.



5.95-расм. Ичимлик (а) ва техник (б) сувни тайёрлаш боскичлари.

Механик тозалаш. Умуман сув таъминот системаси сув олиш иншооти, насос станцияси, сув тайёрлаш иншооти, саклаш идиши ва сув кувурларидан таркиб топган. Механик тозалаш ушбу: тиндириш, чўктириш, фильтрлаш усулларида амалга оширилади. Юкорида кайд этилган жараёнлар 5-бобда батафсил баён этилган. Механик тозалашда эримаган аралашмалар, лойнинг муаллак заррачалари, кум заррачалари, занг бўлаклари ажратиб олинади.

Юмшатиш ва тузсизлантириш. Дастлабки тозалашдан ўтган сув таркибида дағал аралашмалар бўлмайди ва коллоид заррачалардан етарли даражада тозаланган бўлади. Лекин, аралашмаларнинг асосий кисми эриган ҳолатда бўлади ва албатта сув таркибидан чикариб олиниши даркор. Кўпчилик каттиклик тузлари паст эрувчанликка эга. Юмшатиш усуллари 5.96-расмда келтирилган.



5.96-расм. Юмшатиш усуллари.

Коагуляция усулида сувни тозалаш унга реагент кўшилади ва унинг таъсирида коллоид заррачалар бир-бирига ёпишади ва йириклашади. Натижада заррачаларнинг самарали чўкиши ёки механик фильтрларда ушланиши таъминланади. Коагуляция кўпгина технологик жараёнларда кўлланилади, шу жумладан сувни лойка, бактерия ва майда дисперс заррачалардан тозалаш учун ишлатилади.

Ион алмашиниш жараёни 7-бобда батафсил келтирилган.

Дегазация – бу сув таркибидаги эриган газлар (углерод оксиди, кислород, водород сулфид, хлор, метан) ни чикариш жараёнидир. Ушбу эриган газлар сувнинг коррозион хоссаларини белгилайди ва кучайтиради, ҳамда унга ёкимсиз ҳидли бўлиши сабабчи бўлади. Дегазация усули танлаш сувдан чикариладиган газ тури ва микдори билан белгиланади.

Саноат микёсида сувни дегазация килишнинг қуйидаги усуллари мавжуд: физик ва кимёвий.

Физик усулда сувнинг температураси ёки чикариладиган газнинг парциал босими ўзгартирилади. Ундан ташкари, аэрация килиб сувдан турли газлар чикарилади.

Кимёвий усулда сувда эриган газларни реагентлар қўшиб боғланади. Ундан ташкари, гидразин ёрдамида кислородни чикариш мумкин.

Асосий дегазация мосламасидан кейин колган кислородни чикариб олиш учун факат гидразин қўлланилади.

Сув таркибидаги айрим газларга нисбатан термик аэрация универсалдир. Ушбу жараён сув бугланиши ёки сув буги шароитида кечади.

Гидразин-гидрат $N_2H_4 \cdot H_2O$ – бу рангсиз суюклик, ҳаво таркибидаги сувни, углерод оксидини ва кислородни осон ютади. Гидразин-гидрат сув ва спиртда яхши эрийди, заҳарли ва кучли қайта тикланиш хоссаларга эга.

Гидразин ва сув орасидаги реакция гидразоний $N_2H_5^+$ иони ҳосил бўлиш билан кечади:

$$N_2H_4 + H_2O = N_2H_5^+ + OH^- \qquad (5.145)$$

Юкори температураларда гидразин аммиак ва азотга парчаланади:

$$3N_2H_4 = 4NH_3 + N_2 \qquad (5.146)$$

ёки

$$3N_2H_4 = 2NH_3 + 3H_2 + 2N_2 \qquad (5.147)$$

Температура ўсиши билан гидразинни парчаланиш реакциясининг интенсивлиги ортади. Агар, pH кўпайиши билан гидразиннинг парчаланиши секинлашади.

Конденсат таркибига гидразин киритилиши пўлатларнинг коррозиясини камайтиради, лекин кислород концентрациясига таъсир этмайди. Конденсат-таъминлаш трактига гидразин узатилиши қуйидаги реакцияларга олиб келади:

$$6Fe_2O_3 + N_2H_4 = N_2 + 2H_2O + 4Fe_3O_4 \qquad (5.148)$$

$$2Fe_3O_4 + N_2H_4 + 4H_2O = N_2 + 6Fe(OH)_2 \qquad (5.149)$$

$$2Cu_2O + N_2H_4 = N_2 + 2H_2O + 4Cu \qquad (5.150)$$

$$2CuO + N_2H_4 = N_2 + 2H_2O + 2Cu \qquad (5.151)$$

Гидразин сувга қўшилганда кислород боғланади ва инерт азот ажралиб чикади:

$$N_2H_4 + O_2 = N_2 + 2H_2O \qquad (5.152)$$

Сувни дегазация килиш учун физик ва кимёвий усуллар қўлланилади.

Кимёвий усул моҳияти шундаки, маълум турдаги реагентлардан фойдаланиб сувдаги газлар боғланади ва ажратиб олинади. Масалан, агар сув ичига натрий сульфати, олтингугурт оксиди ёки гидразин қўшиб кислород ажратиб олиш мумкин. Сувга натрий сульфит кири-

тилса, сувда эриган кислород билан натрий сульфаттача оксидланади:

$$2Na_2SO_3 + O_2 = 2Na_2SO_4 \quad (5.153)$$

Олтингугурт оксиди гази ишлатилганда сулфит кислота
кислота ҳосил килади:

$$2H_2SO_3 + O_2 = 2H_2SO_4 \quad (5.154)$$

Кислородни сувдан тўлиқ ажратишнинг энг самарали ажратиш имконини берадиган кимёвий реагент – бу гидразиндир. Гидразин ёрдамида сувдан кислородни ажратиш энг мукаммал усулдир, аммо гидразин нархи юкори бўлгани учун энг киммат усул ҳисобланади. Шунинг учун, бу усул асосан физик усулдан кейин сувдан кислородни буткул йўкотиш учун хизмат килади.

Сувдан водород сульфидни ажратиш учун хлор ёрдамида кимёвий усулдан фойдаланилади:

$$H_2S + Cl_2 = S + 2HCl \quad (5.155)$$

$$H_2S + 4Cl_2 + 4H_2O = H_2SO_4 + 8HCl \quad (5.156)$$

Кимёвий усулларда газларни ажратишнинг бир катор камчиликлари бор:

- сувга ишлов бериш учун кимёвий реагентлардан фойдаланиш жараённи мураккаблаштиради ва қимматлаштиради;
- сувга қўшилаётган реагент миқдори бузилса, сувнинг сифати ёмонлашади. Шу сабабли сувлардан газларни ажратиш нисбатан камрок қўлланилади.

Сувда эриган газларни физик усулда ажратишнинг 2 хил усули мавжуд:

1. агарда ҳаво таркиби чиқарилаётган газнинг парциал босими нолга якин бўлса, газдаги сув ҳаво билан тўкнаштирилади;
2. сувда газнинг эрувчанлиги нолга якин бўлишини таъминловчи шароитлар яратилади.

Биринчи усулда, яъни сувни аэрация килиб, одатда эркин боғланган углерод оксиди ва водород сулфидлари ажратиб олинади, чунки ҳаво таркибидаги ушбу газларнинг парциал босими нолга якин.

Иккинчи усул сувдаги кислородни ажратиб олиш қўлланилади, чунки атмосфера ҳавоси таркибидаги кислороднинг парциал босими катта булганда аэрация усулида кислородни ажратиб булмайди. Кислородни сувдан ажратиш учун уни қайнаш ҳолатига етказилади ва бунда исталган газнинг сувда эрувчанлиги нолгача пасаяди. Одатда, сув қайнаш ҳолатига киздириб (термик деаэратор) ёки босим шу даражагача пасайтириладики, унга мос температурада сув қайнайди (вакуум дегазаторлари).

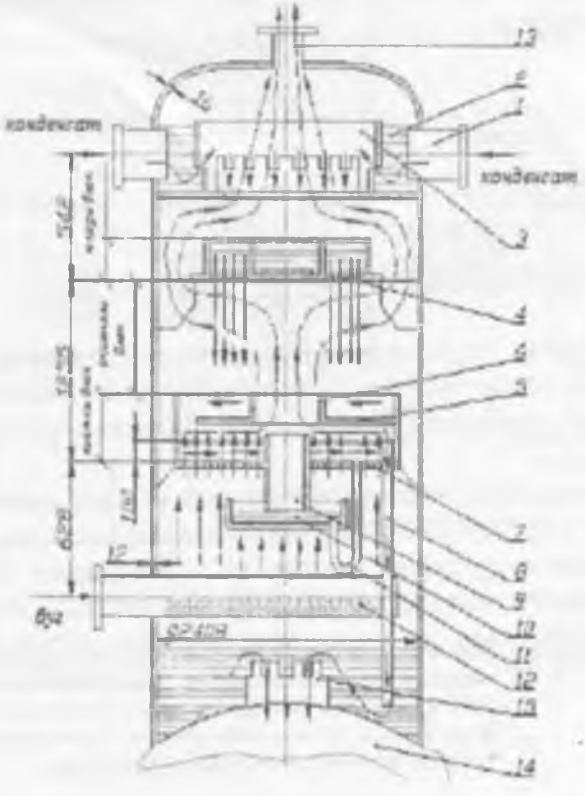
Деаэрацион колонна кобик, халкасимон қабул килувчи идиш, аралаштириш мосламаси, тепа ва пастки блоклар, иситувчи буғ ва иссик дренаж оқимларини узатиш коллекторларидан таркиб топган (5.97-расм).

Қобик диаметри 2408 мм ли пўлат цилиндр кўринишида бўлиб, калинлиги 12 мм ли пўлат листдан тайёрланган ва унга сферик копкок пайвандланган. Колонка кобиғи деаэрацион бак 14 га пайвандланган. Қобикнинг тепа қисмида конденсатнинг совук оқимлари учун халкасимон қабул килувчи идиш 2 жойлантирилган. Идишнинг ички обечайкалари тўртбурчак шаклдаги кузатиш ойналари билан таъминланган ва у оркали конденсат аралаштириш мосламасига тушади. Аралаштириш мосламаси 3 конденсатнинг совук оқимларини аралаштириш учун мўлжалланган. Тепа блок ички ва ташки обечайка ва элаксимон панжара 4 лардан иборат ва унинг пастки томони кобикка пайвандланган. Пастки блок куйилиш листи 7, тўртта куйилиш трубалари 8, буғ ўтказиш патрубкаси 9, тоғара 10 ва иккита ўтказиш патрубкаларидан таркиб топган. Пастки блок остида иситувчи буғ ва иссик дренаж оқимларини узатиш коллектори ўрнатилган. Коллектор диаметри 325 мм ли тешиклар килинган трубадан иборат. Тешиклар унинг пастки

томонида етти катор килиб ясалган бўлиб, буғни бутун колонка бўшлиғига бир текисда таксимлаб беради.

Конденсатнинг совук окимлари кириш штуцери 1 дан халкасимон кабул идиши 2 га ва ундан сўнг тўғри тўртбурчак ойналар оркали аралаштириш мосламаси 3 га узатилади. Конденсат миқдори маълум баландликка етгандан кейин бутун периметр бўйлаб элаксимон панжара 4 тўкилади.

Тепа блокдан тешик днишчедан ўтган конденсат инғичка окимчаларга бўлинади. Окимчали бўлимдан ўтган тўйиниш температурасига кизиган конденсат пастки блокка конденсат конденсат тушади. Аввал куйилиш листи 5, сўнг тешикли лист 7 оркали ўтиб, сув чапдан ўнгга ҳаракатланади ва буғ билан тўкнашади. Натижада сув тўйиниш температурасига киздирилади ва буткул эриган газлардан озод бўлади. Барботаж листи охирида куйилиш трубкалари 8 оркали колоннанинг пастки кисмига тўкиш йўли 15 дан деаэратор идиши 14 окиб тушади.



5.97-расм. Деаэрацион колонна.

1-конденсат кириш штуцери, 2-халкасимон кабул идиши, 3-аралаштириш мосламаси, 4-элаксимон панжара, 5-куйилиш листи, 6-буғ ўтиш йўли, 7-тешикли лист, 8-куйилиш трубалари, 9-буғ ўтказиш патрубкаси, 10-тогора, 11-сув ўтказиш трубаси, 12- тешикли коллектор, 13- буғ чикиш штуцери, 14-деаэратор идиши, 15-тўкиш йўли

Иситувчи буғ тешикли коллектор 12 дан барботаж листи остига узатилади. Унда сув буғ билан интенсив тўкнашувга учрайди ва чуқур, мўътадил дегазация содир бўлади.

Конденсацияланмаган буғ ва сувдан ажралиб чиккан газлар юқорига кўтарилади ва буғ ўтиш йўли 6 оркали окимчали блокка ўтади.

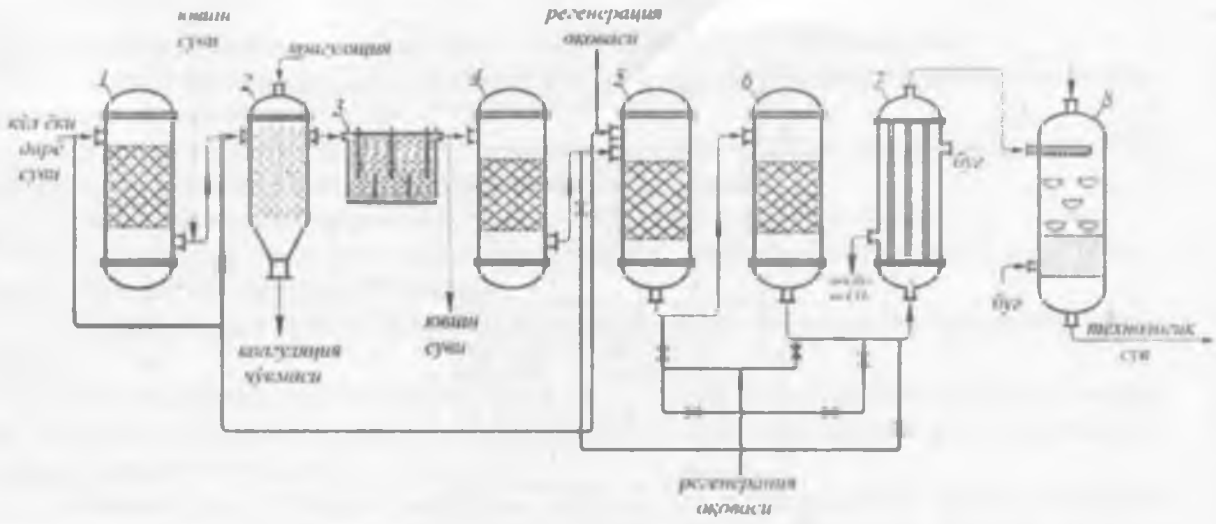
Унумдорлик ва буғ сарфлари ортиши билан буғ барботаж листни четлаб гидрозатворнинг буғ ўтказиш патрубкаси 9 оркали окимчали блокка боради. Ушбу блокда юкорига ҳаракатланаётган буғ элаксимон днишчедан тушаётган сув билан тўкнашади. Бунда буғ билан сув аралашади, колонкада тўйинишга якин температурасигача иситилади ва дастлабки дегазация содир бўлади. Иситувчи буғ сув окимчаларига кўшилиб кетади.

Конденсацияланмаган буғ ва сувдан ажралиб чиккан газлар тепа блок ва кобик орасидаги тиркишдан колонка тепа кисмига чикади, ҳамда сув окимларини иситиш ва

колонка вентиляциясини таъминлайди. Сўнг, буг ва газдан иборат аралашма штуцер 13 оркали ташкарига чикариб юборилади.

Техник сувни тайёрлаш технологияси. Саноат корхонаси учун сув тайёрлаш технологияси 5.98-расмда келтирилган.

Кўл ёки дарё суви насослар ёрдамида сув тайёрлашнинг биринчи боскичи - механик тозалаш учун узатилади. Кумли, шағалли ёки антрацитли механик фильтрлардан ўтиб дағал аралашмалардан тозаланади. Механик фильтрда сув напорининг йўкотилиши рухсат этилган максимал кўрсаткичга етганда ёки фильтрланган сувнинг тиниклиги пасайганда, фильтрлаш жараёни тўхтатилади ва фильтрни чўкмадан тозалашга киришилади. Бунинг учун сув ёрдамида фильтр ювилади. Одатда, бир катламли фильтрни ювиш учун 5...6 минут кетади. Кейин сув коагуляция килиш учун тиндиргичга куйидаги коагулянт эритмалари $AlCl_3$, $Al_2(SO_4)_3$; $FeCl_3$; $Fe_2(SO_4)_3$ узатилади. Бунда темир ва алюминий гидрооксидлари хосил бўлиди ва чўкмага тушади. Шуни хам таъкидлаш лозимки, юкори кайд этилганлар билан бирга коллоид ифлосликлар ва оғир металл гидроксидлари хам чўкади.



5.98-расм. Саноат корхонаси учун сув тайёрлаш технологик схемаси.
1-механик фильтр. 2-тиндиргич. 3-чўктириш камераси. 4,5-катионли фильтр, 6-анионли фильтр, 7-иситкич, 8-дегазатор
А-ювувчи сув, В-коагуляция чўкмаси, С-регенерация оковалари,
D-коагулянт, Е-буг, F-иккиламчи буг ва CO_2

Масалан:

$$Al^{3+} + 3H_2O \rightarrow Al(OH)_3 \downarrow + H_2 \qquad (5.157)$$

Тиндиргичда тозаланган сув чўктиргичга узатилади ва у ерда коагуляция жараёнида чўкмаган заррачалар чўктирилади. Бунинг учун механик фильтрлар сув билан тўлдирилади ва чўкмаган заррачалардан тозаланади.

Тозаланган сув доимий каттиклик тузларини ажратиш учун ион алмашиниш курилмасига узатилади. Сув, бир неча ион алмашиниш катронли тозалаш фильтрларидан ўтказилади. Бунда, Na^+, H^+ ионит катионлари сувдаги Ca^{2+}, Mg^{2+} катионлари билан ўрин алмашади.

Масалан: катионитли тозалаш

$$2Na^+[kat]^- + Ca^{2+} \leftrightarrow Ca[kat]_2 + 2Na^+ \qquad (5.158)$$

$$2H^+[kat]^- + Mg^{2+} \leftrightarrow Mg[kat]_2 + 2H^+ \qquad (5.159)$$

анионитли тозалаш

$$[Ан]OH + HCl \leftrightarrow [Ан]Cl + H_2O \quad (5.160)$$

$$[Ан]Cl + Na_2CO_3 \leftrightarrow [Ан]_2CO_3 + 2NaCl \quad (5.161)$$

Ион алмашиниш усулида тозалашни ўтказиш шартлари:

- t=30°С, температура <10°С да ион алмашиниш усулида тозалаш тезлиги жуда паст, агар >54°С бўлса, катрон деструкцияга учрайди;

- pH=6,5…8,5, агар pH=4 да диффузия тезлиги пасаяди, агар pH>9 да ион алмашиниш усулида тозалаш тезлиги пасаяди, чунки туз катионлари сакраб ўтиб кетади.

Фильтрни регенерациялаш вакти аналитик усулда аникланади, яъни бунга напорнинг пасайиши ёки сувнинг каттиклигининг ортиши илк белги бўлади. Ионитларни регенерация килиш учун фаол ион (*Na. H. OH. Cl*)лари бўлган эритмалар қўлланилади.

Масалан: регенерация килиш

Na[kat] фильтрни тиклаш учун $Ca[kat]_2 + 2NaCl \leftrightarrow 2Na[kat] + CaCl_2$ (5.162)

H[kat] фильтрни тиклаш учун $Fe[kat]_2 + 2NaCl \leftrightarrow 2H[kat] + FeSO_4$ (5.163)

(Ан)OH, (Ан)Cl фильтрларни $[Ан]Cl + NaOH \leftrightarrow [Ан]OH + NaCl$ (5.164)

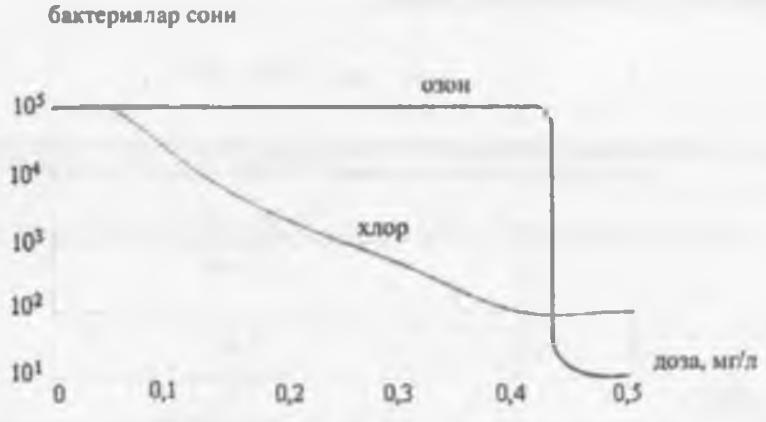
тиклаш учун $[Ан]_2CO_3 + 2NaCl \leftrightarrow 2[Ан]Cl + Na_2CO_3$ (5.165)

Регенерация давомийлиги қуйидаги параметрларга боғлик: ионит ҳажми, унинг ютиш кобилияти, сувдаги аралашмалар концентрацияси; умумий каттиклик ва ҳ.

Зарарсизлантириш – бу сувдан бактерия, вируслар микроблари ва спораларни ажратиб олиш жараёнидир.

Бактерияларни йўкотиш учун сувга дезинфекцияловчи моддалар қўшилади. Қанчалик кўп дезинфекцияловчи моддалар қўшилса, шунчалик унинг бактерия таъсири самаралидир. Дезинфекцияловчи модда миқдори сувдаги органик моддалар, сувнинг температураси ва сувнинг дезинфекцияловчи моддалар билан фаол реакциясининг кийматига боғлик.

Дезинфекцияловчи модда сифатида хлор канчалик кўп ишлатилса, шунчалик сув бактериялар кам колади (5.99-расм).



5.99-расм. Сувдаги бактериялар сонининг дезинфекцияловчи модда миқдорига боғликлиги.

Озон учун хлорнинг дезинфекцияловчи таъсири маълум бир критик миқдорни, яъни кайта ишланаётган бир литр сувга газдаги озон миқдори 0,4...0,5 мг ташкил этади. Шуни алоҳида кайд этиш керакки, бунда сувнинг тўлик инактивацияси рўй беради.

5.37. Мембранали жараён ва қурилмаларни ҳисоблаш

Мембранали қурилмаларнинг ҳисоби технологик, гидравлик ва механик ҳисоблардан иборат. Эритма иситилса ёки совутилса, жараён иссиклик ҳисоби ҳам ўтказилиши керак. Технологик ҳисоблашларда мембрананинг ишчи юзаси, суюкликлар сарфи ва таркиби аникланади. Гидравлик ҳисоблашдан максад – қурилма ва арматураларнинг гидравлик каршиликларини аниклашдир. Механик ҳисоб эса, қурилма қисмларининг ўлчамларини аниклаш ва ишчи босим учун тўғри келадиган арматура танлашдан иборат. Иссиклик ҳисоблашга эса, иссиклик алмашиниш юзасини ва иссиклик элткичлар сарфини аниклаш киради.

Моддий баланс. Одатда, мембранали жараёнлар ўзгармас температура ва босимда олиб борилади. Бошланғич эритманинг сарфи L_0 (кг/соат) ва унинг таркиби c_0 (кг/кг) пермеатнинг концентрацияси c_2 (кг/кг), ва қурилмадан чикаётган пермеат миқдори a:

$$a = \frac{W}{L_0} \tag{5.166}$$

бу ерда, W – пермеат сарфи, кг/соат.

Пермеат a чиқиши бўйича унинг миқдори аникланади:

$$W = a \cdot L_0 \tag{5.167}$$

Окимлар бўйича моддий баланс:

$$L_0 = L - W \tag{5.168}$$

L – ретант (концентрат) сарфи:

$$L = L_0 - W \tag{5.169}$$

Компонент бўйича моддий баланс:

$$L_0 c_0 = L c_1 - W c_2 \tag{5.170}$$

(5.169) тенгламани инобатга олганда, ретант таркибини ушбу формуладан топилади:

$$c_1 = \frac{L_0 c_0 - W c_2}{L_0 - W} \tag{5.171}$$

$$c_1 = \frac{c_0\left(\frac{W}{L_0}\right) \cdot c_2}{1 - \frac{W}{L_0}} \tag{5.172}$$

Келтириб чикарилган (5.171) ва (3.172) тенгламалар бошка турдаги мембраналарни ҳисоблаш учун ҳам қўллаш мумкин.

Агар (5.166) тенгликни инобатга олсак, ҳисоблаш формуласи қуйидагича бўлади:

$$c_1 = (c_0 - ac_2) \cdot (1 - a) \tag{5.173}$$

Мембрана устидаги ажратилаётган эритманинг таркибига караб мембрананинг солиштирма унумдорлиги ушбу функция оркали аникланади:

$$G = f(c_1) \tag{5.174}$$

Агар G ва c_1 катталиклар маълум бўлса ва (5.167) тенгламани ҳисобга олсак (5.137), формуладан ярим ўтказувчан мембрананинг юзаси F ни топиш мумкин:

$$F = \frac{W}{G} = \frac{aL_0}{f(c_1)} \tag{5.175}$$

Мембрана юзасини ҳисоблаш – масса ўтказишнинг асосий тенгламаси ёрдамида олиб борилади. Мембрана оркали ўтаётган модданинг миқдорини, масса ўтказишнинг асосий кинетик тенгламасидан аниклаш мумкин:

$$M = KF\Delta_{yp}\tau \tag{5.176}$$

бу ерда, K – масса ўтказиш коэффициенти, F – мембрана ишчи юзаси, Δ_{yp} – мембранали ажратиш жараёнининг харакатга келтирувчи кучи, τ- жараён давомийлиги.

(5.176) тенгламадан мембрананинг ишчи юзаси топилади:

$$F = \frac{M}{K\Delta_{yp}\tau} \tag{5.177}$$

бу ерда, M – мембрана оркали ўтган компонент миқдори, моддий баланс оркали аникланади.

Мембрана оркали модда ўтиш пайтида масса ўтказиш коэффициенти K ни ушбу формуладан топилади:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\beta_1} + \frac{\delta}{\lambda_M} + \frac{1}{\beta_2}} \tag{5.178}$$

бу ерда, β_1 – ажратилаётган оқимдан мембрана юзасига масса бериш коэффициенти; δ – мембрана калинлиги, λ_M – мембрананинг масса ўтказувчанлик коэффициенти, β_2 – мембранадан пермеат оқимига масса бериш коэффициенти.

Масса ўтказиш коэффициентининг тескари киймати масса ўтказишга кўрсатилган каршиликни кўрсатади:

$$\frac{1}{K} = R = r_1 + r_M + r_2 = \frac{1}{\beta_1} + \frac{\delta}{\lambda_M} + \frac{1}{\beta_2} \tag{5.179}$$

бу ерда, $r_1=1/\beta_1$, $r_2=1/\beta_2$ – масса беришга кўрсатилган каршиликлар, $r_M=\delta / \lambda_M$ – мембранадаги масса ўтиш жараёнига каршилик ва $r >> (r_1+r_2)\cdot r_M$ ни аниклаш учун кўпинча тажриба ўтказиш керак бўлади.

Ундан ташкари Δ_{yp} ни аниклаш ҳам осон эмас.

5-боб. Тескари осмос ва ультрафильтрлаш бўйича Мустақил тайёрланиш ва қайтариш учун саволлар

1. Тескари осмос нима?
2. Пермеат ва ретант нима?
3. Мембрана нима?
4. Ультрафильтрлаш жараёнининг механизмини тушунтиринг.
5. Осмотик босим нима?
6. Диализ нима?
7. Баромембран, диффузион-мембранали, термомембран жараёнларни таърифлаб беринг.
8. Ясси юзали, мембрана элементли қурилма конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
9. Цилиндрик мембрана элементли қурилма конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
10. Ўрамли фильтр элементли қурилма конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
11. Ичи бўш, толалари параллел жойлаштирилган мембрана элементли курилма конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
12. Ичи бўш, даста толали мембрана элементли қурилма конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
13. Ичи бўш, U- симон толали мембранали қурилма конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
14. Мембранали қурилмаларни ҳисоблаш кетма-кетлиги.

6-боб. ИССИҚЛИК АЛМАШИНИШ ЖАРАЁНЛАРИ

•

ИССИҚЛИК ЎТКАЗИШ

6.1. Умумий тушунчалар

Температураси юкори бўлган жисмдан температураси паст жисмга иссикликнинг ўз - ўзидан, кайтмас ўтиш жараёнига ***иссиқлик алмашиниш*** дейилади.

Жараённи ҳаракатга келтирувчи кучи, бу ҳар хил температурали бўлган жисмларнинг температуралар фаркидир. Термодинамиканинг 2-конунига биноан, иссиклик ҳар доим температураси юкори жисмдан температураси паст жисмга ўтади.

Иссиклик (иссиклик миқдори) – бу иссиклик алмашиниш жараёнининг энергетик характеристикаси бўлиб, жараён мобайнида узатилган ёки олинган энергия миқдори билан белгиланади.

Иссиклик алмашиниш жараёнида иштирок этувчи жисмлар иссиклик ташувчи элткич ёки ***иссиқлик элткич*** деб номланади (6.1-жадвал) . Иссиклик ўтказиш – иссиклик энергиясининг таркалиш жараёнлари тўғрисидаги фан.

Иссиклик алмашиниш жараёнларига иситиш, совитиш, конденсациялаш, буғланиш ва буғлатишлар киради. Ушбу жараёнларни амалга ошириш учун мўлжалланган қурилмалар ***иссиқлик алмашиниш*** қурилмалари деб аталади.

Маълумки, иссиклик алмашиниш жараёнларида камида 2 та турли температурали муҳитлар иштирок этади. Ўз иссиклик энергиясини узатувчи, юкори температурали муҳит – ***иссиқлик элткич*** деб аталса, иссиклик энергиясини кабул килувчи паст температурали муҳит эса – ***совуқлик элткич*** деб аталади.

Иссиклик ва совуклик элткичлар кимёвий бардошли бўлиши, курилмаларини емирмаслиги ва унинг деворларида каттик, ғовак, қуйка ҳосил килмаслиги керак. Шунинг учун, иссиклик ёки совуклик элткичларни танлашда жараён температураси, нархи ва уларни кўлланиш соҳалари каби кўрсаткичларга катта аҳамият бериш керак.

Иссиклик асосан 3 хил усулда таркалади: иссиклик ўтказувчанлик, иссиклик нурланиши ва конвекция.

Иссиқлик ўтказувчанлик – бу бир-бирига бевосита тегиб турувчи микрозаррачаларнинг тартибсиз (иссиклик) ҳаракати туфайли иссиклик таркалишига айтилади. Бу молекулалар (газлар, томчили суюкликлар), ёки атомлар (каттик жисм кристаллик панжараларида), ёки эркин электронлар диффузияси (металларда) ҳаракатлари бўлиши мумкин. Каттик жисмларда иссикликнинг таркалиши асосан иссиклик ўтказувчанлик усулида амалга ошади.

Конвекция – бу макроскопик ҳажмдаги газ ёки суюкликларнинг ҳаракати ва аралашиши туфайли иссикликнинг таркалишидир. Иссиклик таркалиши табиий ёки эркин конвекция усулида, яъни суюклик ёки газларнинг турли нукталаридаги зичликларнинг фарки туфайли содир бўлади. Иккинчи усул, бу мажбурий конвекциядир, яъни бутун суюклик ҳажмининг мажбурий ҳаракати туфайли рўй беради.

Иссиқлик нурланиши – бу нурланувчи жисм атом ёки молекулаларининг иссиклик ҳаракати туфайли турли узунликлардаги тўлкинларнинг электромагнит тебраниши орқали таркалишидир. Ҳамма жисмлар энергия таркатиши мумкин ва уни бошка жисмлар ютиб олади ва яна иссикликка айланади. Нурланиш иссиклиги нур таркалиш ва нур ютишларнинг йигиндисидан иборатдир.

Температураси турли бўлган муҳитлар орасида иссиклик ўтказиш турғун ва нотурғун шароитларда амалга ошиши мумкин.

Турғун жараёнларда қурилманинг температура майдони вакт ўтиши билан ўзгармайди. Нотурғун жараёнларда эса, вакт ўтиши билан температура ўзгаради. Узлуксиз ишлайдиган курилмаларда жараёнлар турғун боради, узлукли (даврий) ишлайдиган курилмаларда эса –

жараёнлар нотурғун бўлади. Ундан ташқари, даврий ишлайдиган қурилмаларни юргизиш ва тўхтатиш ҳамда иш режимлари ўзгарган ҳолларда нотурғун жараёнлар содир бўлади.

Иссиклик ўтказиш жараёнининг асосий кинетик характеристикалари бўлиб, ўртача температуралар фарки, иссиклик ўтказиш коэффициенти ва узатилаётган иссиклик миқдорлари ҳисобланади.

Иссиклик алмашиниш қурилмаларини ҳисоблашда қуйидаги параметрлар топилади:

1. Иссиклик оқими (қурилманинг иссиклик юкламаси), яъни иссиклик миқдори Q ҳисобланади. Иссиклик оқимини аниқлаш учун иссиклик баланси тузилади ва Q га нисбатан ечиб топилади;

2. Берилган вақт ичида зарур иссиклик миқдорини узатишни таъминловчи қурилманинг иссиклик алмашиниш юзаси F аникланади. Бунинг учун иссиклик ўтказишнинг асосий тенгламасидан фойдаланилади.

Иссиклик (совуклик) элткичларнинг энг кенг тарқалган турлари

6.1-жадвал

т/р	Иссиклик элткичнинг номи	Ишчи шароитлар	
		Температура, °С	Босим, МПа
1.	Гелий	≤ -272	≤ 0,1
2.	Водород	≤ -257	≤ 1,0
3.	Азот, кислород, хаво	≤ -210	≤ 20,0
4.	Метан	-100...-160	≤ 4,0
5.	Этан, этилен, фреонлар	-70...-150	≤ 4,0
6.	Аммиак, олтингугурт ва углерод диоксиди, фреон -12,22	0...-70	≤ 1,5
7.	Этиленгликоль	0...-65	≤ 0,1
8.	Кальций хлорид эритмаси	0...-50	≤ 0,1
9.	Фреон –11, 21, 113, 114	0...-10	≤ 0,3
10.	Сув	0...100	0,1
11.	Туйинган сув буғи	100...374	0,1...22,5
12.	Газойль	0...250	0,1...4,0
13.	Дифенил, дифенилоксид, дифенил аралашмалари (юкори температурали органик иссиклик элткичлар)	200..300	0,1
14.	Силиконлар (юкори молекулали кремний органик бирикма)	260...350	0,1...0,6
15.	Қалай ва сурмаларнинг қўргошин билан котишмаси	320	0,1
16.	HTS қуюк эритмаси (40% $NaNO_2$, 17% $NaNO_3$ ва 53% KNO_3)	400	0,1
17.	Тутун газлари	150...530	0,1
18.	Қаттик иссиклик элткичлар (шамот, алунд ва хоказо)	420...1000	0,1
		≤ 1500	0,1
19.	Газлардан электр разряди ўтганда хосил бўлган газлар	≤ 3500	0,1

Иссиклик асосан 3 усулда узатилиши мумкин. ***Иссиқлик ўтказувчанлик, конвекция*** ва ***иссиқлик нурланиши***.

6.1.1. Иссиклик баланси

Температураси юкори иссиклик элткичдан берилаётган иссиклик миқдори Q_1 температураси паст элткични иситиш учун Q_2 ва маълум бир қисми қурилмадан атроф-мухитга йўкотилаётган иссиклик ўрнини тўлдириш учун $Q_{йўк}$ сарф бўлади. Одатда, иссиклик копламали қурилмалар учун $Q_{йўк}$ миқдори фойдали иссиклик миқдорининг 3...5% ни ташкил этади. Шунинг учун, бу турдаги қурилмаларни ҳисоблашда $Q_{йўк}$ ни эътиборга олмаса ҳам бўлади. Унда, иссиклик баланси қуйидаги тенглик билан ифодаланиши мумкин:

$$Q = Q_1 = Q_2 \tag{6.1}$$

бу ерда, Q – курилманинг иссиқлик юкламаси.

Агар элткичнинг массавий сарфи G_1, унинг курилмага кириш энтальпияси $I_{1б}$ ва чикишдагиси эса $I_{1ч}$, совуқлик элткичнинг сарфи G_2 курилмага киришдаги энтальпияси $I_{2б}$ ва чикишдагиси $I_{2ч}$ бўлганда (6.1) тенгликни ушбу кўринишни олади:

$$Q = G_1(I_{1б} - I_{1ч}) = G_2(I_{2ч} - I_{2б}) \tag{6.2}$$

Агар иссиклик алмашиниш жараёнида иссиклик элткичнинг агрегат ҳолати ўзгармаса, унда унинг энтальпияси ушбу кўринишда ифодаланади:

$$\begin{aligned} I_{1б} &= c_{1б}t_{б} \qquad I_{1ч} = c_{1ч}t_{1ч} \\ I_{2ч} &= c_{2ч}t_{2ч} \qquad I_{2б} = c_{2б}t_{2б} \end{aligned} \tag{6.3}$$

Одатда, техник ҳисобларда маълум температура учун энтальпия киймати жадвал ва диаграммалардан топилади. Агар иккала элткичнинг солиштирма иссиклик сиғимлари (c_1 ва c_2) температурага боғлик эмас деб ҳисобланса, унда иссиклик балансининг тенгламаси қуйидаги кўринишни олади:

$$Q = G_1c_1(t_{1б} - t_{1ч}) = G_2c_2(t_{2ч} - t_{2б}) \tag{6.4}$$

6.1.2. Температура майдони ва градиентн

Муҳитларда иссиклик окими ва температуранинг таксимланиши ўртасидаги боғликликни аниклаш иссиклик алмашиниш назариясининг асосий вазифаларидан биридир.

Текширилаётган муҳитнинг ҳамма нукталари учун исталган бирор вактдаги температура кийматлари мажмуига ***температура майдони*** дейилади.

Энг умумий ҳолатда маълум бир нуктадаги температура t шу нуктанинг координаталари (x, y, z)га боғлик бўлади ва вакт τ ўтиши билан ўзгаради. Демак, температура майдонини ушбу функция билан ифодалаш мумкин:

$$\tau = f(x, y, z, \tau) \tag{6.5}$$

Ушбу боғликлик турғун температура майдонини ифодаловчи тенгламадир.

Хусусий ҳолатда (6.5) тенглама фақат фазовий координаталар функцияси, яъни:

$$t = f(x, y, z) \tag{6.6}$$

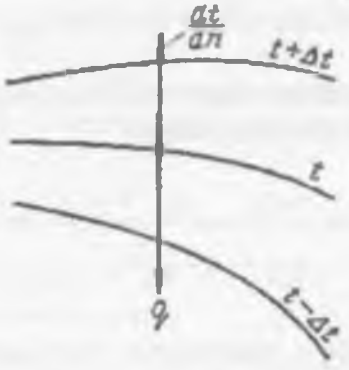
ва унга тегишли турғун температура майдонини ифодалайди.

Агар жисмда бирор текислик ўтказилса ва ушбу текисликдаги бир хил температурали нукталарни бирлаштирсак, ўзгармас температурали чизик (изотерма) га эга бўламиз. Температураси бир хил нукталардан ташкил топган жисмнинг юзаси ***изотермик юза*** деб номланади.

Иккита бир-бирига якин жойлашган изотермик юзаларнинг температуралар фарки Δt бўлса, улар орасидаги энг киска масофа Δn бўлади (6.1-расм). Агар иккала изотермик юзалар бир-бирига якинлашиб борса $\frac{\Delta t}{\Delta n}$ нисбат ушбу чегарага интилади:

$$\lim\left(\frac{\Delta t}{\Delta n}\right)_{\Delta n \to 0} = \frac{\partial t}{\partial n} = grad t \qquad (6.7)$$

Изотермик юзага нормал бўйича йўналган температура ҳосиласи ***температура градиенти*** деб номланади.



6.1-расм. Температура градиентини аниқлашга оид.

Температура градиенти вектор катталикдир.

Температура градиенти нолга тенг бўлмаган *(gradt ≠0)* шароитдагина иссиқлик оқими ҳосил бўлиши мумкин. Маълумки, иссиқлик оқими ҳар доим температура градиенти чизиғи бўйлаб ҳаракат қилади. Лекин унинг ҳаракат йўналиши температура граднентига қарама-қарши бўлади.

6.2. Иссиқлик ўтказувчанлик

Фурье қонуни. Қаттиқ жисмларда иссиқлик таркалиш жараёнини тажрибавий ўрганиш натижасида Фурье (1768–1830) иссиқлик ўтказувчанликнинг асосий қонунини кашф этди. Ушбу қонунга биноан, иссиқлик ўтказувчанлик орқали узатилган иссиқлик миқдори dQ температура градиенти $\partial t/\partial n$, вақт $d\tau$ га ва иссиқлик оқими йўналишига перпендикуляр бўлган майдон юзаси dF га тўғри пропорционал бўлади, яъни:

$$dQ = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} dF \cdot d\tau \qquad (6.8)$$

(6.8) формуладаги пропорционаллик коэффициенти ***λ иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти*** деб аталади. Бу коэффициент жисмнинг иссиқлик ўтказиш қобилиятини характерлайди ва қуйидаги ўлчов бирлигига эга:

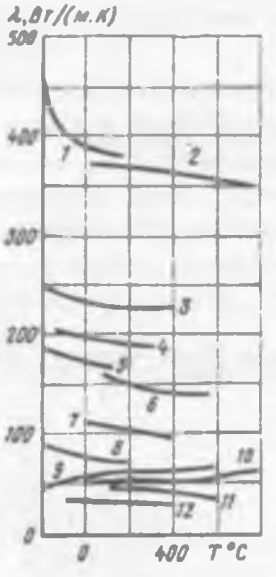
$$[\lambda] = \left[\frac{dQ\partial n}{\partial t dF \cdot d\tau}\right] = \left[\frac{Ж \cdot м}{К \cdot м^2 \cdot с}\right] = \left[\frac{Вт}{м \cdot К}\right]$$

Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти иссиқлик алмашиниш юза бирлигидан ($1\ м^2$) вақт бирлиги давомида изотермик юзага нормал бўлган 1 м узунликка тўғри келган температураларнинг 1 К (°С) га пасайиши вактида узатилган иссиқлик миқдорини ифодалайди.

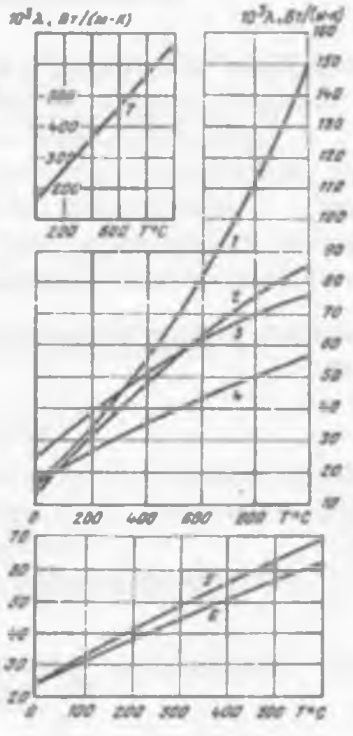
Жисмларнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти унинг таркиби, физик-кимёвий хоссалари, температура, босим ва бошқа катталикларга боғлиқ. Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти турли материаллар учун қуйидаги ораликда бўлади:

– газлар учун - 0,005…0,165 Вт/(м·К);
– суюкликлар учун - 0,080…0,7 Вт/(м·К);
– иссиклик коплама ва курилиш материаллари учун - 0,220…3,0 Вт/(м·К);
– металлар учун - 2,3…458,0 Вт/(м·К).

Кимё ва бошка саноатларда қўлланиладиган айрим металлар иссиклик ўтказувчанлик коэффициентлари қуйидаги кийматларга эга: легирланган пўлат - 14…23; қўрғошин – 35; углеродли пўлат – 45; никель – 58; чўян – 63; алюминий - 204; мис – 384; кумуш - 458 Вт/(м·К). Саноатда энг кўп қўлланиладиган металлар ва суюкликлар иссиклик ўтказувчанлик коэффициентлари 6.2 ва 6.3 - расмларда келтирилган.



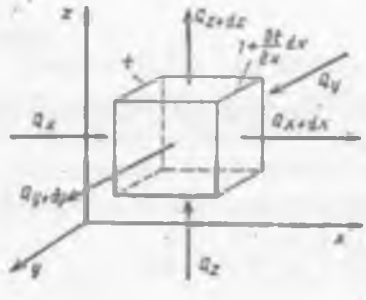
6.2-расм. Айрим металларнинг иссиклик ўтказувчанлик коэффициентлари:
1-тоза мис, 2-мис 99,9%, 3-алюминий 99,7%, 4-алюминий 99,0%, 5-тоза марганец, 6-марганец 99,6% ; 7- рух 99,8%, 8-тоза платина, 9-никель 99%, 10-никель 99,2%, 11-темир 99,2%; 12-техник тоза қўрғошин 99,95%



6.3-расм. Турли газлар иссиклик ўтказувчанлик коэффициентлари:
1-сув буги; 2-углекислота, 3-ҳаво, 4-аргон, 5-кислород; 6- азот; 7- водород

6.2.1. Иссиклик ўтказувчанликнинг дифференциал тенгламаси

Иссиклик ўтказувчанлик йўли билан иссикликнинг таркалиши математик усулда дифференциал тенглама билан ифодаланиши мумкин. Ушбу тенглама энергиянинг сакланиш конуни асосида келтириб чикарилади ва иссиклик таркатаётган жисм ёки муҳитнинг физик хоссалари (зичлик ρ, иссиклик сиғим c, иссиклик ўтказувчанлик λ) ҳамма йўналишларда ва вакт ўтиши билан ўзгармайди деб кабул килинади. Иссиклик ўтказувчанликнинг дифференциал тенгламасини келтириб чикариш учун каттик жисмдан кирралари dx, dy ва dz бўлган элементар параллелепипед ажратиб олинади (6.4-расм).



6.4-расм. Фурьенинг иссиклик ўтказувчанлик тенгламасига оид.

Агар параллелепипеднинг чап орка ва остки томонларидан $d\tau$ вакт мобайнида Q_x, Q_y ва Q_z микдорда

иссиклик кирса, карама-карши - ўнг, олд ва устки – томонларидан эса ўз навбатида Q_{x+dx}, Q_{y+dy} ва Q_{z+dz} миқдорда иссиклик чикади.

Бирор $d\tau$ вакт ичида параллелепипедга кирган ва ундан чиккан иссикликларнинг фарки ушбу ифодадан топилади:

$$dQ = (Q_x - Q_{x+dx}) + (Q_y - Q_{y+dy}) + (Q_z - Q_{z+dz}) \tag{6.9}$$

Фурье конунига биноан (4.9) тенгламани куйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$Q_x = -\lambda \frac{\partial t}{\partial x} dydzd\tau$$

$$Q_{x+dx} = -\lambda \frac{\partial\left(t + \frac{\partial t}{\partial x}d\right)}{\partial x} dydzd\tau = -\lambda \frac{\partial t}{\partial x} dydzd\tau - \lambda \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} dxdydzd\tau$$

Демак,

$$Q_x - Q_{x+dx} = \lambda \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} dxdydzd\tau \tag{6.10}$$

Юкоридаги усулдан фойдаланиб, колган кирралар оркали ўтган иссиклик миқдорлари аникланади:

$$Q_y - Q_{y+dy} = \lambda \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} dxdydzd\tau \tag{6.11}$$

$$Q_z - Q_{z+dz} = \lambda \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} dxdydzd\tau \tag{6.12}$$

(6.11)…(6.13) тенгламаларнинг чап ва ўнг томонларини кўшиб, куйидаги кўринишга эга бўламиз:

$$dQ = \lambda\left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2}\right) d\tau dxdydz \tag{6.13}$$

Энергия сакланиш конунига биноан, dQ иссиклик миқдорининг фарки $d\tau$ вакт ичида параллелепипед энтальпиясининг ўзгаришига сарфланаётган иссиклик миқдорига тенг бўлади, яъни:

$$dQ = c\rho dxdydz \frac{\partial t}{\partial \tau} d\tau \tag{6.14}$$

бу ерда, c – материалнинг солиштирма иссиклик сигими.

(6.13) ва (6.14) ифодаларни солиштириш натижасида Фурьенинг иссиклик ўтказувчанлик дифференциал тенгламасини оламиз:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\lambda}{c\rho}\left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2}\right) \tag{6.15}$$

(6.15) тенгламадаги $\lambda/(c\rho)$ пропорционаллик кўпайтмаси температура ўтказувчанлик коэффициенти деб номланади ва куйидаги ўлчов бирлигига эга:

$$[a] = \left[\frac{\lambda}{c\rho}\right] = \left[\frac{\frac{Вт}{м \cdot К}}{\frac{Ж}{кг \cdot К} \cdot \frac{кг}{м^3}}\right] = \left[\frac{\frac{Ж}{с \cdot м \cdot К}}{\frac{Ж}{кг \cdot К} \cdot \frac{кг}{м^3}}\right] = \left[\frac{м^2}{с}\right]$$

Ушбу коэффициент жисмнинг иссиклик ўтказиш кобилиятини характерлайди.

Одатда, Фурьенинг иссиклик ўтказувчанлик дифференциал тенгламаси ушбу кўринишда ёзилади:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau}=\left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 t}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 t}{\partial z^2}\right) \qquad \text{ёки} \qquad \frac{\partial t}{\partial \tau}=a\cdot\nabla^2\cdot t \qquad (6.16)$$

Иссиклик алмашиниш курилмаларининг иситиш юзалари текис, цилиндрик ёки сферик шаклда бўлиши мумкин.

Шунинг учун, юкорида кайд этилган геометрик шаклли деворларда иссикликнинг таркалиши муҳим амалий аҳамиятга эга.

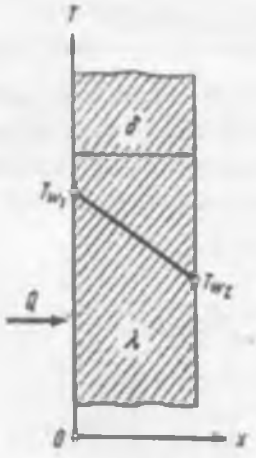
6.2.2. Текис деворнинг иссиклик ўтказувчанлиги

Бир жинсли, деворнинг калинлиги δ ва иссиклик ўтказувчанлик коэффициенти λ бўлган бир катламли текис девордан иссиклик ўтишини кўриб чикамиз. Деворнинг ташки юза температураси t_{w1}, ички юзасиники эса t_{w2} га тенг, лекин $t_{w1} > t_{w2}$ (6.5-расм).

Бир катламли, текис деворнинг иссиклик ўтказувчанлик тенгламасини келтириб чикариш учун Фурьенинг дифференциал тенгламаси (6.16) дан фойдаланамиз.

Маълумки, турғун иссиклик режимда деворнинг турли нукталаридаги температура, вакт ўтиши билан ўзгармайди, яъни $dt/d\tau=0$. Ундан ташкари, температура майдони бир ўлчамли бўлади.

Демак, температура факат бир йўналиш (x ўки) бўйлаб ўзгаради, яъни:



6.5-расм. Текис бир катламли деворнинг иссиклик ўтказувчанлик тенгламасига оид.

$$\frac{\partial^2 t}{\partial y^2}=\frac{\partial^2 t}{\partial z^2}=0$$

Шундай килиб, турғун жараёнда бир катламли текис девор учун (6.16) тенгламани куйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$\frac{\partial^2 t}{\partial x^2}=0 \qquad (6.17)$$

(6.17) тенгламани интегралласак, куйидаги тенгликларни оламиз:

$$\frac{dt}{dx}=C_1; \qquad t=C_1x+C_2 \qquad (6.18)$$

Интеграллаш константалари C_1 ва C_2 ларни чегаравий ($x=0$ ва $x=\delta$) шартлардан аниклаймиз:

$$C_2=t_{w1}; \qquad C_1=\frac{dt}{dx}=\frac{t_{w2}-t_{w1}}{\delta} \qquad (6.19)$$

Агар, (6.19) ни (6.18) га кўйсак, куйидаги натижага эга бўламиз:

$$t=\frac{t_{w2}-t_{w1}}{\delta}\cdot x+t_{w2} \qquad (6.20)$$

Охирги (6.20) тенгламани таҳлил килсак, ушбу хулосага келиш мумкин: турғун иссиклик жараёнида текис деворнинг калинлиги бўйлаб температура тўғри чизик конунига биноан ўзгаради ва температура градиенти ўзгармас кийматини саклайди.

Аникланган температура градиенти кийматини (6.8) тенгламага кўйсак, иссиклик ўтказувчанликнинг асосий конунини ифодаловчи тенгламани оламиз:

$$dQ=\lambda\frac{t_{w1}-t_{w2}}{\delta}dFd\tau \qquad \text{ёки} \qquad Q=\frac{\lambda}{\delta}\left(t_{w1}-t_{w2}\right)F\tau \qquad (6.21)$$

бу ерда, λ/δ – нисбат деворнинг иссиклик ўтказувчанлигини, унга тескари катталик δ/λ – деворнинг термик ёки иссиклик каршилигини ифодалайди.

Агар текис девор *n* та (бир-биридан фаркли) катламдан иборат бўлса, турғун иссиклик алмашиниш жараёнида ҳар бир катлам оркали бир хил миқдорда иссиклик ўтади (6.6-расм) ва турли катламлар учун қуйидаги кўринишда ёзилади:

$$Q=\frac{\lambda_1}{\delta_1}(t_{w1}-t_a)\ F\tau \qquad \text{ёки} \qquad Q\frac{\delta_1}{\lambda_1}=(t_{w1}-t_a)\ F\tau$$

$$Q=\frac{\lambda_2}{\delta_2}(t_a-t_b)\ F.\tau \qquad \text{ёки} \qquad Q\frac{\delta_2}{\lambda_2}=(t_a-t_b)\ F\tau$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \qquad \ldots\ldots \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$Q=\frac{\lambda_n}{\delta_n}(t_a-t_{w2})\ F\tau \qquad \text{ёки} \qquad Q\frac{\delta_n}{\lambda_n}=(t_n-t_{w2})\ F\tau$$

Тенгламалар ўнг ва чап кисмларини қўшиш натижасида ушбу кўринишга эришамиз:

$$Q\left(\frac{\delta_1}{\lambda_1}+\frac{\delta_2}{\lambda_2}+\text{K}+\frac{\delta_n}{\lambda_n}\right)=(t_{w1}-t_2)\ F\tau$$

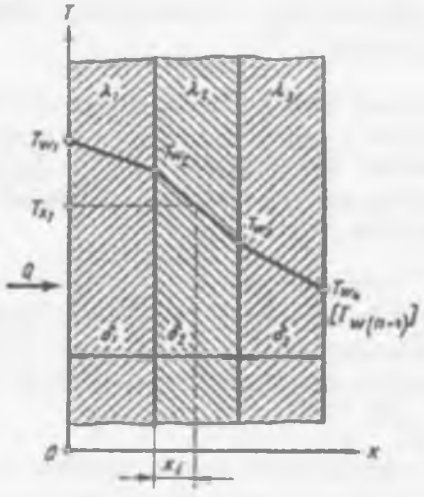
Бунда

$$Q=\frac{(t_{w1}-t_{w2})\ F\tau}{\sum_{i=1}^{i=n}\frac{\delta_i}{\lambda_i}} \qquad (6.22)$$

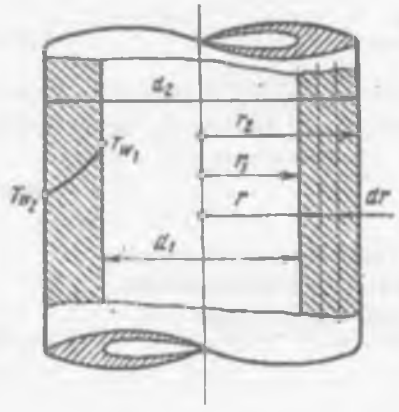
бу ерда, i – девор катламининг тартиб раками, n – катламлар сони.

6.2.3. Цилиндрик деворнинг иссиклик ўтказувчанлиги

Узунлиги L, ички радиуси r_u ва ташки радиуси $r_т$ бўлган цилиндрик деворнинг иссиклик ўтказувчанлигини кўриб чикамиз (6.7-расм). Иссиклик ўтказиш турғун жараёнда амалга ошаётгани учун деворнинг ички ва ташки юзаларидаги температуралари ўзгармасдир, яъни $t_{w1} = t_{w2}$. Аммо ички ва ташки юзалар бир-бирига тенг бўлмагани учун (6.21) тенгламани қўллаш ўринли эмас.



6.6-расм. Текис, кўп катламли деворнинг иссиклик ўтказувчанлик тенгламасига оид.



6.7-расм. Цилиндрик деворнинг иссиклик ўтказувчанлик тенгламасига оид.

Температура фақат радиус бўйлаб ўзгармокда ва $t_{w1} > t_{w2}$ деб кабул киламиз. Цилиндрик деворнинг бирор r радиусдаги юзаси $F = 2\pi rL$ бўлсин. Агар F нинг кийматини (6.8) тенгламага қўйсак, бир ўлчовли майдон учун Q ни топиш мумкин:

$$Q=-\lambda 2\pi rL\tau\frac{dt}{d\delta}$$

бу ерда $\delta = r_m - r_n$

Агар $d\delta$ ўрнига dr ни қўйсак, унда

$$Q = -\lambda 2\pi r L \tau \frac{dt}{dr}$$

ёки

$$\frac{dr}{r} = -\lambda \frac{2\pi L \tau}{Q} dt$$

ушбу тенгламани r_n дан r_m ва t_{w1} дан t_{w2} оралиқда интегралласак, қуйидаги кўринишга эришамиз:

$$\ln \frac{r_m}{r_n} = -\frac{2\pi L \tau}{Q}(t_{w2} - t_{w1})$$

ёки $r_m/r_n = d_m/d_n$ эканлигини хисобга олсак, ушбу формулани оламиз:

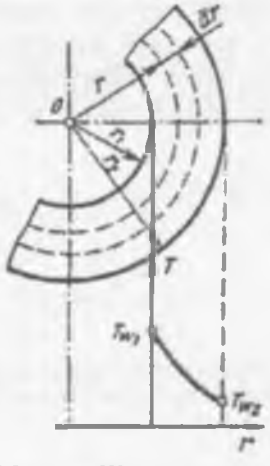
$$Q = \frac{2\pi L \tau (t_{w1} - t_{w2})}{\frac{1}{\lambda} 2{,}3 \lg \frac{d_T}{d_n}} \qquad (6.23)$$

Келтирилиб чикарилган (6.23) формуладан кўриниб турибдики, цилиндрик деворларнинг калинлиги бўйича температура логарифмик (эгри чизик) конун асосида ўзгаради. Ушбу тенглама турғун иссиклик ўтиш жараёни учун цилиндрик деворнинг иссиклик ўтказувчанлигини ифодалайди.

Худди шу йўл билан n - катламли цилиндрик девор оркали иссиклик ўтказувчанлик усулида узатилган иссиклик микдорини аниклаш мумкин:

$$Q = \frac{2\pi L \tau (t_{w1} - t_{w2})}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{1}{\lambda_i} 2{,}3 \lg \frac{d_{i+1}}{d_i}} \qquad (6.24)$$

6.2.4. Шарсимон деворнинг иссиклик ўтказувчанлиги



6.8-расм. Шарсимон деворда температуранинг таксимланиши.

Девор материалининг иссиклик ўтказувчанлик коэффициенти λ, ички радиуси r_1 ва ташки радиуси r_2 бўлган шарсимон деворнинг иссиклик ўтказувчанлигини кўриб чикамиз (6.8-расм).

Бундай шаклдаги жисмларда температура таркалиши бир ўлчовли бўлгани учун, температуранинг деворда таксимланиши шарнинг факат радиусига боғлик. Шунинг учун сферик координаталар системасида иссиклик ўтказувчанликнинг дифференциал тенгламаси ушбу кўринишда ёзилади:

$$\frac{d^2 t}{dr^2} + \frac{2}{r}\frac{dt}{dr} = 0 \qquad (6.25)$$

Деворнинг исталган калинлигидаги температура ушбу формуладан топилади:

$$t(r) = -\frac{C_1}{r} + C_2 \qquad (6.26)$$

Агар шарсимон деворда температуранинг таксимланиши гипербола эгри чизиғи шаклида, ташки температураси t_{w1} ва ички температураси t_{w2} бўлганда интеграллаш константалари C_1 ва C_2 ушбу тенгламалар системасидан топилади:

$$t_{w1} = -\frac{C_1}{r_1} + C_2; \quad t_{w2} = -\frac{C_1}{r_2} + C_2 \qquad (6.27)$$

яъни

$$C_1 = \frac{t_{w1} - t_{w2}}{\frac{1}{r2} - \frac{1}{r_1}}; \quad C_2 = \frac{r_2 t_{w2} - r_1 t_{w1}}{r_2 - r_1} \tag{6.28}$$

Олинган C_1 ва C_2 ларнинг кийматларини (6.26) га қўйсак, ушбу ифодани оламиз:

$$t(r) = \frac{t_{w1}\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r_2}\right) + t_{w2}\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r}\right)}{\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}} \tag{6.29}$$

Турғун жараёнда тўлиқ иссиклик окими ушбу формуладан аникланади:

$$Q = -\lambda \frac{dt}{dr} 4\pi r^2 \tag{6.30}$$

(6.28) ва $dt/dr = C_1/r^2$ лардан фойдаланиб, шарсимон девор оркали иссиклик ўтказувчанлик йўли билан ўтган иссиклик микдорини топиш формуласини келтириб чикариш мумкин:

$$Q = \frac{4\pi\lambda}{\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}} \left(t_{w_1} - t_{w_2}\right) \tag{4.31}$$

Кўп катламли шарсимон девор учун эса, Q ни ҳисоблаш формуласи ушбу кўринишда бўлади:

$$Q = \frac{4\pi\left(t_{w_1} - t_{w(n+1)}\right)}{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{\lambda_i}\left(\frac{1}{r_i} + \frac{1}{r_{i+1}}\right)} \tag{6.32}$$

бу ерда, λ ва $n-i$ катламнинг иссиклик ўтказувчанлик коэффициенти ва ички радиуси.

6.2.5. Мураккаб шаклли жисмлар иссиклик ўтказувчанлиги

Юкорида келтирилган параграфларда энг содда жисмларнинг турғун жараёнда иссиклик ўтказувчанлиги кўриб чикилди. Лекин айрим ҳолларда мураккаб жисмларнинг иссиклик ўтказувчанлигини билишга тўғри келади. Бунинг учун ушбу бобда келтириб чикарилган формулаларнинг умумлаштирилган кўринишидан ҳам фойдаланиш мумкин, яъни:

$$Q = \frac{\lambda}{\delta}\left(t_{w1} - t_{w2}\right) \cdot F_z \tag{6.33}$$

бу ерда, F_z–жисмнинг бирор сохта (ҳисобланган) иссиклик бериш юзаси.

Текис деворлар учун

$$F_{текис} = \frac{2F}{2} = \frac{F_1 + F_2}{2} \tag{6.34}$$

бу ерда, F_1 ва F_2 – иссик ва совук ҳолатлардаги юзалари (текис пластина учун $F_1=F_2$).

Цилиндрик деворлар учун

$$F_{цилин} = \frac{2\pi l r_2 - 2\pi l r_1}{\ln\left(\frac{2\pi l r_2}{2\pi l r_1}\right)} = \frac{F_2 - F_1}{\ln\left(\frac{F_2}{F_1}\right)} \tag{6.35}$$

Шарсимон деворлар учун

$$d_1 = \sqrt{\frac{F_1}{\pi}} \qquad \text{ва} \qquad d_2 = \sqrt{\frac{F_2}{\pi}}$$

яъни

$$F_{ўрта} = \sqrt{F_1 \cdot F_2} \qquad (6.36)$$

Агарда жисмлар ўта мураккаб бўлса, ҳар кайси ҳолатда алоҳида ёндашув зарур.

Қуйида мамлакатимизнинг асосий техник хом-ашёси бўлмиш – пахта чигитининг иссиклик ўтказувчанлигини кўриб чикамиз. Маълумки, пахта чигити нотўғри, эллипс - шаклли жисм бўлиб, ташки юзаси пахта толалари билан копланган гетероген мураккаб (4 катламли) системадир. Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, ҳар бир катлам физик-механик ва диффузион-иссиклик хоссалари билан бир-биридан кескин фарк килади [5,6,13].

Пахта чигитининг иссиклик ўтказувчанлигини аниклаш учун кўп катламли сфера кўринишидаги соддалашган моделдан фойдаланамиз.

Кўпгина тажрибалар асосида, чигит марказида 0,1...0,15 мм ўлчамли бўшлик (эмбрион) борлиги аникланди. Шунинг учун ҳам, пахта чигитини ичи бўш, ҳар бир катламнинг физик-механик хоссалари кескин фаркланадиган сфералар системаси деб ҳам ҳисобласа бўлади.

Сфера турли жинсли 4 та катламдан иборат ва унинг ички t_1 ҳамда ташки юзалари t_5 температуралари бўлсин, лекин $t_1 > t_5$. Сферанинг ички радиуси r_1, ташкисиники - r_5. Жисмдаги изотермалар концентрик айланалар кўринишида бўлсин.

Фурье конунига биноан, ичи бўш сфера учун иссиклик окими Q ушбу формуладан топилади:

$$Q = -\lambda F \frac{dt}{dr} = -4\lambda\pi r^2 \frac{dt}{dr} \qquad (6.37)$$

Бу тенгламани интегралласак, куйидаги натижани оламиз:

$$t = -\frac{Q}{4\pi\lambda}\cdot\frac{1}{r} + C$$

(6.37) тенгламага девор чегараларидаги ўзгарувчан катталиклар кийматларини қўйиб, ушбу формулага эга бўламиз:

$$Q = \frac{4\pi\lambda(t_1 - t_5)}{\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_5}} \qquad (6.38)$$

Пахта чигитининг ҳар бир катламидан ўтаётган иссиклик микдорини (6.38) формула ёрдамида топиш мумкин. Формуланинг ёйилган кўриниши куйидагича бўлади:

$$Q = \frac{4\pi(t_1 - t_5)}{\frac{\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}}{\lambda_1} + \frac{\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3}}{\lambda_2} + \frac{\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4}}{\lambda_3} + \frac{\frac{1}{r_4} - \frac{1}{r_5}}{\lambda_4}} \qquad (6.39)$$

бу ерда. r_1, r_2, r_3, r_4, r_5 – пахта чигити бўшлиги, магизи, хаво катлами, кобиги ва толали катламларининг радиуслари, м; λ_1, λ_2, λ_3, λ_4 – чигит магизи, хаво, кобиги ва пахта толаларининг иссиклик ўтказувчанлиги [5,6,13].

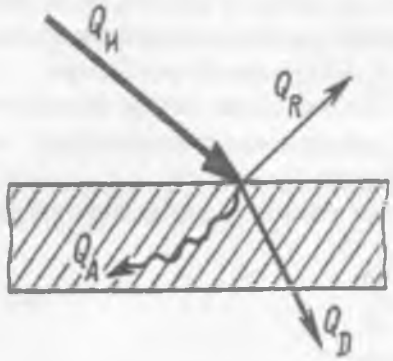
6.3. Иссиклик нурланиши

Иссиклик нурланиши тўлкин узунликлари спектрнинг кўз илғамас кисмида бўлиб, 0,8...40 мкм ораликда бўлади. Улар ёруглик нурлари 0,4...0,8 мкм дан факат тўлкин узунликлари билан фаркланади. 6.2-жадвалда нурланиш турига караб тўлкин узунликларининг ўзгариши ҳакида маълумотлар келтирилган.

Электромагнит тўлқинларининг умумий классификацияси

6.2-жадвал

Нурланиш тури	Тўлқин узунлиги, м
Космик	$0{,}05 \cdot 10^{-12}$
γ - нурланиш	$0{,}05 \cdot 10^{-12} \ldots 0{,}1 \cdot 10^{-12}$
Рентген	$10^{-12} \ldots 20 \cdot 10^{-9}$
Ультрабинафша	$20 \cdot 10^{-9} \ldots 0{,}4 \cdot 10^{-6}$
Кўз илғайдиган	$0{,}4 \cdot 10^{-6} \ldots 0{,}8 \cdot 10^{-6}$
Иссиклик (инфракизил)	$0{,}8 \cdot 10^{-6} \ldots 0{,}8 \cdot 10^{-3}$
Радио тўлқинлар	$0{,}2 \cdot 10^{-3} \ldots x \cdot 10^{-3}$



6.8а-расм. Нурланиш энергияси балансига оид.

Иссиклик ва ёруғлик нурланишининг табиати бир хил бўлиб, умумий қонуниятлар билан характерланади, яъни бир жинсли ва изотроп муҳитларда нурланиш энергияси тўғри чизик бўйлаб тарқалади. Иссик жисмлардан тарқалаётган оқим нурлари бошқа жисмга тушганда, энергиянинг бир қисми ютилади $Q_{ютил}$, бир қисми кайтарилади $Q_{қайт}$ ва бир қисми ўзгармасдан $Q_{ўт}$ ўтиб кетади (6.8а-расм).

Унда, энергиянинг умумий баланси:

$$Q_{ютил} + Q_{қайт} + Q_{ўт} = Q_{нур} \qquad (6.40)$$

ёки ушбу балансниинг улушлардаги кўриниши:

$$\frac{Q_{ютил}}{Q_{нур}} + \frac{Q_{қайт}}{Q_{нур}} + \frac{Q_{ўт}}{Q_{нур}} = 1 \qquad (6.40а)$$

бу ерда $Q_{ютил}/Q_{нур}$ – жисмнинг нурланган иссикликни ютиш кобилиятини, $Q_{қайт}/Q_{нур}$ – жисмнинг нурланган иссикликни кайтариш кобилиятини, $Q_{ўт}/Q_{нур}$ – жисмнинг нурланган иссикликни ўтказиб юбориш кобилиятини характерлайди

Умуман олганда ҳар бир нисбат 1 га тенг бўлиши мумкин, агар қолган иккита нисбат нолга тенг бўлса.

$Q_{ютил}/Q_{нур}$=1 бўлганда ($Q_{қайт}/Q_{нур}$= $Q_{ўт}/Q_{нур}$=0), жисмга тушаётган нурланган энергиянинг ҳаммаси ютилади. Бу ҳолда жисм ***абсолют қора жисм*** деб номланади.

$Q_{ўт}/Q_{нур}$ = 1 бўлганда ($Q_{ютил}/Q_{нур}$ = $Q_{қайт}/Q_{нур}$ = 0), жисмга тушаётган нурланган энергиянинг ҳаммаси ўзгармасдан ўтиб кетади. Бу ҳолда жисм ***абсолют шаффоф жисм*** деб номланади.

Саноатда ва табиатда абсолют кора, ок ва шаффоф жисмлар бўлмайди. $Q_{ютил}/Q_{нур}$, $Q_{қайт}/Q_{нур}$ ва $Q_{ўт}/Q_{нур}$ ўртасидаги боғликлик жисм табиатига, юзаси ҳолатига ва температурасига боғликдир. Табиатда учрайдиган ҳамма жисмлар нурланган энергиянинг бир қисмини ютади, бир қисмини кайтаради ва бир қисмини ўзидан ўтказиб юборади. Бундай жисмлар ***кулранг жисмлар*** деб номланади.

Табиатда учрайдиган жисмлардан коракуя абсолют кора жисмга якинрок. Лекин у ҳам фақат 90...96 % нурланган энергияни юта олади. Тушаётган нурланган энергияни ўта силликланган, ёруғ юзаларгина тўликрок кайтариш қобилиятига эга. Кўпчилик каттик жисмлар шаффоф эмас жисмлар турига киради. Аммо ҳамма газлар (кўп атомли газлардан ташкари) шаффоф бўлади.

Иссиклик нурланиш қонуниятлари Стефан-Больцман, Кирхгоф ва Ламберт қонунлари билан ифодаланади.

Стефан-Больцман қонуни жисмнинг нур чикариш кобилияти E ва жисмдан 1 соат мобайнида F юзасидан ажралиб чикаётган иссиклик миқдори Q орасидаги боғликликни ифодалайди:

$$E = \frac{Q}{F \cdot \tau} \qquad (6.41)$$

Нурланиш энергияси тўлқин узунлиги ва жисмнинг температурасига боғлиқ бўлади. Абсолют қора жисмнинг нур таркатиш қобилияти ва температураси орасидаги боғлиқлик ушбу формуладан топилади:

$$E_0 = K_0 T^4 \qquad \text{ёки} \qquad E_0 = C_0\left(\frac{T}{100}\right)^4 \tag{6.42}$$

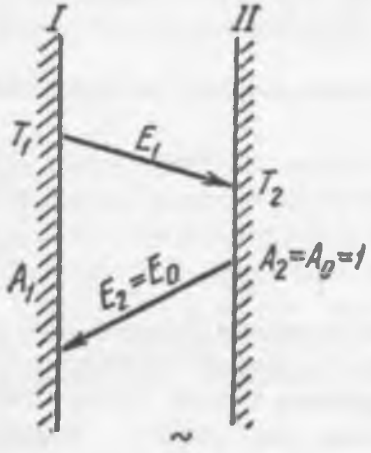
бу ерда $K_0 = (4,19...5,67)\cdot 10^{-8}$ Вт/(м$^2\cdot$ К^4) – абсолют қора жисмнинг нур чиқариш константаси. $C_0 = K_0 10^8 = 4,19...5,67$ Вт/(м$^2\cdot$К^4).

(6.42) формула Стефан - Больцман конунининг ифодаси бўлиб, Планк тенгламасининг хосиласидир.

Стефан - Больцман конунини абсолют қора бўлмаган жисмлар учун ҳам қўллаш мумкин. Масалан, кулранг жисмлар учун қуйидаги кўринишга эга:

$$E = \varepsilon \cdot C_0\left(\frac{T}{100}\right)^4 \tag{6.43}$$

бу ерда, $\varepsilon = C/C_0$ – кулранг жисмнинг коралик даражаси ёки унинг нур чиқариш коэффициенти, C_0 – кулранг жисмнинг нур чиқариш коэффициенти



6.9-расм. Кирхгоф конунига оид. $Q_{кай}/Q_{нур} = Q_{ут}/Q_{нур} = 1$.

Кулранг жисмнинг нур чиқариш коэффициенти ҳар доим 1 дан кичик бўлиб, 0,055...0,95 оралиқда ўзгаради.

Кирхгоф қонуни кулранг жисмларнинг нур таркатиш ва уни ютиш қобилиятлари ўртасидаги боғлиқликни ифодалайди.

Бир-бирига параллел жойлашган, кулранг *I* ва абсолют қора *II* жисмларни кўриб чиқамиз (6.9-расм).

Кулранг жисмнинг ютиш қобилиятини A_1, абсолют қора жисмникини эса $A_2 = A_0 = 1$. Кулранг жисм температураси абсолют кораникидан катта, яъни $T_1 > T_2$ деб қабул қиламиз. Бунда, кулранг жисмдан нурланиш усулида узатилган иссиқлик миқдори қуйидагича аниқланади:

$$q = E_1 - E_0 A_1 \tag{6.44}$$

Иккала жисмнинг температураси тенглашганда, иссиқлик мувозанат ҳолати юзага келади ва $q = 0$ бўлади.

Демак:

$$E_1 - E_0 A_1 = 0 \tag{6.45}$$

бундан

$$\frac{E_1}{A} = E_0 \tag{6.45а}$$

Ушбу хулосани умумлаштириб, бир нечта параллел жойлаштирилган жисмлар учун ушбу ифодани келтириб чиқарамиз:

$$\frac{E_1}{A_1} = \frac{E_2}{A_2} = \mathrm{K} = \frac{E_n}{A_n} = \frac{E_0}{A_0} = f(T) \tag{6.46}$$

(6.46) тенглама Кирхгоф конунини характерлайди. Ушбу тенгламага биноан, маълум бирор температура учун исталган бир жисмнинг нур таркатиш қобилияти, унинг нур ютиш қобилиятига бўлган нисбати ўзгармас миқдор бўлиб, абсолют қора жисмнинг нур таркатиш қобилиятига тенгдир.

Ламберт қонуни турли йўналишларда нурланиш интенсивлиги ўзгаришини ифодалайди ва ушбу кўринишда ёзилади:

$$dQ = \frac{1}{\pi} E d\psi \cdot \cos\varphi \cdot dF_1 \qquad (6.47)$$

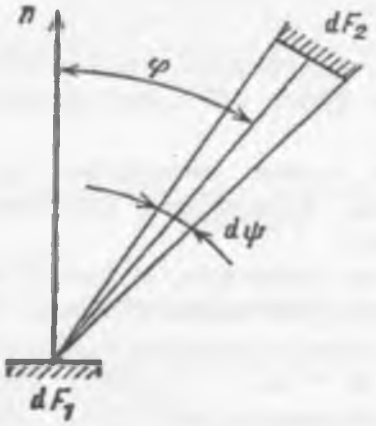
бу ерда, $d\psi$ - dF_1 элементдан dF_2 элемент кўринишн мумкин бўлган фазовий бурчак, φ - dF_1 ва dF_2 ни бирлаштирувчи тўғри чизик ва dF_1 га ўтказилган нормал орасида хосил бўлган бурчак (6.10-расм)

Ушбу конунга биноан, жисмнинг нормал йўналишида нур таркатиш кобилияти жисмнинг тўла нур таркатиш кобилиятидан π марта кам бўлади.

Икки параллел жойлаштирилган жисмлар ўртасидаги нурланиш жараёнида узатилган иссиклик миқдори Стефан - Больцман конуни асосида келтириб чикарилган формула ёрдамида ҳисоблаш мумкин:

$$Q_{1-2} = C_{1-2}\left[\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4\right] \cdot F \qquad (6.48)$$

бу ерда, Q_{1-2} –1-жисмдан 2- сига узатилаётган иссиклик миқдори, C_{1-2} – 1-ва 2- жисмлардан иборат системанинг келтирилган нур таркатиш коэффициенти, F –жисмнинг нур таркатиш юзаси



6.10-расм. Ламберт қонунига оид.

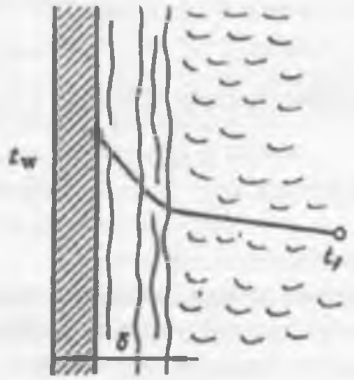
$$C_{1-2} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_0}} \qquad (6.49)$$

Агар бир жисм иккинчисини бутунлай ўраб олган ҳолларда ($F=F_1$, бу ерда F_1 – ўралиб турган жисм юзаси) (6.48) формуладан фойдаланса бўлади. Келтирилган нур таркатиш коэффициентини эса, ушбу формуладан ҳисоблаб топиш мумкин:

$$C_{1-2} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{F_1}{F_2}\left(\frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_1}\right)} \qquad (6.50)$$

6.4. Конвектив иссиқлик алмашиниш

Суюклик окимининг турбулентлиги канчалик юқори ва унинг заррачалари жадал равишда аралаштирилса, конвекция усулида иссиклик алмашиниш шунчалик интенсив булади. Шундай килиб, конвектив иссиклик алмашиниш, иссикликнинг механик аралаштирилиши ва суюклик ҳаракатига каттиқ боғликдир.



6.11-расм. Конвектив иссиклик алмашиниш схемаси.

Иссиклик алмашиниш жараёнида катнашаётган суюклик икки кисмдан ташкил топган, яъни иссиклик чегаравий катлам ва оқим ўзаги (ядроси) дан.

Оқим ўзагида иссиклик таркалиши ҳам конвекция, ҳам иссиклик ўтказувчанлик усулларида амалга ошади. Бундай иссиклик алмашиниш ***конвектив иссиқлик алмашиниш*** дейилади (6.11-расм).

Иссикликнинг каттиқ девор юзасидан суюклик (ёки газ) га ёки суюклик (ёки газ) дан каттиқ девор юзасига ўтиши ***иссиқлик бериш*** деб номланади.

Девор юзасидан чегаравий катлам оркали энергия иссиклик ўтказувчанлик усули билан ўтади. Чегаравий катламдан эса, суюклик ўзагига энергия асосан конвекция

усулида узатилади. Иссиклик энергиясининг девор юзасидан суюкликка узатилиш жараёнига окимнинг ҳаракат режими катта таъсир килади.

Конвектив иссиклик алмашиниш асосан 2 хил бўлади, яъни ***эркин*** (ёки ***табиий***) ва ***мажбурий*** конвекция.

Суюклик ҳажмининг турли нукталаридаги зичликларнинг фарки туфайли рўй берадиган иссиклик алмашинишга ***эркин конвекция*** дейилади. Бу жараёнга суюкликнинг физик хоссалари, унинг ҳажми, совук ва иссик заррачалари орасидаги температуралар фарки катта таъсир кўрсатади.

Бутун суюклик ҳажмининг ташки кучлар таъсири натижасида рўй берадиган иссиклик алмашинишга ***мажбурий конвекция*** дейилади. Суюкликнинг ҳаракати насос, аралаштиргич, вентиляторлар ёрдамида амалга оширилиши мумкин. Бу жараёнга суюкликнинг физик хоссалари, унинг тезлиги, каналнинг шакли ва ўлчамлари салмокли таъсир этади.

Суюкликнинг турбулент ҳаракат режимида ламинар режимдагига караганда иссиклик алмашиниш анча интенсив бўлади.

6.4.1. Ньютон қонуни

Иссиклик беришнинг асосий конуни – бу Ньютоннинг совитиш қонунидир.

Иссиклик алмашиниш юзаси ва суюклик (газ) ёки суюклик (газ) ва иссиклик алмашиниш юзаси орасида энергия тарклишига ***иссиқлик бериш*** деб номланади.

Иссиклик бериш жараёни иссиклик бериш коэффициенти α билан белгиланади.

Ушбу конунга биноан, иссиклик алмашиниш суюклик (газ) га узатилган иссиклик миқдори dQ, деворнинг юзаси dF, юза t_w ва муҳит температуралари t_f нинг фарки (t_w-t_f) ҳамда жараённинг давомийлиги $d\tau$ га тўғри пропорционалдир, яъни:

$$\left.\begin{aligned} dQ &= \alpha\left(t_w - t_f\right)\cdot dF\cdot d\tau \\ dQ &= \alpha\left(t_f - t_w\right)\cdot dF\cdot d\tau \end{aligned}\right\} \qquad (6.51)$$

(6.51) тенгламадан иссиклик бериш коэффициентининг ўлчов бирлигини келтириб чикариш мумкин:

$$\alpha = \left[\frac{dQ}{\left(t_w - t_f\right) dF d\tau}\right] = \left[\frac{Ж}{м^2 \cdot соат \cdot К}\right] = \left[\frac{Вт}{м^2 \cdot К}\right]$$

Агар иссиклик алмашиниш юзаси бўйлаб иссиклик бериш коэффициентининг қиймати ўзгармас $(\alpha = const)$ бўлса, (6.51) тенглама ушбу кўринишни олади:

$$\left.\begin{aligned} Q &= \alpha\left(t_w - t_f\right)\cdot F\cdot \tau \\ Q &= \alpha\left(t_f - t_w\right)\cdot F\cdot \tau \end{aligned}\right\} \qquad (6.52)$$

Демак, иссиклик бериш коэффициенти α деворнинг 1 м^2 юзасидан суюкликка 1 с вакт давомида, девор ва суюклик температураларининг фарки 1 К бўлганда узатилган иссиклик миқдорини билдиради. Ушбу, иссиклик бериш коэффициентининг миқдори бир нечта параметрларга, яъни суюкликнинг ҳаракат режими w, унинг зичлиги ρ, ковушоклиги μ, солиштирма иссиклик сигими c, иссиклик ўтказувчанлик коэффициенти λ, ҳажмий кенгайиш коэффициенти β, деворнинг шакли ва ўлчамлари (труба диаметри d ва узунлиги L) ҳамда гадир-будурлиги e ва ҳоказоларга боғликдир.

Юкорида айтилганларни қуйидаги функция ҳолатида ёзиш мумкин:

$$\alpha = f\left(w, \rho, \mu, c, \lambda, \beta, d, L, e, ...\right) \qquad (6.53)$$

Умумий кўринишга эга бўлган иссиклик бериш коэффициенти тенгламаси кўринишидан содда бўлса ҳам, α ни аниклаш жуда мураккаб, чунки, (6.53) дан кўриниб турибдики, α жуда кўп параметрларга боглик. Шунинг учун, тажриба натижаларини ўхшашлик назарияси ёрдамида умумлаштириш йўли билан иссиклик бериш коэффициентини ҳисоблаш критериал формуласини келтириб чикариш мумкин.

Иссиклик бериш коэффициентини аниклаш учун суюкликда температура таксимланишини билиш зарур. Ундан ташкари, иссиклик алмашиниш жараёнини ҳисоблаш учун иссиклик бериш коэффициентини ўзгарувчи параметрлар билан боғлиқ тенгламасига эга бўлиши керак.

Бундай тенглама бўлиб конвектив иссиклик алмашинишнинг дифференциал тенгламаси хизмат килади. Лекин ушбу тенглама девор ва суюклик чегарасидаги шартларни характерловчи тенглама билан тўлдирилган бўлиши керак.

6.4.2. Конвектив иссиклик алмашинишнинг дифференциал тенгламаси (Фурье - Кирхгоф тенгламаси)

Маълумки, конвектив иссиклик алмашиниш жараёнида суюкликда иссиклик ҳам, иссиклик ўтказувчанлик, ҳам конвекция усулларида узатилади.

Иссиклик ўтказувчанлик (6.16) тенглама билан ифодаланади ва ушбу кўринишга эга:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \cdot \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right)$$

Ушбу тенгламанинг чап томонидаги нисбат суюклик (газ)дан ажратиб олинган кўзгалмас элемент температурасининг локал (маҳаллий) ўзгаришини ифодалайди.

Конвектив иссиклик алмашинишда ушбу элемент суюкликнинг бир нуктасидан иккинчисига кўчади. Бу ҳолатдаги элементнинг температура ўзгариши субстанционал ҳосила ёрдамида ифодаланиши мумкин. Агар элементнинг фазодаги x, y, z ўклар бўйича кўчишини w_x, w_y, w_z деб белгиласак, унда элемент температурасининг тўлик ўзгаришини характерловчи субстанционал ҳосила қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\partial t}{\partial x} + \frac{\partial t}{\partial x} w_x + \frac{\partial t}{\partial y} w_y + \frac{\partial t}{\partial z} w_z \qquad (6.54)$$

(6.54) тенгликдаги $\partial t/\partial \tau$ температуранинг локал (маҳаллий) ўзгариши, колган қўшилувчилар йиғиндиси эса температуранинг конвектив ўзгаришини ифодалайди.

Агар (6.16) тенгламанинг температурадаги локал ўзгаришини тўлик ўзгаришига (6.54) алмаштирсак, Фурье-Кирхгофнинг конвектив иссиклик алмашинишнинг дифференциал тенгламасини оламиз:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} + \frac{\partial t}{\partial x} w_x + \frac{\partial t}{\partial y} w_y + \frac{\partial t}{\partial z} w_z = a \cdot \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) \qquad (6.55)$$

Ушбу тенглама ҳаракатдаги суюкликда иссиклик энергиясининг бир вактда иссиклик ўтказувчанлик ва конвекция усулларида узатилишининг математик ифодаси. Конвектив иссиклик алмашиниш жараёнини тўла математик ифодалаш учун (6.55) тенглама девор юзаси ва ҳаракатдаги суюклик чегарасидаги шароитларни характерловчи тенглама билан тўлдирилиши зарур.

Маълумки, ҳаракатланувчи суюкликда жойлашган каттик жисм юзасида ҳар доим δ калинликка эга чегаравий катлам мавжуд бўлиб (6.11-расм), у оркали иссиклик энергияси иссиклик ўтказувчанлик усулида таркалади. Чегаравий катлам оркали суюклик окимининг ўзагига узатилган иссиклик микдори Фурье конуни асосида топилади:

$$dQ = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} dF d\tau$$

Ўтган dQ иссиклик микдорини Ньютон конуни ёрдамида ҳам ҳисобласа бўлади:

$$dQ = \alpha \left(t_w - t_f \right) dF d\tau$$

Охирги икки тенгламанинг ўнг кисмларини тенглаштириб, «девор-суюклик» чегара шароитларини характерловчи тенгламани оламиз:

$$-\lambda\frac{\partial t}{\partial n}=\alpha\left(t_w-t_f\right) \tag{6.56}$$

(6.55) ва (6.56) тенгламалар конвектив иссиклик алмашиниш жараёнини тўлик ифодалайди.

6.11-расмдан кўриниб турибдики, энг катта температура градиенти чегаравий катламда хосил бўлиб, иссиклик бериш жараёнининг интенсивлигини, асосан, унинг термик каршилигини белгилайди.

6.4.3. Конвектив иссиклик алмашинишнинг ўхшашлик критерий ва тенгламалари

Маълумки, юкорида келтириб чикарилган (6.55) ва (6.56) тенгламалар мураккаб конвектив иссиклик алмашиниш жараёнларини ифодалайди.

Ушбу тенгламаларни амалда учрайдиган жараёнларга қўллаш мумкин эмас, чунки ечимини топиш кийин.

Иссиклик алмашиниш жараёнларини амалий ҳисоблашда ўхшашлик назарияси усуллари ёрдамида (6.55) ва (6.56) тенгламалардан келтирилиб чикарилган критериал тенгламалари кенг микёсда ишлатилади.

Агар (6.56) тенгламанинг иккала кисмини чап кисмига бўлсак, ушбу ўлчамсиз комплексни олиш мумкин:

$$\frac{\alpha\left(t_w-t_f\right)\partial n}{\lambda\partial t}=\frac{\alpha\cdot\Delta t\,\partial n}{\lambda\partial t} \tag{6.57}$$

Олинган ўлчамсиз комплексда дифференциялаш белгиларини ўчириб, n ни l га алмаштириб ва кискартириш йўли билан ўлчамсиз иссиклик бериш коэффициенти бўлиб, иссиклик алмашиниш интенсивлигини белгиловчи ***Нуссельт*** сонини оламиз:

$$Nu=\frac{\alpha l}{\lambda} \tag{6.58}$$

бу ерда, α – иссиклик бериш коэффициенти, Вт/(м²·К); l – геометрик ўлчам, м; λ – мухитнинг иссиклик ўтказувчанлик коэффициенти, Вт/(м·К).

Нуссельт критерийси девор ва суюклик ўртасидаги чегарада иссиклик алмашиниш жараёни интенсивлигини характерлайди.

Ушбу критерий чегаравий катлам калинлиги δ нинг аникловчи геометрик ўлчам (труба учун унинг диаметри d) га нисбатини характерлайди.

Конвектив иссиклик алмашинишнинг дифференциал тенгламасидан:

$$\frac{\partial t}{\partial\tau}+\frac{\partial t}{\partial x}w_x+\Lambda=a\cdot\left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2}+\Lambda\right)$$

унинг хамма кўшилувчиларини $a\dfrac{\partial^2 t}{\partial x^2}$ га бўлиш йўли билан ушбу ўлчамсиз комплексни олиш мумкин:

$$\frac{\partial t\partial x^2}{\partial\tau a d^2 t}\qquad\text{ва}\qquad\frac{\partial\tau w_x\partial x^2}{\partial x a\partial^2 t}$$

Дифференциаллаш, белги ва йўналишларини ўчириш ва кискартириш йўли билан Фурье критерийсини:

$$Fo=\frac{a\tau}{l^2} \tag{6.59}$$

ва Пекле критерийсини

$$Pe=\frac{wl}{a} \tag{6.60}$$

келтириб чикарамиз.

Фурье критерийси нотурғун иссиқлик алмашиниш жараёнларида температура майдонининг ўзгариш тезлиги, муҳитнинг ўлчами ва физик катталиклари ўртасидаги боғлиқликларни характерлайди.

Пекле критерийси суюқлик оқимида конвекция ва иссиқлик ўтказувчанлик усуллари билан иссиқлик таркалиш нисбатини характерлайди.

Одатда, Пекле критерийси иккита ўхшашлик критерийларининг кўпайтмаси кўринишида келтирилади:

$$Pe = \frac{wl}{a} = \frac{wl}{\nu} \cdot \frac{\nu}{a} = \mathrm{Re} \cdot \mathrm{Pr}$$

Прандтл критерийси суюқлик ковушқоқлиги ва температура ўтказувчанлик хоссаларининг нисбатини ифода этади. Ушбу критерий факат суюкликларнинг диффузион – иссиқлик параметрлари ёрдамида аниқланади:

$$\mathrm{Pr} = \frac{\nu}{a} = \frac{\mu}{a\rho} = \frac{\mu g}{a\gamma} \qquad (6.61)$$

Прандтл критерийси муҳитнинг физик хоссаларини инобатга олади.

Грасгоф критерийси табиий конвекция жараёнидаги суюқлик оқимининг гидродинамик режимини характерлайди:

$$Gr = \frac{gl^3}{\nu^2}\beta \cdot \Delta t \qquad (6.62)$$

бу ерда, Δt – девор ва суюкликлар ўртасидаги температуралар фарки, К; β – суюкликнинг хажмий кенгайиш коэффициенти, g – эркин тушиш тезланиши, м/с^2.

Айрим ҳолларда Нуссельт критерийси ўрнига конвектив иссиқлик алмашиниш критерийси, Стентон критерийсини ҳам қўллаш мумкин:

$$St = \frac{Nu}{Pe} = \frac{\alpha}{c_p \rho w} \qquad (6.63)$$

Ушбу критерий иссиқлик бериш интенсивлигини суюқлик ва иссиқлик оқимига нисбатини аниқлайди.

Юкорида келтириб чикарилган ўхшашлик критерийлари конвектив иссиқлик алмашинишнинг ўхшашлик тенгламасини аниқлаш имконини беради:

$$f(\mathrm{Re}, Nu, \mathrm{Pr}, Fo, Gr) = 0 \qquad (6.64)$$

Ушбу тенгламада факат Нуссельт Nu сони аниқловчи бўлганлиги учун, (6.64) тенглама қуйидаги кўринишда ёзилади:

$$Nu = f(\mathrm{Re}, \mathrm{Pr}, Gr, Fo) \qquad (6.65)$$

Иссиқлик алмашиниш жараёнининг аник масалаларини ечишда (6.65) тенгламани анча соддалаштириш мумкин.

Турғун иссиқлик алмашиниш жараёнида тенгламадан Fo критерийси туширилиб колдирилади ва ушбу кўринишни олади:

$$Nu = f(\mathrm{Re}, \mathrm{Pr}, Gr) \qquad (6.66)$$

Суюкликнинг мажбурий ҳаракати даврида табиий конвекцияни инобатга олмаса ҳам бўлади ва унда тенглама Gr критерийси киритилмайди:

$$Nu = f(\mathrm{Re}, \mathrm{Pr}) \qquad \text{ёки} \qquad Nu = A\,Re^n \cdot Pr^m \qquad (6.67)$$

Суюкликнинг эркин ҳаракати (табиий конвекция) даврида тенгламадан Рейнольдс критерийси тушуриб колдирилади:

$$Nu = f(Gr, \mathrm{Pr}) \qquad \text{ёки} \qquad Nu = AGr^n \cdot \mathrm{Pr}^m \qquad (6.68)$$

6.5. Эркин конвекция даврида иссиклик бериш

Маълумки, иссик ва совук суюклик катламлари зичликларининг фарки таъсири остида эркин конвекция мавжуд бўлади. Зичликларнинг ушбу фарки, девор ва суюклик температуралар фаркига боғликдир. Девор шаклининг жараёнга таъсири иккиламчи бўлгани учун, иссиклик беришнинг ўхшашлик тенгламаси ушбу кўринишда ёзилади:

$$Nu = c(Gr \cdot \mathrm{Pr})^n \tag{6.69}$$

бу ерда, c ва n – суюклик харакати режимига, яъни $Gr \cdot Pr$ га боғлик бўлган константалар (6.3-жадвал)

6.3-жадвал

Режимлар		c	n
Ламинар	$(Gr \cdot Pr \le 10^{-3})$	0,45	0
	$(Gr \cdot Pr = 10^{-3} \ldots 5 \cdot 10^2)$	1,18	0,125
Ўтиш	$(Gr \cdot Pr = 5 \cdot 10^2 \ldots 2 \cdot 10^7)$	0,54	0,25
Турбулент	$(Gr \cdot Pr > 2 \cdot 10^7)$	0,135	0,33

Грасгоф критерийсида аникловчи геометрик ўлчам сифатида қуйидагилар кабул килинган: цилиндрик ва сферик жисмлар учун – диаметр; текис плиталар учун – баландлик.

Аникловчи температура сифатида - чегаравий катламнинг ўртача температураси $t = 0,5 \cdot (t_w + t_f)$ кабул килинган. Бу ерда, t_w – девор температураси, t_f – суюклик ўзагидаги температура. Грасгоф критерийсидаги температуралар фарки $\Delta t = t_w - t_f$ формулада ҳисобланади.

6.6. Мажбурий конвекция даврида иссиклик бериш

Труба ичида иссиклик элткичнинг иссиклик бериш коэффициенти куйидаги тенгламалардан аникланади:

турбулент режим учун ($Re > 10000$)

$$Nu = 0,021 \mathrm{Re}^{0,8} \cdot \mathrm{Pr}^{0,43} \left(\frac{\mathrm{Pr}}{\mathrm{Pr}_g} \right)^{0,25} \tag{6.70}$$

ўтиш режими учун ($2320 < Re < 10000$)

$$Nu = 0,008 \mathrm{Re}^{0,9} \cdot \mathrm{Pr}^{0,43} \tag{6.71}$$

ламинар режим учун ($Re \le 2320$)

$$Nu = 0,17 \cdot \mathrm{Re}^{0,33} \cdot \mathrm{Pr}^{0,43} \cdot Gr^{0,1} \left(\frac{\mathrm{Pr}}{\mathrm{Pr}_g} \right)^{0,25} \tag{6.72}$$

Трубалар ўрами мажбурий ҳаракатдаги кўндаланг йўналган иссиклик элткич билан ювилиб турган шароитда иссиклик бериш куйидаги формулалар ёрдамида ҳисобланиши мумкин:

$Re < 10^3$ бўлганда

$$Nu = 0,56 \cdot \mathrm{Re}^{0,5} \cdot \mathrm{Pr}^{0,36} \left(\frac{\mathrm{Pr}}{\mathrm{Pr}_g} \right)^{0,25} \tag{6.73}$$

$Re > 10^3$ бўлганда

$$Nu = 0,28 \cdot \mathrm{Re}^{0,6} \cdot \mathrm{Pr}^{0,36} \left(\frac{\mathrm{Pr}}{\mathrm{Pr}_g} \right)^{0,25} \tag{6.74}$$

Ушбу тенгламаларда аникловчи геометрик ўлчам бўлиб, каналларнинг эквивалент диаметри ҳисобланади.

Nu, Re ва Pr критерийларидаги физик параметрлар суюкликнинг ўртача температурасида, Pr_g эса деворнинг ўртача температурасида ҳисобланади.

$(Pr/Pr_g)^{0,25}$ иссиклик оқим йўналиши ва температуралар фаркининг иссиклик беришга таъсирини ҳисобга олувчи параметр.

Иссиклик элткичнинг змеевикда ҳаракат килганда иссиклик бериш коэффициенти α ни (6.70) формуладан ҳисобланган киймати змеевик ўлчамларини инобатга олувчи коэффициент χ га кўпайтирилади:

$$\chi = 1 + 3{,}54\frac{d}{D} \tag{6.75}$$

бу ерда, d – змеевик трубасининг ички диаметри, м, D – змеевик ўрамининг диаметри, м.

Ҳаво учун (6.70) формула қуйидаги кўринишга эга:

$$Nu = 0{,}018 \cdot \mathrm{Re}^{0.8} \tag{6.76}$$

чунки $Pr/Pr_g = 1$

Иссиклик элткич ҳалкасимон каналларда ҳаракат қилган даврида (масалан, «труба ичида труба» иссиклик алмашиниш қурилмасида) иссиклик бериш ушбу формуладан ҳисоблаб аникланиши мумкин:

$$Nu = 0{,}023 \cdot \mathrm{Re}^{0.8} \cdot \mathrm{Pr}^{0.4}\left(\frac{D_к}{d_т}\right)^{0,45} \tag{6.77}$$

бу ерда, $d_т$ – ички трубанинг ташки диаметри, м, $D_к$ – ташки трубанинг ички диаметри, м.

Иссиклик элткич кобик-трубали иссиклик алмашиниш қурилмасининг трубалараро бўшлиғида ҳаракат қилганда, иссиклик бериш энг кенг таркалган жараёндир. Ушбу ҳолатда иссиклик бериш коэффициенти қуйидаги формуладан аникланади:

$$Nu = C\left(\mathrm{Re}^{0.6} \cdot \mathrm{Pr}^{0.23} \cdot d_э\right) \tag{6.78}$$

бу ерда C = 1,16 ва 1,72 кийматларга тенг бўлиши мумкин.

Биринчи киймат қурилмада кўндаланг сегмент тўсиклар бўлмаган ҳол учун, иккинчиси эса сегмент тўсиклар ўрнатилган ҳол учун.

Қобик-трубали иссиклик алмашиниш қурилмаларида трубалар шахматли ёки йўлакли килиб жойлаштирилади.

Иссиклик элткич оқими трубалар ўрамини ташки томонидан ювиб ўтганда, иссиклик бериш коэффициенти ушбу формуладан ҳисоблаб топилиши мумкин:
трубаларнинг шахматли жойлашишида

$$Nu = 0{,}4 \cdot \mathrm{Re}^{0.6} \cdot \mathrm{Pr}^{0.36}\left(\frac{\mathrm{Pr}}{\mathrm{Pr}_g}\right)^{0,25} \tag{6.79}$$

трубаларнинг йўлакли жойлашишида

$$Nu = 0{,}27 \cdot \mathrm{Re}^{0.63} \cdot \mathrm{Pr}^{0.36}\left(\frac{\mathrm{Pr}}{\mathrm{Pr}_g}\right)^{0,25} \tag{6.80}$$

(6.79) ва (6.80) тенгламалар $Re = 200\ldots2\cdot10^5$ бўлган оралиқда қўлланилиши мумкин ва аник натижалар беради.

6.7. Иссиклик элткичнинг агрегат ҳолати ўзгаришида иссиклик бериш

Буғланиш, конденсацияланиш, кристалланиш ва эриш жараёнларида иссиклик алмашинишнинг ўзига хос хусусиятлари шундаки, муҳитдан иссикликнинг олиниши ёки унга узатилиши ўзгармас температурада рўй беради ва иккала фазада таркалади. 6.12-расмда иссиклик бериш жараёнида муҳитнинг агрегат ҳолати ўзгариши билан температурасининг ўзгариш схемаси келтирилган.

Иссиклик беришнинг бу ўзига хос хусусиятини конвектив иссиклик алмашинишнинг критериал тенгламаси фазавий ўзгариш критерийси ёки конденсацияланиш критерийси $K = r/c \cdot \Delta t$ (бу ерда r – буг хосил килиш иссиклиги, Ж/кг; c – солиштирма иссиклик сиғими, Ж/кг·К)ни киритиш йўли билан хисобга олинади.

Сув буғининг конденсацияланиш пайтидаги иссиклик алмашинишини ифодалаш учун ўхшашлик назарияси асосида келтирилиб чикарилган куйидаги критериал формуладан аниклаш мумкин:

$$Nu = f(Ga, \Pr, K) \tag{6.81}$$

бу ерда, $Ga = gl^3/\nu^2$ – Галилей критерийси; K – фазавий ўзгариш критерийси; Pr – Прандтл критерийси

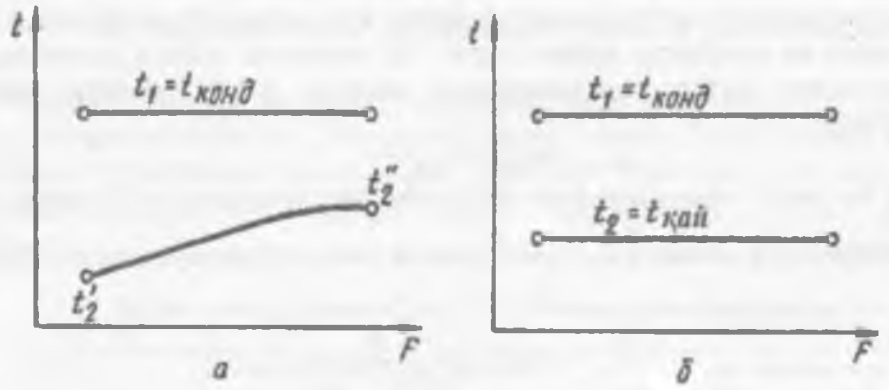
Кўпгина тажриба натижаларини кайта ишлаш натижасида (6.81) формулани куйидаги кўринишда ёзса бўлади:

$$Nu = C(Ga, \Pr, K)^{0,25} \tag{6.82}$$

Юпка катламли конденсацияланиш даврида иссиклик беришни конденсат юпка катламининг калинлиги чегаралайди. Буғнинг тезлиги юпка катламли конденсатни узиб олиш учун етарли бўлмайди ва бир хиллик шартларига кирмайди.

Юпка катламда конденсациялашнинг умумлаштирилган тенгламасидаги Re ва Fr критерийлари ўрнига $Ga = Re^2/Fr = gl^3/\nu^2$ критерийси киритилади. Бунга сабаб, Галилей критерийсининг буғ - конденсат икки фазали окимда оғирроқ фаза таъсир этувчи оғирлик кучларининг ўхшашлигини ифодалашидир. Ушбу ҳолатда конденсацияланиш пайтидаги иссиклик бериш коэффициенти куйидаги формула ёрдамида аникланади:

$$\alpha = C \sqrt[4]{\frac{\lambda^3 \rho^2 gr}{\mu \cdot l \cdot \Delta t}} \tag{6.83}$$



6.12-расм. Мухитнинг агрегат ҳолати ўзгариши билан иссиклик элткич температурасининг ўзгариш схемаси:

а - иссиклик элткич ўз иссиклигини агрегат ҳолати ўзгарганда узатмокда (тўйинган сув буғининг конденсацияланиш даврида). Бу ҳолатда,

$$\Delta t_{ур} = \frac{(t_1 - t_2) - (t_1 - t_2)}{\ln[(t_1 - t_2)/(t_1 - t_2)]}$$

б - иккала иссиклик элткичлар агрегат ҳолати ўзгарганда иссиклик алмашмокда. Бу ҳолатда $\Delta t = t_1 - t_2$.

Тўйинган буғнинг вертикал деворда конденсацияланиши ва конденсатни ламинар режимда юпка катламда окиб тушиш ҳолати учун (6.83) формуладаги C коэффициентининг киймати 2,04 эканлиги аникланди. Аникловчи ўлчам бўлиб, вертикал девор баландлиги H хизмат килади. Унда, иссиклик бериш коэффициенти α ни куйидаги формуладан ҳисоблаш мумкин:

$$\alpha = 2{,}04 \sqrt[4]{\frac{r\rho^2\lambda^3}{\mu \cdot \Delta t \cdot H}} \tag{6.84}$$

бу ерда, r – конденсацияланиш иссиклиги, Ж/кг, ρ – конденсат зичлиги, кг/м^3, λ – конденсат иссиклик ўтказувчанлиги, Вт/м·К, μ – конденсатнинг динамик ковушкоклик коэффициенти, Па·с, $\Delta t = t_{тўй} - t_{д}$ – тўйинган буг ва девор температуралари ўртасидаги фарк, °С, H – вертикал труба ёки девор баландлиги, м.

Конденсацияланиш иссиклиги r нинг киймати конденсация температурасидаги, конденсатнинг λ, ρ ва μ параметрлари $t_{ўрт} = 0{,}5(t_д + t_{тўй})$ да ҳисобланади.

Агар буғ горизонтал трубада конденсацияланса, (6.84) формула ушбу кўринишда ёзилади:

$$\alpha = 0{,}72 \sqrt[4]{\frac{r \cdot \rho^2 \lambda^3 g}{\mu \cdot \Delta t \cdot D}} \qquad (6.85)$$

бу ерда, D – трубанинг ташки диаметри, м.

Агар буғ труба ўрамида конденсацияланса, ўртача иссиклик бериш коэффициентини ҳисоблаш учун ушбу формулани қўллаш мумкин:

$$\alpha = 0{,}728\varepsilon_t \sqrt[4]{\frac{rg\rho^2\lambda^3}{\mu \cdot \Delta t \cdot D}} \qquad (6.86)$$

бу ерда, ε – трубаларнинг жойлаштирилиши (йўлакли ёки шахматли) га боғлик коэффициент

$$\varepsilon_t = \left[\left(\frac{\lambda_g}{\lambda}\right)^3 \frac{\mu}{\mu_g}\right]^{0{,}125} \qquad (6.87)$$

(6.78) даги λ_g ва μ_g лар конденсат тегиб турган девор температурасида ҳисобланади.

Муҳандислик ҳисобларда $\varepsilon_t = 0{,}55...0{,}68$ деб қабул қилиш мумкин.

Суюкликлар кайнаши пайтида иссиклик бериш жуда мураккаб жараёндир. Амалиётда энг кенг тарқалган ва учрайдиган қайнаш тури – бу пуфакчали кайнаш режимидир. Ушбу режимдаги иссиклик бериш коэффициентини аниклаш учун куйидаги тенгламадан фойдаланса бўлади:

$$Nu = 125\,\mathrm{Re}^{0{,}66} \cdot \mathrm{Pr}^{0{,}33} \qquad (6.88)$$

бу ерда, $Nu = \alpha l/\lambda$, $Re = wl/\mu$, l – чизикли ўлчам бўлиб, пуфакча радиусининг функцияси, м; w – буғ фазаси харакатининг ўртача тезлиги, м/с,

Одатда пуфакчалар диаметри 2...3 мм бўлади ва уни ушбу формуладан ҳисоблаб топиш мумкин:

$$d_п = 0{,}02 \cdot \left[\frac{\sigma}{g(\rho - \rho_б)}\right]^{0{,}5} \qquad (6.89)$$

Охирги критериал тенгламадан эркин ва мажбурий конвекция шароитида пуфакчали кайнаш жараёнида α ни ҳисоблаш учун куйидаги тенглама келтириб чикарилган.

$$\alpha = b \cdot \sqrt[3]{\frac{\lambda^2 \cdot q^2}{\nu \cdot \sigma \cdot T_{кип}}}$$

бу ерда, $b = 0{,}075 + 0{,}75\,(\rho_б/\rho - \rho_б)^{0{,}66}$ – ўлчамсиз коэффициент, ν – суюкликнинг кинематик ковушкоклиги коэффициенти, м^2/с, σ – сиртий таранглик коэффициенти, Н/м.

Эркин конвекция шароитида пуфакчали кайнаш режимида α ни аниклаш учун ушбу тенглама таклиф этилган:

$$\alpha = 7{,}77 \cdot 10^{-2} \cdot \left(\frac{\rho_б}{\rho - \rho_б}\right)^{0{,}033} \cdot \left(\frac{\rho}{\sigma}\right)^{0{,}033} \cdot \frac{\lambda^{0{,}75} \cdot q^{0{,}7}}{\mu^{0{,}45} \cdot c^{0{,}12} \cdot T_{кип}^{0{,}37}} \qquad (6.90)$$

бу ерда, $\rho_б$, ρ – буғ ва суюкликнинг зичликлари, кг/м^3; σ – суюклик ва буғни ажратиб турувчи чегарадаги сиртий таранглик, Н/м; λ – суюкликнинг иссиклик ўтказувчанлиги, Вт/м·К, $q = Q/F$ – солиштирма иссиклик юклама, Вт/м^2; μ – суюклик ковушкоклиги, Па·с, c – суюкликнинг солиштирма иссиклик сигими, Ж/(кг·К); $T_{кип}$ – тўйиниш температураси, К

Катта ҳажмда сувнинг кайнаш жараёнида иссиклик бериш коэффициентини тахминий ҳисоблаш учун қуйидаги формулани қўллаш мумкин:

$$\alpha = 2{,}72 \cdot q^{0{,}7} p_{абс}^{0{,}7}$$

$$\alpha = 2{,}72 \cdot q^{0{,}7} p^{0{,}4} \qquad (6.91)$$

бу ерда, p – босим, кг·к/см^2

(6.91) формулани $q = 0{,}4 \cdot q_{кр}$ ва $p_{абс}$= 0,2...10 кг·к/см^2 бўлган ораликда ишлатиш мумкин.

Турли иссиклик таркалиш ҳолатларида иссиклик бериш коэффициентининг сон кийматлари тўғрисида мухандис тасаввурга эга бўлиши керак.

6.4-жадвалда энг кўп учрайдиган иссиклик алмашиниш жараёнларининг тахминий иссиклик бериш коэффициентлари келтирилган.

6.4-жадвал

т/р	Иссиклик алмашиниш жараёни	α - иссиклик бериш коэффициенти, Вт/(м^2·К)
1.	Газларни иситиш ва совитиш (атмосфера босимида)	10...50
2.	Органик суюкликларни иситиш ва совитиш	50...1500
3.	Сувни иситиш ва совитиш	200...10000
4.	Сувнинг кайнаши	500...10000
5.	Сув бугларининг конденсацияланиши	4000...15000
6.	Органик суюклик бугларининг конденсацияланиши	500...2000

6.8. Иссиклик бериш коэффициентларининг сон кийматлари

Мухандис турли иссиклик таркалиш ҳолатлари учун иссиклик бериш коэффициентининг тахминий сон кийматларини тасаввур кила олиши керак. Қуйида келтирилган 6.5-жадвалда тез-тез учраб турадиган ҳолатлар учун конвектив иссиклик алмашиниш жараёни учун иссиклик бериш коэффициенти α нинг сон кийматлари келтирилган.

Нормал температурадаги ҳаво учун иссиклик бериш коэффициентлари

6.5-жадвал

т/р	Иссиклик алмашиниш жараёни	α - иссиклик бериш коэффициенти, Вт/(м^2·К)
1.	Табиий конвекция	5...12
2.	Мажбурий конвекция (труба деворида ва х.)	10...30
3.	Мажбурий конвекция (юза б-н иссиклик алмашиниш) насадка ва қўзғалмас донадор катламларда ва х.	20...50
4.	Мавҳум кайнаш катламида	200...400

Иссиклик элткич сифатида бошка газлар ишлатилганда (шу жумладан, ўзгача температурадаги ҳаво) иссиклик бериш коэффициенти газнинг иссиклик ўтказувчанлик коэффициенти λ боғлик бўлади, яъни

$$\frac{\alpha_2}{\alpha_1} = \left(\frac{\lambda_2}{\lambda_1}\right)^{0{,}66}$$

Труба ичида ёки ташкарисида сув (суюк ҳолатда) нинг тезлиги 0,3...2 м/с бўлиб мажбурий ҳаракатланганда иссиклик бериш коэффициенти қуйидаги ораликда α=1000...3000 Вт/(м^2·К) бўлади.

Сувли эритмалар учун иссиклик бериш коэффициенти эриган модда концентрациясига боғлик. Паст концентрацияларда эритманинг кийматлари сувнинг кийматидан кам фарклана-

ди. Лекин концентрация ортиши билан эритма (тузлар эритмалари) учун α нинг киймати кескин ўзгаради, яъни камаяди.

Органик суюкликлар эритмалари учун α нинг киймати сувникига караганда 5…7 маротаба кичик бўлади, чунки бу суюкликлар иссиклик ўтказувчанлик коэффициентлари 4…5, иссиклик сиғимлари эса 2 маротаба пастрокдир.

Технологик курилмаларда суюкликнинг кайнаш жараёнида иссиклик бериш коэффициентининг кийматлари жуда юкори α =5000…10000 Вт/(м^2·К) .

Ноорганик моддаларнинг сувли эритмаларининг иссиклик бериш коэффициентлари сувникига нисбатан пастрок, юкори концентрацияли эритмаларда фарк жуда сезиларли бўлади.

Конденсацияланаётган сув буғи учун иссиклик бериш коэффициентининг сон кийматлари α =7000…20000 Вт/(м^2·К).

Органик суюкликлар буғларининг конденсацияланиш жараёнида α коэффициентининг сон кийматлари ўн ва ундан ортик маротаба кичик бўлади. Бунга сабаб, органик суюкликларнинг иссиклик ўтказувчанлик коэффициенти ва конденсацияланиш иссиклиги сувникига караганда анча кичик. Айрим ҳолларда α нинг сон кийматига органик суюкликнинг динамик ковушкоклик коэффициенти ҳам таъсир этади, чунки баъзи бир органик суюкликларнинг динамик ковушкоклик коэффициенти μ сувникига нисбатан юкори.

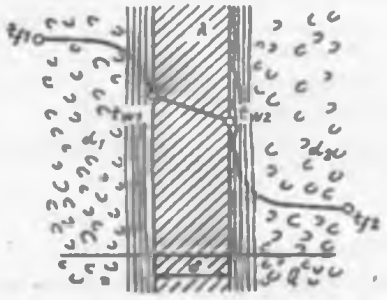
Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, айрим режимларда иссиклик бериш коэффициенти α нинг сон кийматлари юкорида кайд этилган ораликдан фаркланиши мумкин. Лекин шунга карамасдан, ушбу маълумотлар тахмин килиш имкониятини беради.

6.9. Иссиклик ўтказиш

Иссиклик алмашиниш жараёнларида кўпинча иссиклик энергияси бир суюкликдан иккинчисига уларни ажратиб турувчи девор оркали узатилади. Температураси юкори бўлган суюкликка девор оркали иссикликнинг узатилиши ***иссиқлик ўтказиш*** дейилади. Ушбу йўл билан узатилган иссиклик микдори иссиклик ўтказишнинг асосий тенгламасидан аникланади:

$$Q = K\Delta t_{ур} F \qquad (6.92)$$

бу ерда, K – иссиклик ўтказиш коэффициенти, Вт/(м^2·К), $\Delta t_{ур}$ – иссиклик ва совуклик элткичлар температураларининг фарки, К; F – ажратиб турувчи девор юзаси, м^2.



6.13-расм. Текис девор оркали иссиклик ўтказиш жараёнида температуранинг ўзгариш характери.

Текис деворнинг иссиклик ўтказиши. 6.13-расмда калинлиги δ ва материалининг иссиклик ўтказувчанлик коэффициенти λ бўлган текис девор тасвирланган.

Деворнинг бир томонидан температураси t_{f1} (оким ўзагида) бўлган иссиклик элткич, иккинчи томонидан эса температураси t_{f2} бўлган совуклик элткич окиб ўтмокда.

Девор юзаларининг температураси t_{w1} ва t_{w2}. Иссиклик бериш коэффициентлари α_1 ва α_2.

Турғун жараёнда F юза оркали биринчи иссиклик элткич ўзагидан деворга узатилаётган иссиклик микдори, девордан ўтган ва девордан иккинчи иссиклик элткич ўзагига узатилаётган иссиклик микдорига тенг бўлади.

Ушбу иссиклик микдорини куйидаги тенгламалардан топиш мумкин:

$$Q = \alpha_1 (t_{f1} - t_{w1}) \cdot F$$

$$Q = \frac{\lambda}{\delta}(t_{w1} - t_{w2}) \cdot F$$

$$Q = \alpha_2 (t_{w2} - t_{f2}) \cdot F$$

Юкорида келтирилган тенгламалардан қуйидаги ифодаларни олиш мумкин:

$$t_{f1} - t_{w1} = \frac{1}{\alpha_1} \cdot \frac{Q}{F}$$

$$t_{w1} - t_{w2} = \frac{\delta}{\lambda} \cdot \frac{Q}{F} \qquad (6.93)$$

$$t_{w2} - t_{f2} = \frac{1}{\alpha_2} \cdot \frac{Q}{F}$$

Тенгламалар чап ва ўнг томонларини қўшиш натижасида, ушбу кўринишга эришамиз:

$$t_{f1} - t_{f2} = \frac{Q}{F}\left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}\right) \qquad (6.94)$$

бундан:

$$Q = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \cdot (t_{f1} - t_{f2}) \cdot F \qquad (6.95)$$

(6.92) ва (6.95) тенгламаларни солиштириб, қуйидаги формулага эришамиз:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \qquad (6.96)$$

бу ерда, K – иссиклик ўтказиш коэффициенти, Вт/(м²·К).

Унда, текис девор учун иссиклик элткичнинг ўзгармас температураларида иссиклик ўтказиш тенгламаси ушбу кўринишни олади:

$$Q = KF\tau \cdot (t_{f1} - t_{f2}) \qquad (6.97)$$

узлуксиз жараёнлар учун эса:

$$Q = KF(t_{f1} - t_{f2}) \qquad (6.98)$$

(6.97) тенгламага биноан иссиклик ўтказиш коэффициентининг ўлчов бирлиги:

$$K = \left[\frac{Q}{F\tau(t_{f1} - t_{f2})}\right] = \left[\frac{Ж}{м^2 \cdot с \cdot К}\right] = \left[\frac{Вт}{м^2 \cdot К}\right]$$

(6.96) тенгламадан

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \qquad (6.99)$$

Шундай килиб, иссиклик ўтказиш коэффициенти K температураси юкори бўлган иссиклик элткичдан, температураси паст элткичга вакт бирлигида ажратувчи деворнинг 1м² юзасидан элткичлар температураси 1К бўлганда ўтказилган иссикликнинг микдорини билдиради.

Иссиклик ўтказиш коэффициентига тескари бўлган катталик ***термик қаршилик*** деб номланади. $1/\alpha_1$ ва $1/\alpha_2$ лар иссиклик беришнинг термик каршилиги бўлса, δ/λ деворнинг термик каршилиги. (6.99) тенгламадан кўриниб турибдики, иссиклик ўтказишнинг термик каршилиги иссиклик бериш ва деворнинг термик каршиликлар йиғиндисига тенг.

Деворнинг термик каршилигини аниклашда, унга ўтириб колган кўйка ва ифлосликларнинг термик каршилигини ҳам ҳисобга олиш зарур (6.6-жадвал).

$$r_{ифл.} = \frac{\delta_{ифл.}}{\lambda_{ифл.}}$$

Кўп катламли текис девордан иссиклик ўтиш жараёнида ҳар бир катламнинг термик каршилиги ҳисобга олиниши зарур. Бундай деворлар учун K ни қуйидаги тенгламадан аниклаш лозим:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^{n} \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} \qquad (6.100)$$

бу ерда, i – катламнинг тартиб раками; n – катламлар сони.

Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, хар доим иссиклик ўтказиш коэффициенти энг минимал иссиклик бериш коэффициенти кийматидан кичик бўлади.

$r_{ифл.}$ нинг тахминий кийматлари

6.6-жадвал

т/р	Иссиклик элткич	$r_{ифл.}, \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$
1	Сув	
	– дистилланган	0,00009
	– денгиз	0,00009
	– сифатли кудук, кўл, водопровод, дарё суви	0,00018
	– w<0,9 м/с	0,00035
	– w>0,9 м/с	0,00018
	– ифлосланган дарё суви	
	– w<0,9 м/с	0,00053
	– w>0,9 м/с	0,00035
2.	Нефть махсулотлари	
	– хом-ашё	0,00009
	– тоза (шу жумладан минерал мойлар)	0,00018
3.	Органик суюкликлар, тузли эритмалар, совуклик элткичлар (NH_3, фреонлар ва хоказо)	0,00018
4	Сув буги	0,00018
5.	Буглар	
	– органик суюкликники	0,00009
	– совук элткичларники	0,00035
6	Хаво	0,00035

Цилиндрик деворнинг иссиклик ўтказиши. Маълумки, саноатнинг турли соҳаларида иссиклик алмашиниш труба оркали ўтади (6.7-расм). Трубадан температураси t_1 бўлган суюклик ҳаракат килса, ташкарисидан эса – t_2 температурали суюклик окиб ўтсин, яъни $t_1 > t_2$ дан. Температураси юкори суюкликдан труба ички деворига иссиклик бериш коэффициенти α_1, ташки юзасидан совук суюкликка иссиклик бериш коэффициенти - α_2, труба баландлиги L, ички радиуси r_1 ва ташки радиуси r_2 бўлса, цилиндрик юзадан узатилган иссиклик миқдори қуйидагича аникланади:

$$Q = K_R 2\pi\tau \cdot (t_1 - t_2) \qquad (6.101)$$

Иссиклик ўтказиш коэффициенти K ни эса ушбу тенгламадан топилади:

$$K_R = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 r_1} + \frac{1}{\lambda} 2{,}3 \lg \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot r_2}} \qquad (6.102)$$

бу ерда, K_R – иссиклик ўтказишнинг чизикли коэффициенти, Вт/(м·К)

K нинг K_R дан фарки шундаки, K деворнинг юза бирлигига нисбатан олинса, иккинчиси K_R - труба узунлигининг бирлигига нисбатан олинади.

6.10. Иссиклик алмашиниш жараёнларини харакатга келтирувчи куч

Иссиклик алмашиниш жараёнларини ҳаракатга келтирувчи куч – иссиклик элткичларнинг температуралар фарки. Ушбу фарк таъсири остида иссиклик температураси юкори муҳитдан температураси паст муҳитга ўтади.

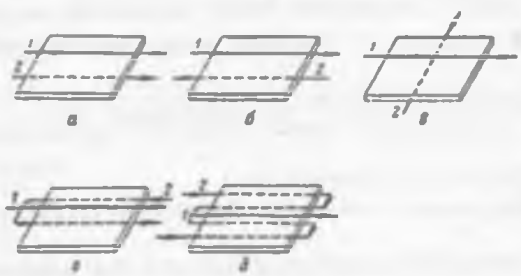
Ўзгармас температурада иссиклик ўтказиш жараёни жуда кам таркалган. Бундай жараёнларда бир трубанинг томонида буғ конденсацияланса, иккинчисида эса, суюклик кайнаши рўй беради. Лекин саноатда кўпчилик жараёнлар иссиклик элткичларнинг ўзгариши билан температуралари содир бўлади.

Одатда температура иссиклик элткичларни ажратиб турувчи девор юзаси F бўйлаб ўзгаради. Лекин вакт ўтиши билан иссиклик элткичнинг температураси ўзгармаслиги мумкин ва у $t = f(F)$ функция билан ифодаланади. Бундай ҳол турғун иссиклик алмашиниш жараёнини характерлайди.

Нотурғун иссиклик алмашиниш жараёнларида 2та ҳолат бўлиши мумкин:

– девор юзасининг ҳар бир нуктасида температура факат вакт ўтиши билан ўзгаради, яъни $t = f(\tau)$;

– иссиклик элткичнинг температураси вакт ўтиши ва девор юзаси бўйлаб ўзгаради, яъни $t > f(\tau,F)$.



6.14-расм. Иссиклик алмашиниш жараёнида суюкликларнинг ҳаракат йўналишлари:
а - параллел, б - карама - карши,
в - кесишиб ўтган, г, д - аралаш

Ўзгарувчан температурада иссиклик ўтказиш суюкликларнинг ҳаракат йўналишига боғликдир.

Узлуксиз ишлайдиган курилмаларда иссиклик алмашиниш жараёнида суюкликлар ҳаракати параллел, карама-карши, кесишиб ўтган ва мураккаб (аралаш) йўналишли бўлиши мумкин (6.14-расм).

Ажратиб турувчи девор бўйлаб бир-бирига нисбатан суюкликлар ҳаракатининг куйидаги вариантлари бўлиши мумкин:

1) параллел ҳаракатда (6.14а-расм) иккала иссиклик элткичлар ҳам бир хил йўналишда ҳаракат килади;

2) карама-карши ҳаракатда (6.14б-расм) иссиклик элткичлар бир-бирига карши йўналишда ҳаракат килади;

3) кесишиб ўтувчи ҳаракатда (6.14б-расм) иссиклик элткичлар бир-бирига нисбатан перпендикуляр йўналишда ҳаракат килади;

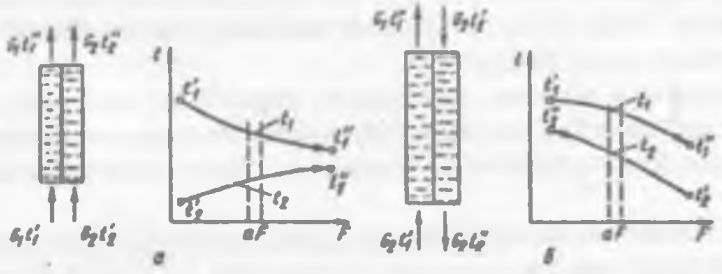
4) мураккаб ёки аралаш ҳаракатда (6.14г,д-расм) биринчи иссиклик элткич бир йўналишда ҳаракат килса, иккинчиси ҳам тўғри, ҳам тескари йўналишда ҳаракат килади.

Ўзгарувчан температурали жараёнларда иссиклик элткичларнинг ўзаро ҳаракат йўналишига караб, иссиклик алмашиниш жараёнининг ҳаракатга келтирувчи кучи ўзгаради. Шунинг учун, иссиклик ўтказишнинг асосий тенгламасидаги ўртача ҳаракатга келтирувчи куч суюкликларнинг бир-бирига нисбатан ҳаракат йўналишига ва жараённи ташкил этилишига боғлик бўлади.

6.15-расмда параллел ва карама-карши йўналишли ҳаракатлар пайтида иссиклик элткичлар температураларининг ўзгариши тасвирланган. Иссиклик элткичлардан бири G_1 совутилганда температураси t_1' дан t_1'' гача пасаймокда, иккинчиси эса G_2, иситилганда t_2' дан t_2'' гача кўтарилмокда.

6.16-расмда кобик - трубали иссиклик алмашиниш курилмаларида тез-тез учраб турадиган аралаш йўналишли суюкликлар ҳаракат схемалари келтирилган.

6.15-расмдан кўриниб турибдики, иссиклик алмашиниш жараёнида икки иссиклик элткичлар орасидаги ҳаракатга келтирувчи куч микдори девор юзаси бўйлаб ўзгармокда. Масалан, иссиклик элткичларнинг курилмага киришда, параллел йўналишда (6.15а-расм) локал ҳаракатга келтирувчи куч максимал кийматга эга: $\Delta t_{max} = t_1' - t_2'$, курилмадан чикишда эса, минимал $\Delta t_{min} = t_1'' - t_2''$. Қарама-карши йўналишли ҳаракатда ҳам худди шундай натижага эга бўламиз. Шунинг учун иссиклик алмашиниш жараёнларини ҳисоблашда ўртача ҳаракатга келтирувчи кучдан фойдаланилади.



6.15-расм. Иссиклик элткичлар температураларининг ўзгариши:
а - параллел йўналиш; б - карама - карши йўналиш

Иссиклик алмашиниш юзасининг чексиз кичик элементида вакт бирлигида иссик элткичдан совук элткичга узатилаётган иссиклик миқдори (6.15а-расм) ушбу тенгламадан аникланади: $dQ = K(t_1 - t_2)dF$.

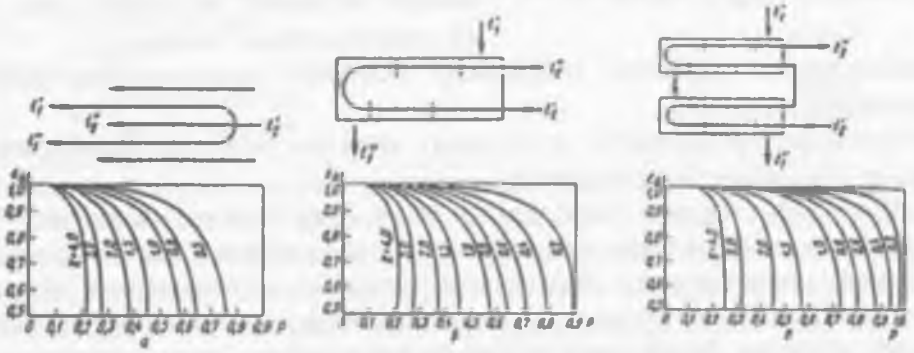
Иссиклик алмашиниш окибатида иссик элткичнинг температураси $dt_1 = -dQ/(G_1 c_1)$ га пасаяди.

Совук элткичнинг температураси эса $dt_2 = dQ/(G_2 c_2)$ га кўтарилади.

Бу ерда, G_1 ва G_2 – иссик ва совук элткичларнинг массавий сарфи; c_1 ва c_2 – иссик ва совук элткичларнинг солиштирма иссиклик сигимлари

Иссиклик элткичлар температурасининг ўзгаришини топиш учун биринчи тенгламадан иккинчисини айириш керак:

$$d(t_1 - t_2) = -dQ\left(\frac{1}{G_1 \cdot c_1} - \frac{1}{G_2 \cdot c_2}\right) \qquad (6.103)$$



6.16-расм. Аралаш йўналишли кобик - трубали иссиклик алмашиниш курилмасида иссиклик элткичларнинг харакат схемаси ва $\varepsilon\Delta t$ коэффициенти:
а - трубаларзаро бўшлиги бир ва трубалар бўшлиги эса икки, тўрт, олти ва ундан ортик йўлли; б - кўндаланг тўсикли трубалараро бўшлиги бир ва трубалар бўшлиги икки, тўрт, олти ва ортик йўлли; в - кўндаланг тўсикли трубалараро бўшлиги икки ва трубалар бўшлиги тўрт йўлли

Агар иссиклик ўтказишнинг асосий тенгламасининг dQ кийматини (6.103) га кўйсак, ушбу ифодага эга бўламиз:

$$\frac{d(t_1 - t_2)}{t_1 - t_2} = -K\left(\frac{1}{G_1 c_1} + \frac{1}{G_2 c_2}\right)dF \qquad (6.103а)$$

F юзали иссиклик алмашиниш курилмасида вакт бирлигида иссиклик элткичдан совук элткичга ўтган иссиклик миқдори Q, иссиклик баланси тенгламасидан топилади:

$$Q = G_2 c_2 (t_1' - t_1'') = G_2 c_2 (t_2'' - t_2') \qquad (6.104)$$

(6.104) тенгламадаги G_1c_1 ва G_2c_2 ларнинг кийматларини (6.103а) га қўйсак, ушбу кўринишни оламиз:

$$\frac{d(t_1 - t_2)}{t_1 - t_2} = -\frac{K}{Q}\left[(t_1' - t_1'') + (t_2'' - t_2')\right] \cdot dF \qquad (6.105)$$

(6.105) тенгламани ўзгармас K да интегралласак:

$$Q = KF\frac{(t_1' - t_2') - (t_1'' - t_2'')}{\ln\frac{t_1' - t_2'}{t_1'' - t_2''}} \qquad (6.106)$$

ёки:

$$Q = KF\frac{\Delta t_{max} - \Delta t_{min}}{\ln\frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}}} \qquad (6.107)$$

(6.106), (6.107) ва иссиклик ўтказишнинг асосий тенгламаларини солиштириш натижасида иссиклик ўтиш жараёнининг ўртача ҳаракатга келтирувчи кучини топиш мумкин:

$$\Delta t_{yp} = \frac{\Delta t_{max} - \Delta t_{min}}{\ln\frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}}} \qquad (6.108)$$

Ушбу ифода иссиклик элткичларнинг карама-карши йўналишли ҳаракати учун ҳам тааллуклидир.

Агар $\Delta t_{max}/\Delta t_{min} \leq 2$ ва иссиклик элткичларнинг тезлиги кичик бўлганда, температураларнинг фарки ўртача арифметик килиб ҳисобланади:

$$\Delta t_{yp} = \frac{(\Delta t_{max} + \Delta t_{min})}{2} \qquad (6.109)$$

Бу формулада ҳисоблаганда, хатолик 5% дан ошмайди.

Иссиклик элткичларнинг кесишиб ўтган ва аралаш йўналишли ҳаракатларида ўртача ҳаракатлантирувчи куч куйидаги формуладан аникланади:

$$\Delta t_{yp} = \varepsilon_{\Delta t}\frac{\Delta t_{max} - \Delta t_{min}}{\ln\frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}}} \qquad (6.110)$$

бу ерда, $\varepsilon_{\Delta t}$ – ўлчамсиз, коэффициент бўлиб, 6.16-расмдаги тегишли графиклардан топиш мумкин.

Графиклардаги P ва R катталиклар Боуман формуласидан фойдаланиб ҳам топилади:

$$P = \frac{t_2'' - t_2'}{t_1' - t_2'}$$

$$R = \frac{t_1' - t_1''}{t_2'' - t_2'} \qquad (6.111)$$

6-боб. Иссиклик ўтказиш бўйича

Мустакил тайёрланиш ва қайтариш учун саволлар

1. Иссиклик алмашиниш жараёнини таърифлаб беринг.
2. Иссиклик элткич деганда нима тушунилади?

3. Иссиклик алмашиниш қурилмалари деган терминга таъриф беринг.
4. Иссиклик алмашиниш қурилмаси ҳисобида кайси параметрлар топилади?
5. Иссиклик баланс нима?
6. Температура градиенти нима?
7. Фурье конунининг физик маъноси ва формуласини ёзинг.
8. Иссиклик ўтказувчанлик коэффициенти нимага боғлик ва ўлчов бирлиги?
9. Қайси агрегат ҳолатида жисмлар юкори иссиклик ўтказувчанлик коэффициентига эга?
10. Температура ўтказувчанлик коэффициентини ҳисоблаш формуласини ёзинг ва ўлчов бирлигини топинг?
11. Фурьенинг иссиклик ўтказувчанлик дифференциал тенгламасини ёзинг.
12. Текис девор иссиклик ўтказувчанлик формуласини келтириб чикаринг.
13. Цилиндрик девор иссиклик ўтказувчанлик формуласини келтириб чикаринг.
14. Шарсимон девор иссиклик ўтказувчанлик формуласини ёзинг.
15. Мураккаб шаклли девор учун иссиклик ўтказувчанлик формуласини ёзинг.
16. Пахта чигити учун иссиклик ўтказувчанлик формуласини ёзинг.
17. Иссиклик нурланиш таърифини беринг.
18. Электромагнит тўлкинлар турлари ва хоссалари.
19. Абсолют ок жисм нима ва унинг формуласини ёзинг?
20. Абсолют кора жисм нима ва унинг формуласини ёзинг?
21. Абсолют шаффоф жисм нима ва унинг формуласини ёзинг?
22. Кулранг жисм нима ва унинг формуласини ёзинг?
23. Стефан-Больцман конунининг физик маъноси ва формуласини ёзинг.
24. Кирхгоф конунининг физик маъноси ва формуласини ёзинг.
25. Ламберт конунининг физик маъноси ва формуласини ёзинг.
26. Конвектив иссиклик алмашиниш жараёнининг механизмини тушунтириб беринг.
27. Ньютон конунининг физик моҳияти ва формуласини ёзинг.
28. Иссиклик бериш коэффициентини аникланг ва ўлчов бирлигини келтириб чикаринг.
29. Нуссельт критерийси кайси кучлар нисбатини ифодалайди ва формуласини ёзинг?
30. Прандтл критерийси кайси кучлар нисбатини ифодалайди ва формуласини ёзинг?
31. Пекле критерийси кайси кучлар нисбатини ифодалайди ва формуласини ёзинг?
33. Фурье критерийси кайси кучлар нисбатини ифодалайди ва формуласини ёзинг?
35. Грасгоф критерийси кайси кучлар нисбатини ифодалайди ва формуласини ёзинг?
36. Галилей критерийси кайси кучлар нисбатини ифодалайди ва формуласини ёзинг?
37. Эркин конвекция жараёнида иссиклик бериш кайси формуладан топилади?
38. Мажбурий конвекция жараёнида иссиклик бериш кайси формуладан топилади?
39. Ламинар режимда иссиклик бериш кайси формуладан топилади?
40. Турбулент режимда иссиклик бериш кайси формуладан топилади?
41. Ўтиш режимида иссиклик бериш кайси формуладан топилади?
42. Иссиклик элткичнинг агрегат ҳолати ўзгарганда иссиклик бериш кайси формуладан топилади?
43. Иссиклик ўтказишнинг асосий тенгламасини ёзинг.
44. Текис деворнинг иссиклик ўтказиши кайси формуладан топилади?
45. Цилиндрик деворнинг иссиклик ўтказиши кайси формуладан топилади?
46. Иссиклик элткичларнинг кандай ҳаракат йўналишлари мавжуд?
47. Ўртача температуралар фарки кандай топилади?

ИССИҚЛИК АЛМАШИНИШ ҚУРИЛМАЛАРИ

6.11. Қурилмалар классификацияси

Маълумки, саноатнинг турли соҳаларида хилма-хил хомашё ва маҳсулотларни кайта ишлашда иссиклик алмашиниш жараёнлари ва уларни амалга оширувчи қурилмалар жуда кенг микёсда қўлланилади. Жараёнларни ўтказиш шартлари ва қурилмаларни қўллаш соҳасига караб, иссиклик алмашиниш қурилмаларнинг тузилиши турлича бўлади.

Ишлаш принципига караб иссиклик алмашиниш қурилмалари сиртий (рекуператив), регенератив ва аралаштирувчи (градирня, скруббер, аралаштирувчи конденсатор ва х.) қурилмаларга бўлинади.

Сиртий иссиклик алмашиниш қурилмаларида иссиклик элткичлар девор билан ажратилган бўлиб, уларда бир муҳитдан иккинчисига иссиклик ушбу девор оркали узатилади. Конструкциясига кўра сиртий иссиклик алмашиниш қурилмалари кобик - трубали, змеевикли, пластинали, спиралсимон, киррали, ғилофли, блок-графитли ва махсус иссиклик алмашиниш қурилмаларига бўлинади.

Регенератив иссиклик алмашиниш қурилмаларида бир иссиклик алмашиниш юзаси галма-гал иссик ва совук элткичлар билан ювилиб туради. Агар иссиклик алмашиниш юзаси иссик элткич билан ювилиб турса, муҳитнинг иссиклиги ҳисобига исийди, совуқ элткич билан ювилганда эса ўз иссиклигини беради. Шундай қилиб, иссиқлик алмашиниш юзаси иссиклик элткичнинг иссиклигини йигиб олади, сўнг эса совуқ элткичга беради.

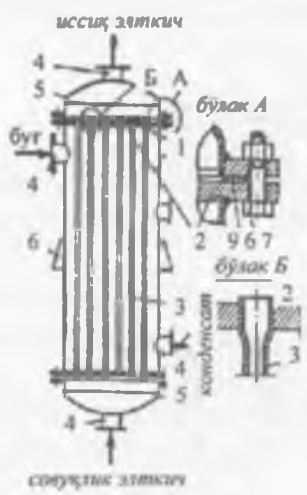
Аралаштирувчи иссиклик алмашиниш қурилмаларида иккала элткич бевосита ўзаро аралашиши пайтида иссиклик алмашади.

Иссиклик алмашиниш турига кўра қурилмалар иситкич, буғлаткич, совуткич ва конденсаторларга ажратилади.

6.11.1. Сиртий иссиклик алмашиниш қурилмалари

Конструкциясига караб ушбу турдаги қурилмалар кобик - трубали, «труба ичида труба», змеевикли, спиралсимон, ювилиб турувчи, пластинали, киррали, ғилофли, блок-графитли, шнекли ва ҳоказо бўлиши мумкин.

Кобик - трубали иссиклик алмашиниш қурилмалари халк хўжалигининг турли соҳаларида энг кенг таркалган ва кўп ишлатиладиган туридир.



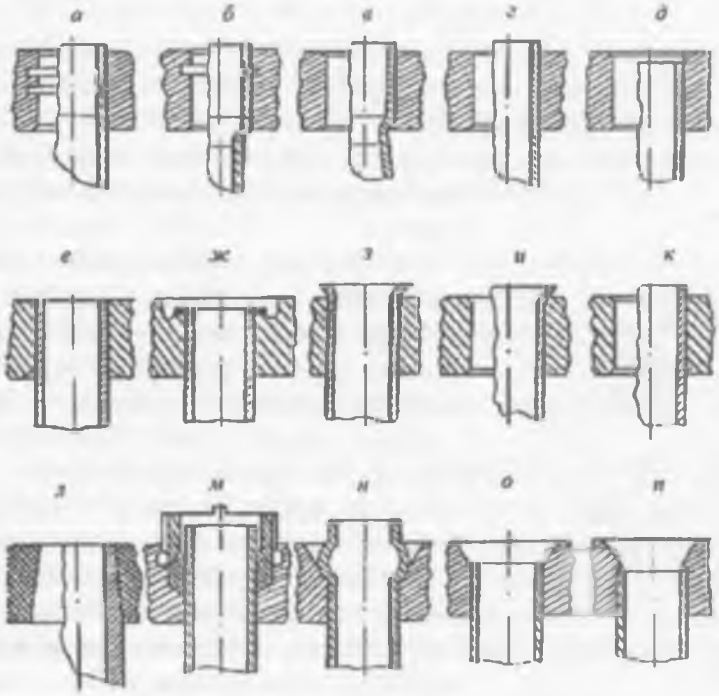
6.17-расм. Вертикал, бир йўлли кобик - трубали иссиклик алмашиниш қурилмаси:
1 - кобик, 2 - тешикли панжара; 3 - ситувчи трубалар, 4 - патрубок; 5 - копкок, 6 - таянч, 7 - болт, 8 - кистирма, 9 - обечайка

6.17-расмда трубаларнинг қўзғалмас тешик панжарали, бир йўлли, вертикал кобик-трубали иссиклик алмашиниш қурилмаси тасвирланган. Ушбу қурилма цилиндр кобик 1 ва унинг икки чеккасига иситувчи трубалар 3 маҳкамланган тешикли панжара 2 лардан таркиб топган. Трубалар ўрами иссиклик алмашиниш қурилмасининг бутун ҳажмини иккига бўлади: 1) труба бўшлиғи; 2) трубалараро бўшлик. Тешикли панжара 2 лар цилиндрик кобик 1 га пайвандлаш усулида маҳкамланади. Қурилма кобиғига болтли бирикма ёрдамида 2 та копкок маҳкамланади. Иссиклик элткичлар кириши ва чикиши учун цилиндрик кобик 1 ва копкок 5 ларда патрубкалар ўрнатилган. Иссиклик элткичлардан бири, масалан, суюклик, трубалар бўшлиғига йўналтирилса, у трубалар оркали ўтиб копкокнинг патрубкасидан чикиб кетади. Бошка иссиклик элткич окими эса, масалан, буғ, трубалараро бўшликка

йўналтирилади, иситувчи трубалар ташки юзасига ўз иссиклигини беради ва суюк агрегат холати (конденсат) га айланиб кобикнинг пастки патрубкасидан чиказиб юборилади. Мухитлар орасидаги иссиклик алмашиниш жараёни трубалар девори оркали амалга оширилади. Иситувчи трубалар тешикли панжарага пайвандлаш, развальцовка ва усулларда махкамланади (6.18-расм). Кўпинча, иситувчи трубалар пўлат, легирланган пўлат, мис, латун, титан ёки бошка материаллардан тайёрланиши мумкин.

Иситувчи трубалар 3 ни тешикли панжаралар 2 да махкамлашнинг энг кенг таркалган усули бу оддий развальцовкадир (6.18-расм). Вальцовка номли асбобда радиал йўналишда хосил килинадиган куч таъсирида труба деформацияга (диаметри ортади, яъни кенгаяди) учраб, тешикли панжарага зичланади ва махкамланади. Труба ўраминнинг тўр пардага мустахкам жойлаштиришга эришиш учун тешикли панжарада эни 2...3,5 мм ва чукурлиги 0,4...1,0 мм ли иккита халкасимон арикча килинади. Ундан ташкари, трубаларни тешикли панжараларга пайвандлаш, кавшарлаш, сальник ёрдамида хам махкамлаш мумкин. Сальник ёрдамида зичлаш мураккаб ва киммат. Бу усулда махкамлаш мухитлар температура фарки катта бўлганда, трубаларнинг бўйлама силжишига имкон беради, аммо бунда бирикма зичланиши бузулмайди.

Трубанинг кириш кисмини конуссимон развальцовка килиш, махаллий каршилик коэффициентини сезиларли даражада пасайтиради. Бу эса, ўз навбатида кириш кисмининг емирилиш олдини олади. Агар трубалар тебраниш, циклик кизишга, температуралар катта ўзгариши ёки уларнинг учлари иссиклик таъсирида ўта исиб кетиш холлари юз берадиган бўлса, унда трубаларнинг учи албатта тешикли панжарага пайвандланиши зарур. Пайвандлаш чоки чўктирилган, валик ва арикчада валик холида, хамда арикча ва тишли кўринишларда бўлиши мумкин. Одатда, калин деворли трубаларни пайвандлаш максадга мувофикдир. Агар трубалар кучланиш остида ишлатиладиган бўлса, портлатиб пайвандлаш тавсия этилади. Ушбу усулда трубаларни махкамлаш учун портлатиш заряд куввати катта, тешикли панжаранинг ташки юзаси раззенковка килишини ва панжара ташкарисига труба учлари кўп чикиб туриши керак.



6.18-расм. Трубаларни тешикли панжараларга махкамлаш усуллари:
а - иккита арикчага развальцовка килиш; б - битта арикчага развальцовка килиш; в - пайвандлаш ва развальцовка килиш; г,д - пайвандлаш; е, ж - арикчали ва тишли пайвандлаш; з - кириш кисмини конуссимон развальцовка килиш; и - текис тешикка развальцовка килиш ва буклаш; к - кавшарлаш; л – елимлаш; м - сальник билан зичлаш; н - портлатиб пайвандлаш; о - тешикли панжара ташки томонини конуссимон раззенковка килиш;
п - тешикли панжаранинг ташки томони аста-секин силлик, торайтириб развальцовка килиш

Бу усулда труба тешикли панжарага ўта мустаҳкам ҳолатда бириктирилади. Агар трубанинг бир учи панжарага ушбу усулда портлатиб пайвандланса, иккинчи учи эса портлатиб развальцовка килинса, энг юкори мустаҳкамликка эришса бўлади.

Ҳозирги кунда трубаларни тешикли панжарага маҳкамлашнинг энг замонавий, илғор технологияси – бу портлатиб вальцовка килишдир. Бунда, портлатувчи заряд труба ичида, яъни учида жойлаштирилади. Сўнг эса, заряд капсюль ёрдамида портлатилади. Натижада, портлаш энергияси трубани радиал йўналишда деформация килади ва тешикли панжара билан труба мустаҳкам бирикма ҳосил килиб уланади. Бу усулдаги бирикма, развальцовка усулиникига караганда анча мустаҳкамрок бўлади. Портлатиб пайвандлаш усулини трубаларни таъмирлаш учун ҳам қўллаш мумкин. Трубаларни тешикли панжарага электрогидравлик маҳкамлаш ва бириктириш усули ҳам мавжуд.

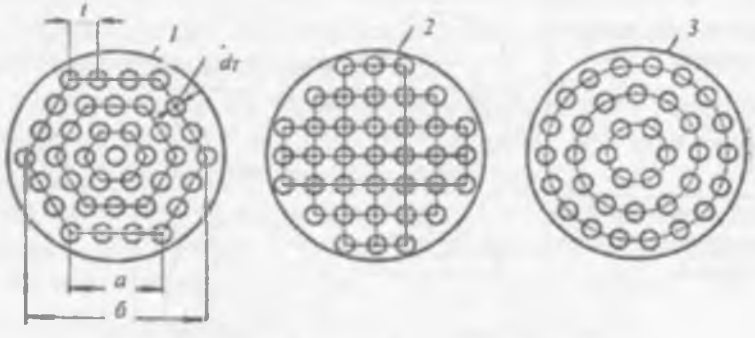
Қобик - трубали иссиклик алмашиниш курилмаларида труба тешикли панжарага куйидаги усулларда жойлаштирилиши мумкин (6.19-расм): тўғри олтибурчак чўкки ва кирралари ёки тенг ёнли учбурчак бўйлаб; концентрик айланалар бўйлаб; квадрат чўкки ва томонлари бўйлаб; шахматли кўринишда (бир ва ҳар хил кўндаланг кадамли).

Ушбу усулларда трубаларни иссиклик алмашиниш курилмасида жойлаштириш, курилманинг ихчам бўлиш шарти билан белгиланади. Ундан ташкари, ҳар бир курилмага иложи борича кўпрок труба жойлаштиришга ҳаракат килинади.

Кимё машинасозлигида тўғри олтибурчак томонлари ва чўккаларида трубаларни жойлаштириш кенг таркалган. Трубалар сонини аниклашга куйидаги формула тавсия этилади:

$$n = 3a \cdot (a-1) + 1 \qquad (6.112)$$

бу ерда, a – энг катта олтибурчак томонидаги трубалар сони, $a = 2a\text{-}1$ – энг катта олтибурчак диагоналидаги трубалар сони.



6.19-расм. Труба тешикли панжарасида трубаларни жойлаштириш схемаси:
1 - тўғри олтибурчак томонлари ва чўккиларида,
2 - квадрат томонлари ва чўккиларида,
3 - концентрик айланалар бўйлаб

Агар трубалар тешикли панжарага развальцовка усулида маҳкамланса, унда трубаларни жойлаштириш кадами t ни, ташки диаметрига d_m караб, ушбу ораликдан танланади:

$$t = (1{,}3\text{K}\ 1{,}5) \cdot d_T \qquad (6.113)$$

Пайвандлаб маҳкамлашда эса - $t = 1{,}25 \cdot d_T$.

Иссиклик алмашиниш курилмасининг диаметри куйидаги тенгламадан топилади:

$$D = t \cdot (b-1) + 4d_T \qquad (6.114)$$

Трубаларнинг узунлиги зарур иссиклик алмашиниш юзаси F ва трубанинг ўртача диаметри d_{yp} лардан келиб чиккан ҳолда ушбу формулада ҳисобланади:

$$l = \frac{F}{\pi \cdot n \cdot d_{yp}} \qquad (6.115)$$

Қобик - трубали иссиклик алмашиниш курилмаларида иссиклик элткичларнинг йўналиши параллел ёки карама - карши бўлади. Иссик элткич курилманинг юкори кисмидан трубалараро бўшликка, совук элткич эса, пастки кисмидан трубалар ичига юборалади. Тем-

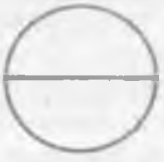
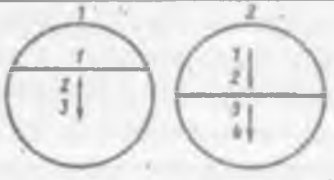
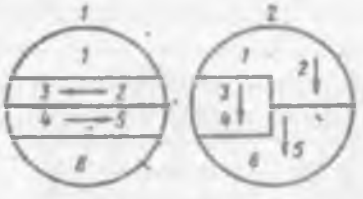
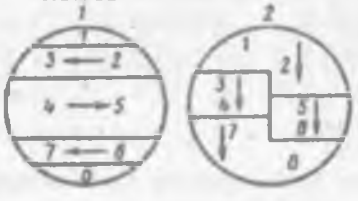
ператураси ортиши билан совук элткичнинг зичлиги камаяди ва юкорига караб кўтарилади. Агар суюкликлар сарфи кўп бўлса, улар тезлиги юкори ва иссиклик алмашиниш жараёни интенсив бўлади. Суюкликлар карама - карши йўналишида улар тезликлари бир хилда таксимланиб, курилма бутун кўндаланг кесимида иссиклик алмашиниши ўзгармас бўлади.

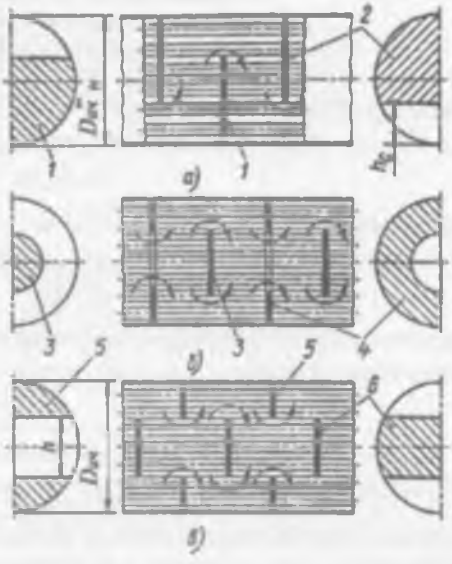
Трубалар бўшлиғидаги тўсиклар. Иссиклик алмашиниш жараёнининг тезлигини ошириш учун икки ва ундан ортик йўлли иситкичлар кўлланилади.

Икки ва ундан ортик йўлли курилмаларда трубаларни секцияларга ажратиш учун ёки суюкликнинг харакат йўли сонига караб курилманинг копкоғи билан труба тешикли панжарасининг орасига тўсиклар ўрнатилади (6.7-жадвал).

Копкоклар бўшлиғида тўсикларни жойлаштириш схемаси

6.7-жадвал

Тўсиклар	Схема	Йўллар сони
Биринчи копкокда битта, иккинчисида эса бўлмайди		2
Хар битта копкокда биттадан бўлади.		4
Биринчи копкокда 3 та, иккинчисида эса 4 та бўлади.		6
Биринчи копкокда 4 та, иккинчисида эса 5 та бўлади		8



а) сегментли

б) диск-халкали

в) икки томонлама сегментли

6.20-расм. Кобик трубали иссиклик алмашиниш курилмаларида кўлланиладиган кўндаланг тўсиклар.

Бунинг натижасида суюқлик оқими учун йўллар сони, яъни иссиқлик алмашиниш юзаси ортади.

Шунга алоҳида эътибор бериш керакки, ***ҳар бир секциядаги трубалар сони бир хил бўлиши зарур.*** Икки ва ундан ортиқ йўлли қурилмаларда бир йўналишлига қараганда, суюқликларнинг тезлиги йўллар сонига қараб пропорционал равишда ўзгаради.

Лекин шуни унутмаслик керакки, йўллар сони ортиши билан қурилманинг гидравлик қаршилиги ҳам ортади ва тузилиши мураккаблашади.

Қопқоқ бўшлиғида ўрнатиладиган тўсиқларнинг қалинлиги копқоқ диаметрига боғлиқ. Кам легирланган ва углеродли пўлатлардан тайёрланган тўсиқларнинг қалинлиги 9...16 мм, мис ва никель қотишмалардан ясалганларники эса 6...13 мм бўлади. Қопқоқ ва тўсиқларнинг материали ҳар доим бир хил бўлиши шарт. Одатда, тўсиқлар копқоқларга пайвандланади ёки копқоқ билан бир бутун, яхлит қилиб қуюлади.

Трубалараро бўшлиқдаги тўсиқлар. Маълумки, иссиқлик алмашиниш қурилмаларида биринчи муҳит трубалар ичида ҳаракат қилса, иккинчиси – трубалараро бўшлиқда. Агарда трубалар ўрами кўндаланг ҳаракатланаётган иссиқлик (ёки совуқлик) элткич оқими билан ювилиб турилса, иссиқлик бериш бўйлама ҳаракатланаётганга қараганда, анча интенсив бўлади [52,53,58,61-66].

Трубалар ўрамининг эгилиши ва тебранишини ҳамда трубалараро бўшлиқдаги трубаларнинг кўндаланг оқим билан ювилиб туришини ташкил этиш мақсадида ва кобик ичида кўндаланг тўсиқлар ўрнатилади.

Кимё саноатида энг кўп қўлланиладиган бир томонли 1 ва 2 сегмент тўсиқлар (6.20а), диск-ҳалқа типидаги 3 ва 4 тўсиқлар (6.20б-расм) ва икки томонли 5 ва 6 сегмент тўсиқлар (6.20в-расм). Ундан ташқари, труба ўрамини ёпувчи уч томонлама жойлаштириладиган ва бошқа турдаги сегмент тўсиқлар ишлатилади.

Босим йўқотилиши Δp ни камайтириш мақсадида икки томонлама ва уч томонлама жойлаштириладиган сегмент тўсиқлар қўлланилади. Бу икки турдаги тўсиқлар Δp йўқотилишини 60...100% га пасайтириш имконини беради.

Тўсиқдан кесиб олинган қисми орқали суюқлик бир бўлимдан иккинчисига оқиб ўтади. Унинг баландлиги h нинг кобик диаметри $D_{кк}$ га нисбати одатда қуйидаги сон қийматларига:

бир томонлама сегмент тўсиқ учун $h/D_{кк} = 0{,}15...0{,}4$;

икки томонлама сегмент тўсиқ учун $h/D_{кк} = 0{,}2...0{,}3$.

Кўндаланг тўсиқлар бир қаватли ёки бир неча перфорация қилинган листлардан йиғилган бўлиши мумкин. Одатда, битта листнинг қалинлиги δ = 1,5...2 мм бўлади.

Қуйидаги жадвалда тўсиқлар умумий қалинлиги $\Sigma\delta$ нинг кобик диаметри $D_{кк}$ ва трубалар узунлиги L га боғлиқлиги келтирилган.

Кобикнинг ички диаметри $D_{кк}$, мм	<325	<355	<355 (>1550)	>1550
Трубанинг таянчсиз узунлиги L, мм	<610	610...1524	>1524 (<610)	>1524
Тўсиқлар умумий қалинлиги $\Sigma\delta$, мм	3...4	4...9	9...10	19..20

Кўп йўлли, кобик-трубали иссиқлик алмашиниш қурилмаси. 6.21-расмда тўрт йўлли қурилма тасвирланган.

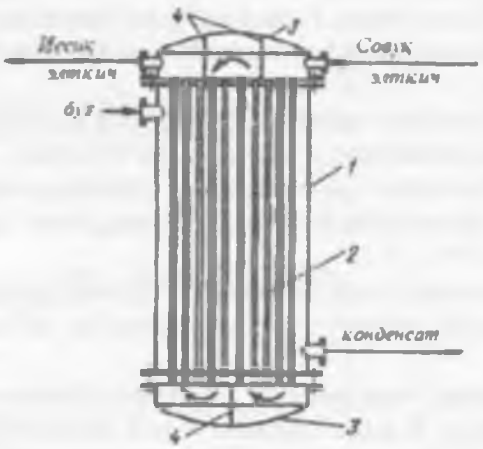
Трубалар бўшлиғи секцияланиши туфайли, секциядаги трубалар сони бутун қурилманикига қараганда камаяди. Бу эса, суюқлик оқими ҳаракатланадиган кўндаланг кесим юзаси камайишига ва иссиқлик элткич тезлигининг ортишига олиб келади.

Масалан, тўрт йўлли қурилмада, бир йўлликка қараганда суюқликнинг тезлиги тўрт марта кўп бўлади. Ушбу ҳол эса, трубалар бўшлиғида иссиқлик бериш коэффициентини ўсишига сабабчи бўлади.

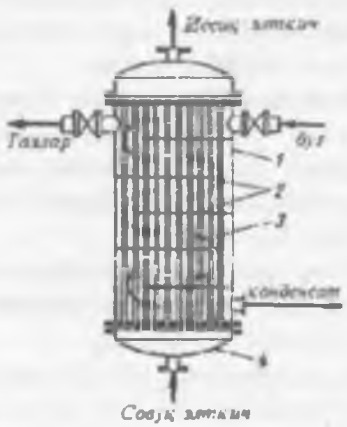
Шуни назарда тутиш керакки, ҳар доим термик каршилиги юкори иссиклик элткичнинг тезлигини ошириш максадга мувофикдир.

Трубалараро бўшликда суюклик окими тезлигини ва ҳаракат йўлини узайтириш максадида сегмент тўсиклар ўрнатилади (6.22-расм).

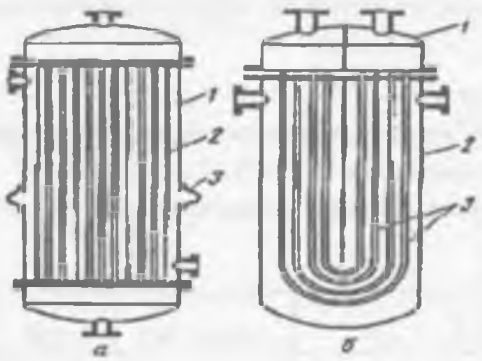
Горизонтал иссиклик алмашиниш курилмаларида ушбу сегмент тўсиклар труба ўрами учун оралик таянчлар вазифасини ҳам бажаради. Одатда горизонтал курилмалар кўп йўлли килиб ясалади ва уларда суюкликлар тезлиги юкори бўлади. Бундай килишдан максад, температура ва зичликлар фарки остида суюкликларни катламларга ажралиб ҳамда ҳаракатсиз зоналар ҳосил килмаслигини таъминлашдир.



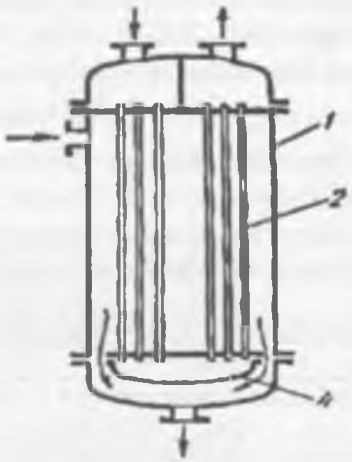
6.21-расм. Кўп йўлли иссиклик алмашиниш курилмаси (труба бўшлиги буйича).
1 - кобик; 2 - иситувчи труба;
3 – копкок; 4 - тўсик



6.22-расм. Кўп йўлли иссиклик алмашиниш курилмаси (трубалараро бўшлик буйича).
1-кобик, 2 - тўсик, 3 - иситувчи труба, 4 - копкок.



6.23-расм. Температура кучланишини компенсацияловчи иссиклик алмашиниш курилмаларининг тузилиши:
а - линза компенсаторли: 1 - кобик, 2 - иситувчи труба, 3 - линзали компенсатор.
б - U-симон трубали: 1 - копкок, 2 – кобик,
3 - U-симон иситувчи трубалар.



6.24-расм. Ҳаракатчан калпокчали иссиклик алмашиниш курилмаси:
1 - кобик, 2 - иситувчи трубалар,
3 - ҳаракатчан калпокча.

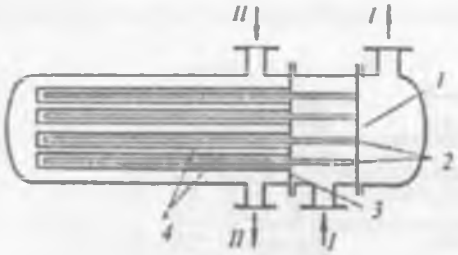
Агар иссиклик алмашиниш курилмаси кўзгалмас тешик панжара тузилиши, кобик ва трубалар температураларининг ўртача фарки 50°С дан катта бўлса, кобик ва трубалар узайиши ҳар хил бўлади. Бу ҳол ўз навбатида тешикли панжарада катта кучланишлар ҳосил килади

ва панжарадаги трубалар зичланишини, пайванд чокларини бузади ва йўл қўйиб бўлмайдиган иссиклик элткичлар аралашишига
олиб келади. Шунинг учун, температуралар фарки катта бўлганда, температура таъсирида узайишини компенсация киладиган иссиклик алмашиниш қурилма конструкциялари қўлланилади.

Линза компенсаторли иссиклик алмашиниш қурилмаси. Ушбу турдаги курилмалар суюкликлар температура фарки катта бўлганда ишлатилади. Линзали компенсаторлар температура деформациясини бартараф килади. Бу турдаги курилмалар труба ва трубалараро бўшликларида босимлар $P \leq 6 \cdot 10^6$ Н/м^2 бўлганда ишлатилади (6.23а-расм).

Линзали компенсатор иссиклик алмашиниш қурилмалар кобиғига пайвандлаб қўйилади ва эластик деформация остида сикилади ёки узаяди. Бундай қурилмалар тузилиши содда ва ихчам. Ундан ташкари, вертикал килиб ясалган линза компенсаторли курилмалар кўп жой эгалламайди.

U-симон трубали иссиклик алмашиниш қурилмаси. Бундай қурилмаларда битта тешикли труба панжараси бўлиб, U-симон трубанинг иккала учи унга маҳкамланади. Шуни алоҳида айтиш керакки, трубаларнинг ўзи компенсацияловчи мослама функциясини бажаради (6.23б-расм). Қурилма тузилиши содда ва трубаларнинг ташки юзасини тозалаш осон. Ундан ташкари, икки ва ундан ортик йўлли бўлгани учун иссиклик алмашиниш жараёни интенсив бўлади. Трубаларнинг ички юзасини тозалаш кийин ва тешикли панжарада кўп микдорда трубалар жойлаштириш мураккаб.



6.25-расм. Қўшалоқ трубали қобиқ - трубали иссиклик алмашиниш қурилмаси:
1, 3 - тешикли панжара; 2 - ички труба; 4-ташки труба.

Ҳаракатчан калпоқчали иссиклик алмашиниш қурилмаси. Труба ва кобикнинг катта силжишини таъминлаш зарур бўлган ҳолларда ҳаракатчан калпоқчали иссиклик алмашиниш қурилмаларидан фойдаланилади (6.24-расм).

Қурилманинг пастки тешикли труба панжараси ҳаракатчан бўлганлиги учун бутун трубалар ўрами кўзғалмас кобикка нисбатан мустақил, эркин ҳаракат кила олади. Бу эса хавфли бўлган трубалар температура деформацияси, уларнинг тешикли панжара билан зичланишининг бузилиши олдини олиш имкониятини беради. Лекин шуни кайд килиш керакки, температура таъсирида узайишини компенсация килиш, курилмани мураккаблашиши ва оғирлашиши ҳисобига эришилади.

Қўшалоқ трубали иссиклик алмашиниш қурилмаси. Қурилманинг бир томонида иккита тешикли труба панжараси ўрнатилган бўлади (6.25-расм).

Тешикли панжара 1 да кичик диаметрли иккала учи очик трубалар ўрами 2 маҳкамланса, панжара 3 да эса, катта диаметрли чап учи ёпик трубалар маҳкамланади. Ички труба ташки трубанинг ўртасида жойлашиши шарт. Муҳитлардан бири I қурилманинг ички 2 ва ташки 4 трубалари ҳосил килган ҳалкасимон бўшлик оркали ҳаракатланиб, труба 2 оркали трубалараро бўшликдан чикариб юборилади. Иккинчи муҳит II эса, юкоридан пастга караб қурилманинг трубалараро бўшлиғидан ҳаракат килади ва труба 4 нинг ташки юзасини ювиб чикиб кетади.

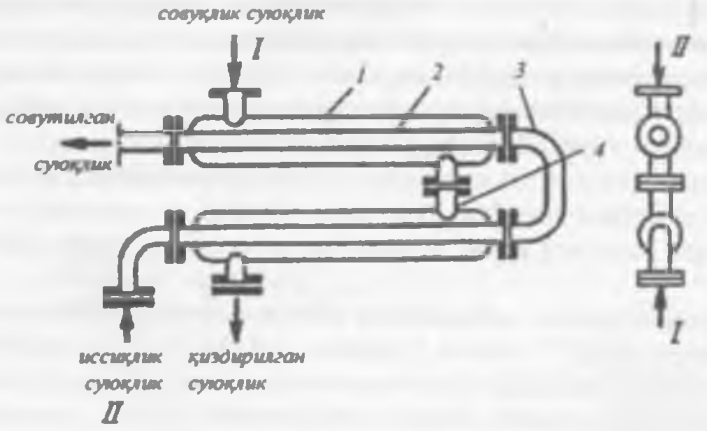
Бундай қурилмаларда температура таъсирида трубалар бир-биридан бевосита исталган микдорда узайиши мумкин.

Қўшалок трубали иссиклик алмашиниш курилмаларининг афзалликлари: содда, трубалараро бўшликда юкори босимларни қўллаш мумкин ва карама - карши йўналишли кобик - трубали қурилмага ўхшаб ишлайди.

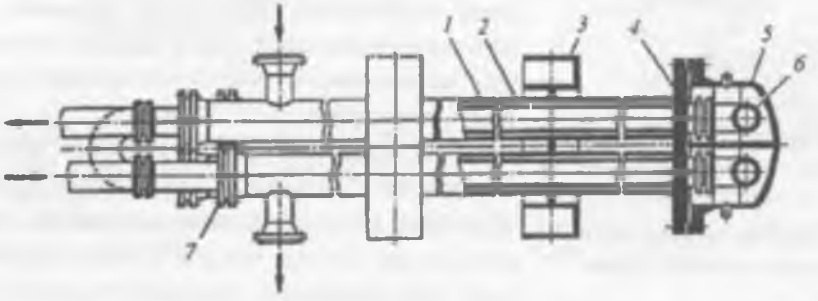
Камчиликлари: оддий кобик - трубали иссиклик алмашиниш курилмасига нисбатан ўлчами катта ва нархи киммат.

Қобик - трубали иссиклик алмашиниш курилмалари суюклик ва конденсацияланаётган буғ орасида иссиклик алмашиниш учун қўлланилади. Одатда суюк фаза трубалар ичига йўналтирилади, буғ эса трубалараро бўшликка.

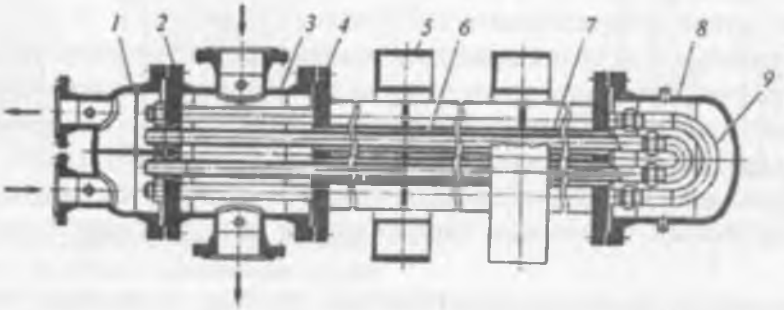
Қобик - трубали иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг афзалликлари: ихчам, металл сарфи кам, U-симон трубали қурилмадан ташқари ҳамма қурилмалардаги трубалар ичини тозалаш нисбатан осон.



6.26-расм. «Труба ичида труба» типидаги ажралмас, бир оқимли иссиқлик алмашиниш қурилмаси:
1 - ташқи труба; 2 - ички труба; 3 - калач; 4 - патрубка; I, II - иссиқлик элткичлар.



6.27-расм. «Труба ичида труба» типида ажралувчан, бир оқимли иссиқлик алмашиниш қурилмаси:
1-иссиқлик алмашиниш трубаси; 2-труба-кобик; 3-таянч; 4-кобик-труба тешикли панжараси; 5-бурилиш камераси; 6-қўшалоқ труба.



6.28-расм. «Труба ичида труба» типидаги ажралувчан, кўп оқимли иссиқлик алмашиниш қурилмаси:
1-биринчи таксимлаш камераси; 2-трубалар тешикли панжараси; 3-иккинчи таксимлаш камераси; 4-труба-кобик тешикли панжараси; 5-таянч; 6-иссиқлик алмашиниш трубаси; 7-труба-кобик; 8-бурилиш камераси; 9-қўшалоқ труба.

Камчиликлари: иссиқлик элткичлар тезлигини ошириш мураккаб (кўп йўлли қурилмалардан ташқари); трубалараро бўшлиқни тозалаш қийин; трубалараро бўшлиқни кузатиш ва таъмирлаш учун имкониятлар чегараланган; развальцовка ва пайвандлашга мойил бўлмаган материаллардан, бу турдаги қурилмаларни ясаш мураккаб.

«Труба ичида труба» типидаги иссиклик алмашиниш курилмаси бир нечта элементлардан таркиб топган бўлади (6.26-расм).

Ҳар бир элемент катта диаметрли ташки труба 1 (одатда 25...159 мм) ва концентрик жойлаштирилган ички труба 2 (одатда 57...219 мм) лардан ташкил топган. Совуклик элткич I труба ичида ҳаракатланса, иссиклик элткич II трубалараро бўшликда ҳаракатланади. Иссиклик алмашиниш ички трубанинг девори оркали амалга ошади.

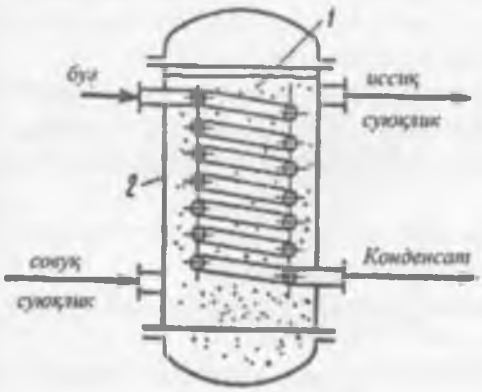
Ушбу курилмаларнинг труба ва трубалараро бўшлиғида юкори тезликларга (3,0 м/с гача) эришса бўлади. Агар катта юзалар зарур бўлса, бир неча секциялардан батарея ҳосил килиш осон ва мумкин.

Бу турдаги курилмаларда суюкликлар сарфи катта ва «суюклик - суюклик», «суюклик - буғ» системаларида иссиклик алмашиниш учун қўлланилади.

«Труба ичида труба» иссиклик алмашиниш курилманинг афзалликлари: тузилиши ва ясалиши содда; суюкликлар тезликлари катта бўлгани учун иссиклик ўтказиш коэффициенти юкори.

Камчиликлари: қўпол; металл сарфи кўп, трубалараро бўшликни тозалаш кийин.

Ажралувчан конструкцияли «труба ичида труба» типидаги иссиклик алмашиниш курилмаларида, температура ортиши билан ташки трубаларга боғлик бўлмаган ҳолда, ички трубалар узайиши мумкин (6.27...6.28-расм). Курилманинг конструкцияси иссиклик алмашиниш трубаларининг ички юзасини ифлослик ва куйкалардан мунтазам равишда механик тозалаб туриш имконини беради. Ундан ташкари, бу курилмаларда трубаларни алмаштириш жараёнини амалга ошириш учун уларни ечиб олиш осон ва ташки юзасини тозалаш мумкин.



6.29-расм. Змеевикли иссиклик алмашиниш курилмаси:
1 - змеевик; 2 -кобик.

Кўп окимли иссиклик алмашиниш курилмаларидаги (6.28-расм) таксимлаш камераси 1 окимларни труба 6 ларга бўлиб беради. Трубакобик 4 ва труба 2 ларнинг тешикли панжараси орасида таксимлаш камераси 3 жойлашган. Ушбу камера трубалараро бўшликда ҳаракатланаётган муҳит учун мўлжалланган. Кўп окимли курилмаларнинг ички ва ташки трубалари иккита йўлли бўлади.

Бу турдаги курилмаларда окимларнинг ҳаракат тезлиги кобик-трубали курилмаларникига караганда анча юкори. Шу сабабли иссиклик ўтказиш коэффициенти ва труба юзасининг иссиклик кучланиши катта бўлади. Ундан ташкари, иссиклик алмашинувчи муҳитларни карама-карши йўналишда ҳаракат килишини ташкил этиш осон.

Бир ва кўп окимли курилмаларнинг трубаларида иссиклик элткичлар таркибидаги агрессив ва механик ифлосликлар камрок ўтириб колади. Кўпчилик ҳолларда, «труба ичида труба» курилмаларининг иссиклик кўрсаткичлари кобик-трубали курилмаларникига караганда анча юкори бўлади.

Айрим ҳолларда, курилманинг ички трубаларнинг ташки юзаси киррали килиб ясалади. Натижада, иссиклик алмашиниш юзаси 4...5 маротаба ортади. Одатда, бу усулдан трубанинг бирорта муҳит ҳаракатланаётган томонида иссиклик бериш коэффициентини ошириш кийин бўлганда (газ, ковушок суюклик ҳаракатида ёки ламинар режимда) фойдаланилади. Бундай ҳолларда, киррали трубаларни қўллаш, узатилаётган иссиклик миқдорини анчага ошириш имконини беради.

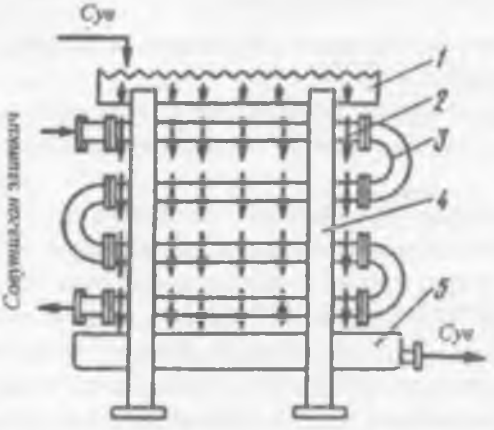
Змеевикли иссиклик алмашиниш курилмаси. Змеевик шаклида эгилган труба цилиндрик кобикли идишга ўрнатилган бўлади (6.29-расм). Цилиндрик кобикли идиш 2 иситилиши зарур бўлган суюклик билан тўлдирилади.

Змеевиклар кўпинча 15...75 мм диаметрли трубалардан ясалади. Цилиндрик идишнинг ҳажми катта бўлгани учун, суюкликнинг тезлиги кичик, яъни иссиклик бериш

коэффициентининг киймати паст бўлади. Иссиклик элткич одатда змеевик ичига юборилади. Бу турдаги курилмалар кам микдордаги суюкликларни иситиш учун мўлжалланган.

Змеевикли иссиклик алмашиниш курилмаларининг афзалликлари: тузилиши содда; нархи арзон; тозалаш ва таъмирлаш осон; юкори босим (0,2...0,5 МПа) қўллаш мумкин; кимёвий фаол суюкликларни иситиш ҳам мумкин; иситиш юзаси 10...15 м^2; суюклик ҳажми катталиги учун ишчи режимлар ўзгариши жараёнга сезиларли таъсир этмайди.

Ушбу турдаги курилманинг камчиликлари: суюкликнинг тезлиги ва иссиклик бериш коэффициенти кичик; труба ички деворини тозалаш кийин; *l/d* ≥200...275 бўлса, змеевик пастида конденсат йиғилади, иссиклик алмашиниш ёмонлашади ва гидравлик каршилик ортиб кетади.



6.30-расм. Ювилиб турувчи иссиклик алмашиниш курилмаси:
1 – таксимловчи тарнов; 2 - труба;
3 - калач; 4 - таянч; 5 - йиғувчи тарнов

Ювилиб турувчи иссиклик алмашиниш курилмаси газ, суюкликларни совитиш ва буғларни конденсациялаш учун қўлланилади (6.30-расм).

Бу курилма бир-бири устига жойлаштирилган труба 2 ва уларни бирлаштирувчи калач 3 лардан иборат. Трубалар ичидан совутилаётган иссиклик элткич ҳаракатланади. Совутувчи сув четлари тишли таксимловчи тарнов 1 га қуюлади ва ундан трубалар 2 га оқиб тушади. Сувнинг бир қисми труба юзасидан буғланиб кетади.

Сув бир трубани ювиб иккинчисига, ундан сўнг учинчисига ва ҳоказо тартибда ҳаракатланиб, охири исиган ҳолда йиғувчи тарновга оқиб тушади.

Ювилиб турувчи иссиклик алмашиниш курилма-ларининг афзалликлари: тузилиши содда; очиқ ҳавода ишлатиш мумкин; сув сарфи кам; трубаларни тозалаш осон.

Ушбу курилманинг камчиликлари: қўпол; иссиклик ўтказиш коэффициенти кичик; металл сарфи кўп.

Спиралсимон иссиклик алмашиниш курилмаси. Бу курилмаларда иссиклик алмашиниш юзаси иккита юпка металл лист 1 ва 2 ларни спирал бўйлаб ўраш натижасида ҳосил бўлади (6.31-расм). Спиралларнинг ички учлари пластина- тўсик 3 ёрдамида бирлаштирилган.

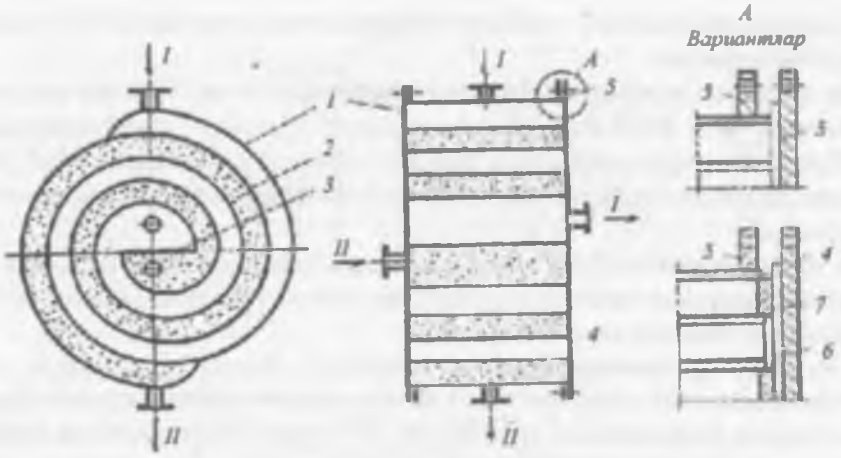
Каналлар ён томони кистирма ва текис копкок ёрдамида зичлаб ёпилган. Натижада бир - биридан ажраб турувчи каналлар ҳосил бўлади ва уларда карама - карши йўналишда суюкликлар ҳаракатлантирилади. Каналларнинг • эни металл лист эни билан белгиланади. Баландлиги эса ораликни белгиловчи бўлакча 7 нинг ўлчами билан аникланади. Текис копкок 4 лар фланец 5 га болтлар ёрдамида маҳкамланади.

Иссиклик элткичлар кириши ва чикиши учун текис копкокларнинг марказида ва спиралнинг ташки учларида штуцерлар ўрнатилади.

Бу курилма суюклик ва газлар орасида иссиклик алмашиниш учун ишлатилади. Агар иссиклик элткич таркибида каттик заррачалар бўлган такдирда ҳам ушбу курилмалардан фойдаланиш мумкин, чунки тўғри тўртбурчак шаклдаги каналга тикилиб колмайди.

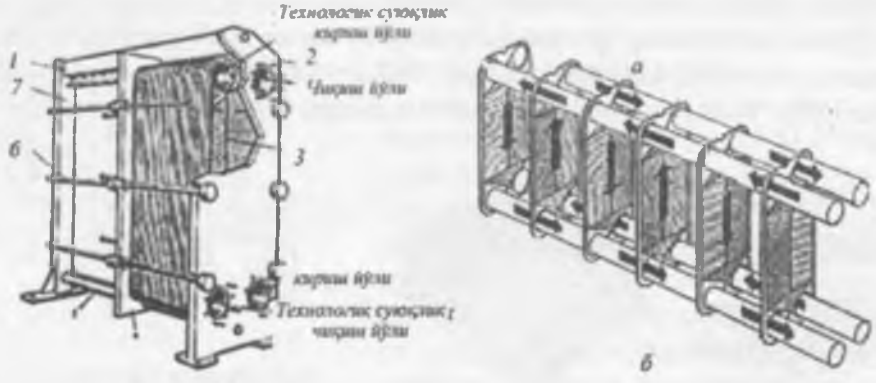
Спиралсимон иссиклик алмашиниш курилмаларининг афзалликлари: тузилиши ихчам; гидравлик каршилиги нисбатан кичик; суюкликлар тезлиги юкори (1...2 м/с); иссиклик ўтказиш коэффициенти катта; кам жой эгаллайди.

Ушбу курилма камчиликлари: ясаш, таъмирлаш ва тозалаш кийин; юкори босим (≥1,0 МПа) да ишлатиш мумкин эмас, чунки бу босимларда зичланишни таъминлаш кийин.

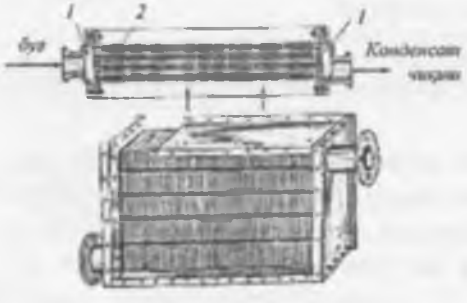


6.31-расм. Спиралсимон иссиқлик алмашинниш қурилмаси.
1,2- металл листлар; 3- пластина-тўсиқ; 4- копқоклар; 5- фланец; 6- кистирма; 7- ораликни белгиловчи бўлакча I ва II- иссиқлик элткич.

Пластинали иссиқлик алмашиниш қурилмаси. Юпка металл листлардан тайёрланган бир неча пластина тепа ва пастки тутиб турувчи бруслардан иборат ромда йиғилади (6.32-расм).



6.32-расм. Пластинали иситкич (а) ва ишлаш принципи (б):
1-тепа тутиб турувчи брус; 2-қўзғалмас плита; 3-пластина; 4-ҳаракатчан плита; 5-пастки тутиб турувчи брус; 6-йўналтирувчи ва тортиб турувчи шпилька; 7-таянч.



6.33-расм. Пластинали калорифер.
1 -қути; 2 - ковурга.

Қўзғалмас ва ҳаракатчан плиталар орасида штамповка қилинган пўлат, гофрирланган пластина дастаси жойлашган бўлиб, уларда иссиқлик элткичлар ҳаракати учун каналлар бор.

Пластина дастаси қўзғалмас 2 ва ҳаракатчан плиталар 4 орасида йиғилади ва тортиб турувчи шпилька 6 ёрдамида сиқилади.

Пластиналарни зичлаш юкори босимга бардош бера оладиган кистирмалар ёрдамида амалга оширилади. Пластиналар орасидаги каналлар эни 3...6 мм бўлади.

Пластинали иссиқлик алмашиниш курилмаларининг ишлаш принципи 6.32б-расмда кўрсатилган. Расмдан кўриниб турибдики, суюкликларнинг ҳаракати карама - карши йўналишда. Шуни кайд этиш керакки, ҳар бир иссиқлик элткич пластинанинг бир томони бўйлаб ҳаракат килади.

Бу турдаги қурилмалар иситкич, совуткич сифатида ҳамда пастеризация, стерилизация килиш учун ҳам қўллаш мумкин.

Пластиналар орасидаги каналларда суюклик тезликлари юкори бўлгани учун иссиклик ўтказиш коэффициенти $K \leq 3800$ Вт/м^2·К гача эришиш мумкин. Ундан ташкари, бундай юкори иссиклик ўтказиш коэффициентларни олишга сабабчи бўлган омиллардан бири, гофрирланган пластина юзасининг суюклик окимини турбулизация килиши ва деворнинг кичик термик каршилигидир.

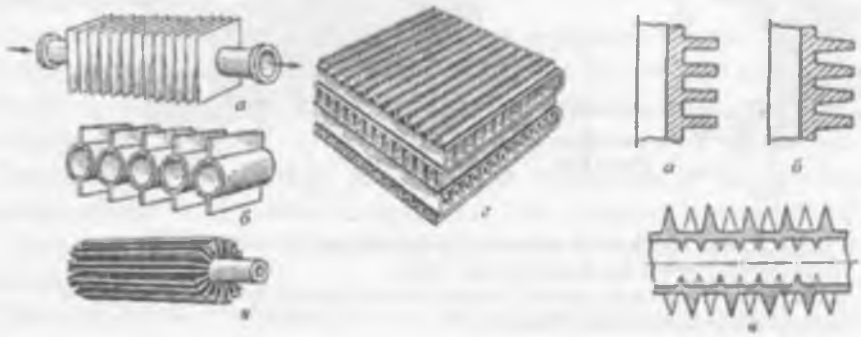
Пластинали иссиклик алмашиниш курилмаларининг афзалликлари: иссиклик ўтказиш коэффициенти катта; гидравлик каршилиги нисбатан кичик; тузилиши ихчам; суюкликлар тезлиги юкори; иссиклик алмашиниш юзаси катта.

Бу турдаги курилмалар камчиликлари: катта босимга бардош беролмайди; тайёрлаш кийин; суюклик таркибидаги каттик заррачалар каналларни ёпиб кўйиш эҳтимоли бор.

Қиррали иссиклик алмашиниш қурилмаси. Бу турдаги курилмаларда иссиклик бериш коэффициенти паст муҳит томонидаги, иссиклик ўтказиш юзасини кўпайтириш имконияти бор (6.33-расм).

Саноатда ишлатиладиган иссиклик алмашиниш жараёнларида деворнинг икки томонидаги иссиклик бериш коэффициентлар бир-биридан кескин фарқ килади. Масалан, сув буги ёрдамида ҳаво иситилганда, буғнинг деворга иссиклик бериш коэффициенти тахминан 10000...15000 Вт/(м^2·К) ни ташкил этади. Демак, ушбу ҳолатда ҳаво томонидан юза миқдорини, яъни α си паст томонидан ошириш керак.

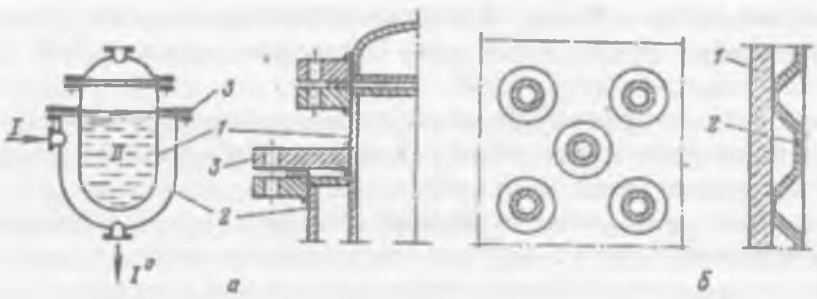
Трубалар юзасини ошириш мақсадида унинг ташки юзасига думалок ёки тўртбурчак шаклидаги металл шайбалар пайвандланади. Трубали иссиклик алмашиниш қурилмаларида кўндаланг ёки бўйлама ковурғалар қўлланиши мумкин. Натижада, бу турдаги трубалар ўрнатилган курилманинг иссиклик юкламаси ортади. Маълумки, киррали трубалар ясаладиган материалнинг иссиклик ўтказувчанлик коэффициенти юкори бўлиши керак.



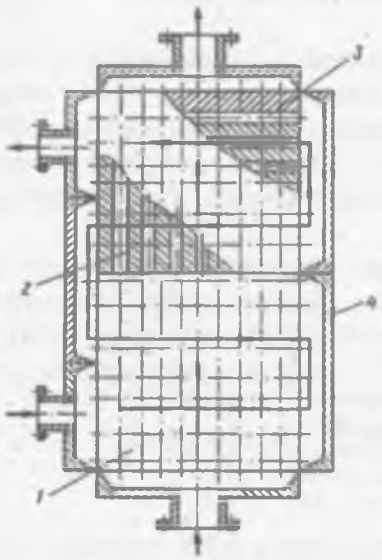
6.34-расм. Қиррали иссиклик алмашиниш юзалари:
а - тўғри тўртбурчак киррали, б - трапеция шаклидаги киррали, в - кўндаланг кирра, г - бўйлама, киррали «юзгич», д - бўйлама, киррали, е - гофрирланган киррали, ж - учбурчак шаклидаги, киррали.

Бундай трубаларнинг гидравлик каршилиги кичик бўлиши учун кирралар юзаси иссиклик элткич окимининг йўналишига параллел бўлиши зарур. Ҳозирги кунда тўғри тўртбурчак ва трапеция шаклидаги кўндаланг кесимли кирралар энг кўп қўлланилади. (6.34-расм) Қиррали иссиклик алмашиниш юзали элементлар ҳаво ва турли газларни иситадиган иссиклик алмашиниш курилмаларида ўрнатилади.

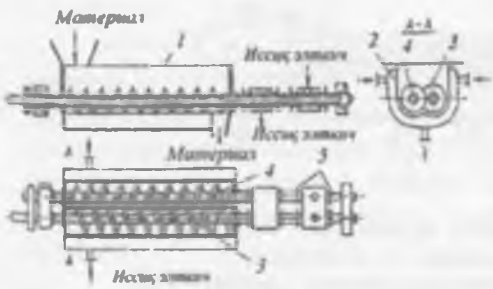
Ғилофли иссиклик алмашиниш қурилмаси. Бундай курилмаларда иссиклик алмашиниш жараёнлари (иситиш ёки совитиш) билан кимёвий жараён бир вактда юз беради. Ғилофли курилма тасвири 6.35-расмда келтирилган.



6.35-расм. Ғилофли иссиқлик алмашиниш қурилмалари:
а - паст босимлар учун; б - юқори босимлар учун;
1 - кобик; 2 - ғилоф; 3 - фланецли бирикма;
I, I^0, II - иссиқлик элткичлар



6.36-расм. Блок-графитли иссиқлик алмашиниш қурилмаси:
1 - графитли блок; 2 - вертикал каналлар;
3 - горизонтал каналлар;
4 - кобик



6.37-расм. Шнекли иссиқлик алмашиниш қурилмаси:
1 - кобик; 2 - ғилоф; 3, 4 - шнеклар;
5 - ички бўш ўкларнинг сальники

Бундай қурилмаларда иссиқлик алмашиниш юзаси сифатида реактор девори хизмат қилади. Фланец бирикма 3 ёрдамида кобик 1 га ғилоф 2 маҳкамланади. Кобик ва ғилоф орасидаги бўшлиқда иссиқлик элткич I циркуляция қилади. Қурилманинг ичида эса, элткич II жойлаштирилади. Бу турдаги қурилмаларнинг иссиқлик алмашиниш юзаси ≤10 м^2 ва ғилофдаги босим 1 0 МПа дан ошмайди.

Агар босим 7,5 МПа дан ортса, ғилофда кўп миқдорда тешиклар қилинади ва ғилоф листининг четлари периметри бўйича букланади ва қурилма кобигига пайвандланади (6.35-расм).

Блок-графитли иссиқлик алмашиниш қурилмаси. Блок-графитли иситкичларда графитнинг юқори иссиқлик ўтказувчанлик [100 Вт/(м·К) гача] ва суюқлик таъсирида емирилмаслиги туфайли графитли иссиқлик алмашиниш қурилмалари саноатнинг барча соҳаларида ишлатиладиган иситкичларга нисбатан кенг таркалган бўлиб, унинг афзалликларини ҳеч кандай иситкич билан солиштириб бўлмайди.

Бу турдаги иссиқлик алмашиниш қурилмалар асосий элементи параллелепипед шаклидаги графитли блокдир. Унда иссиқлик элткичлар учун бир-бири билан кесишмайдиган тешиклар ясалган (6.36-расм). Қурилма бир ёки бир неча тўғри тўртбурчакли блокдан йиғилади.

Ён томонидаги металл плиталар ёрдамида ҳар бир блокда иссиқлик элткичнинг икки йўлли горизонтал каналларда ҳаракати ташкил этилади. Ўлчами 350x515x350 мм^3 бўлган блоклардан йиғилган иссиқлик алмашиниш қурилмасининг вертикал каналлари бўйича элткич бир ёки икки йўлли ҳаракат қилиши мумкин. Вертикал йўллар-

нинг сони курилманинг пастки ва юкори копкокларининг конструкциясига боғликдир. Графитли иссиклик алмашиниш курилмасининг ишчи босимининг киймати $2{,}9 \cdot 10^5$ Па дан ошмаслиги керак.

Блок-графитли курилмаларни мухитлардан бири коррозион-фаол бўлган холларда ишлатиш мумкин. Агарда иккала мухит хам коррозион-фаол бўлса, унда ён томондаги плиталар махсус графит вкладишлар билан химоя килинади.

Шнекли иссиклик алмашиниш курилмаси. Юкори ковушкокли суюклик ва иссиклик ўтказувчанлиги кичик бўлган сочилувчан материалларни иситиш даврида, жараённи интенсивлаш учун курилма деворига тегиб турган мухит юзасини доимий равишда янгилаб туриш керак. Бунинг учун, бир пайтнинг ўзида шнек ёрдамида материални механик аралаштириш ва узатиб туриш максадга мувофикдир (6.37-расм).

Курилма кобиғининг бир учидан материал юкланади ва бир-бирига караб айланаётган 3 ва 4 шнеклар ёрдамида аралаштирилади. Аралаштириш билан бирга материални курилманинг бошка учига узатади. Айрим холларда, иссиклик алмашиниш жараёнини интенсивлаш учун шнекнинг ичи бўш килиб тайёрланади ва улар оркали иссиклик элткич (буг ёки иссик хаво) юборилади.

Кимё ва нефть-газни кайта ишлаш саноати технологик схемаларида суюклик аралашмаларини бир маротаба кисман буғланиши оркали ажратиш кенг кўламда кўлланилади, хусусан, нефть хом-ашёсини хайдаш даврида, бензинни иккинчи хайдаш жараёнида ректификацион колоннанинг пастки кисмига иссиклик узатганда, газларни фракциялаш, реакция махсулотларини ажратиш, эритувчини хайдаш, суюк мухитларни совитишда совуклик элткич сифатида хизмат килади.

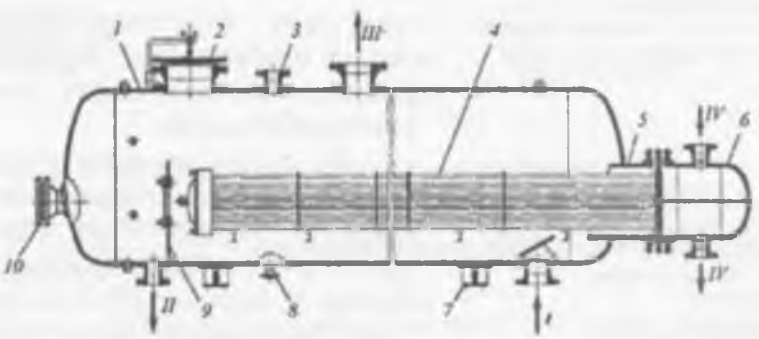
Нефть хомашёсини кисман буғланиши учун хизмат киладиган иситкич ичи бўш вертикал цилиндрик курилма бўлиб, унда буғ иссиклиги хисобига нефть бир маротаба кисман буғланиши содир бўлади. Бу турдаги курилмалар 180...250°С температура ва 0,3...0,5 МПа босимда ишлайди. Ректификацион колонна пастки кисмида суюк аралашманинг буғланиши кобик трубали иситкичга ўхшаш мосламадир.

Саноат микёсида 2 хил турдаги буғланиш курилмалари энг кўп таркалган:

– буғ бўшликли горизонтал курилма;

– вертикал курилма.

Биринчи курилма горизонтал кобик ва унинг ичида жойлашган труба пакетидан иборат (6.38-расм).



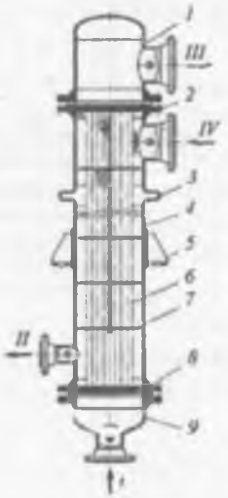
6.38-расм. Буғ бўшликли буғланиш курилмаси:
1-кобик, 2-люк, 3-сакловчи клапан штуцери, 4-трубалар ўрами, 5-пакет кириш штуцери, 6-таксимлаш камераси, 7-таянч, 8-дренаж штуцери, 9-тўсик, 10-лебедка троси учун люк. I-суюклик, II-колдик, III-буғлар, IV-иссиклик элткич

Трубалар пакети харакатчан калпокчали ёки U-симон трубали килиб тайёрланиши мумкин. Иссиклик элткич сифатида сув буғи ёки иссик нефть фракцияси хизмат килади. Буғланадиган суюклик курилма паст кисмидан юборилади ва унинг сатхи вертикал тўсиклар ёрдамида ушлаб турилади. Суюк фаза баландлиги шундай бўлиши керакки, бунда буғ

бўшлиғи қурилма диаметрининг 1/3 қисмидан кам бўлмаслиги ва суюқлик юзаси етарли миқдорда буғларни ажраб чиқишини таъминлаши лозим. Буғланмаган суюқлик тўсиқ устидан тошиб ўтади ва сатҳга караб насос билан тортиб олинади. Стандарт қурилмаларнинг диаметри 2800 мм гача, трубаларнинг узунлиги 6000 мм.

Вертикал буғланиш қурилмалари қўзғалмас тешикли панжарали ва кобиғи температура компенсаторли килиб ясалади (6.39-расм).

Буғланадиган суюқлик қурилма паст кисмидан юборилади ва ҳосил бўлган буғ-суюқлик ҳолатида қурилма тепа кисмдан чиқиб кетади. Унинг узатилиши насос ёрдамида ёки термосифон эффекти ҳисобига амалга оширилади. Иссиқлик элткич суюқ, газ ёки буғсимон ҳолатда юкоридан трубалараро бўшликка узатилади ва пастдан чикарилади. Стандарт қурилмаларнинг диаметри 2200 мм гача, трубаларнинг узунлиги 6000 мм.



6.39-расм. Температура компенсаторли вертикал буғланиш қурилмаси.
1- таксимлаш камераси, 2,8-тешикли панжаралар, 3-компенсатор, 4- кобик, 5-таянч, 6-труба, 7-кўндаланг тўсиқ, 9-копкок. I-буғланаётган суюқлик, II-конденсат, III-буғ-суюқлик аралашмаси, IV-сув буғи.

6.11.2. Регенератив иссиқлик алмашиниш қурилмалари

Регенератив иссиқлик алмашиниш қурилмалари иккита секциядан ташкил топган бўлади. Биринчисида иссиқлик элткичдан оралик материалга иссиқлик узатилса, иккинчисида эса оралик материалдан технологик газга узатилади. 6.40-расмда циркуляцион ҳаракатлантирувчи донадор катламли узлуксиз ишлайдиган регенератив иссиқлик алмашиниш қурилмаси келтирилган.

Қурилма асосан иккита иситкичдан тузилган бўлиб, ҳар бир иситкичнинг пастки кисмида газ оқимини бир меъёрда узатиш учун таксимлагич 6 ўрнатилган. Иситкичдан донадор материални узлуксиз равишда тўкиш учун шлюзли тамба 3 хизмат қилади. Иккинчи иситкичдан чиқаётган совутилган донадор материал пневмотранспорт линиясига тўкилади. Ундан сўнг, ҳаво ёрдамида бункер - сепараторга узатилади ва у ерда заррачалар чўктирилади ва яна кайтадан биринчи иситкичга юборилади.

6.11.3. Аралаштирувчи иссиқлик алмашиниш қурилмалари

Бир хил йўлли, ҳўл конденсатор буғни сув ёрдамида конденсациялаш учун мўлжалланган (6.41а-расм). Конденсаторга совутувчи сув сопло оркали киритилади. Сувни пуркаш натижасида сув ва буғ орасидаги иссиқлик алмашиниш юзаси сезиларли даражада ошади. Буғни сув билан ўзаро таъсири, буғни конденсацияланишига олиб келади. Конденсатор ичидан конденсат, сув ва конденсацияланмаган газлар махсус насос ёрдамида сўриб олинади.

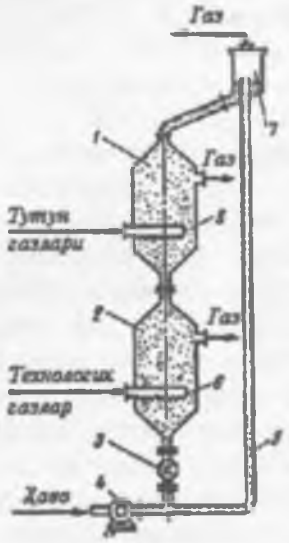
Жараённинг моддий баланси қуйидаги тенглама билан ифодаланади:

$$Di + Wc_c t_{сб} = (D + W)\, c_c \cdot t_{сат} \qquad (6.116)$$

бундан:

$$W = \frac{D \cdot (i - c_c t_{сат})}{c_c (t_{сат} - t_{сб})}$$

бу ерда, D – конденсацияланаётган буғ массавий сарфи, кг/соат, i – конденсацияланаётган буғ энтальпияси, кЖ/кг, W – совутувчи сув массавий сарфи, кг/соат, c – сувнинг иссиқлик сиғими, кЖ/(кг·К), $t_{сб}$ ва $t_{сат}$ – сувнинг бошланғич ва охирги температуралари, °С.

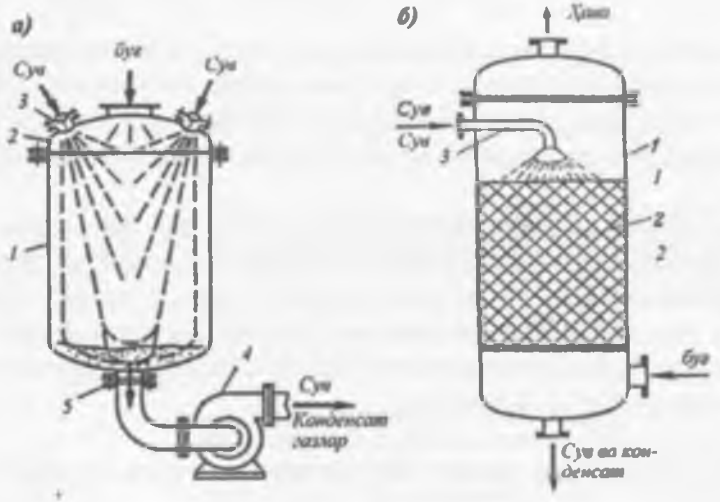


6.40-расм. Циркуляцион ҳаракатланувчи доначи қатламли қурилма:
1,2 - иссиқлик алмашиниш қурилмаси;
3 - шлюзли тамба; 4 - газодувка;
5 - пневмотранспорт линияси; 6 - газ таксимлагич; 7 - сепаратор.

Аралаштирувчи конденсатордан сўриб олинаётган ҳавонинг массавий сарфи (кг/соат):

$$G_c = 25 \cdot 10^6 (D + W) + 0{,}01 \cdot D \qquad (6.117)$$

Қарама - қарши йўлли қурук конденсаторда буғ ва совутувчи сувнинг ўзаро таъсири



6.41-расм. Бир хил йўлли ҳўл (а) ва насадкали (б) конденсатор:
а) 1-кобиқ, 2-коптоқ, 3-пурковчи сопло, 4-махсус насос, 5-штуцер. б) 1-кобиқ, 2-насадка, 3-сув пуркагич.

карама - қарши йўналишда ўтади (6.41-расм).

Совутувчи сув конденсаторнинг юкори кисмидаги тешикли тарелкаси 2 га юборилса, буғ эса пастдаги тарелка остига. Сув тарелкадан тарелкага тешиклари ва четидан ингичка окимча бўлиб ўтади. Сув билан суюкликнинг ўзаро таъсири конденсаторнинг тарелкаларо бўшлиғида юз беради. Ҳосил бўлган конденсат барометрик труба 3 оркали совутувчи сув билан йиғгич 4 га туширилади.

Ҳаво эса, ушлагич оркали вакуум - насос ёрдамида сўриб олинади. Шунинг учун ҳам бу турдаги конденсаторларни ***барометрик конденсатор*** деб аталади.

Барометрик конденсаторда конденсациялаш жараёни вакуум остида олиб борилади. Курилмадаги абсолют босим 0,01...0,02 МПа бўлади.

Атмосфера ва барометрик конденсаторларда босимлар фаркини тенг ҳолатда ушлаб туриш барометрик труба 3 даги суюклик устуни h_3 хизмат килади.

Барометрик трубанинг баландлиги ушбу ифодадан аникланади:

$$H_{тр} = h_3 + h_{\Gamma} + 0{,}5 \qquad (6.118)$$

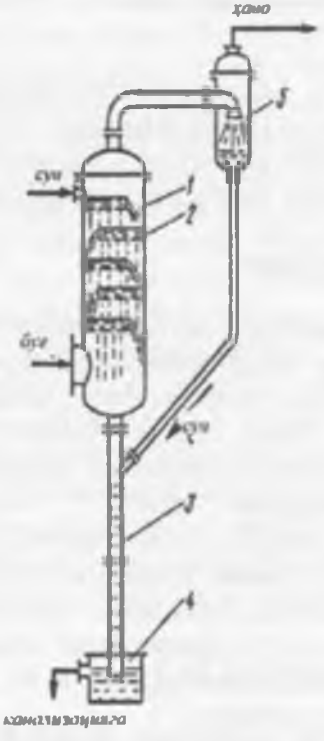
бу ерда, $h_3 = 103{,}3 \cdot B$ (B – конденсатордаги вакуум, МПа), h_{Γ} – динамик напор ҳосил килиш учун зарур суюклик устунининг баландлиги, $h_{\Gamma} = (w^2/2g)(2{,}5 + \lambda \cdot H_{тр}/d)$, w – трубадаги суюклик тезлиги, $w = 1..2$ м/с, λ – гидравлик каршилик коэффициенти, d – труба диаметри, $d = \sqrt{[0{,}004(D + W)]/3600\pi w}$, м, D ва W – конденсаторга кираётган буғ ва сувнинг массавий сарфлари, кг/соат, 0,5 - буғ кираётган штуцерни сув билан тўлиб кетмаслиги олдини олувчи баландлик, м

Барометрик конденсатор ўлчамлари барометрик труба диаметрига боғлик бўлиб, ёрдамчи жадвал ва адабиётлардан аникланади.

Вакуум - насосни танлаш учун сув ва буғ таркибидаги ҳаво ҳамда фланецли бирикмалар орасидан сўрилаётган ҳаво миқдорини билиш зарур.

Ҳавонинг сарфи (4.140) тенгламадан ҳисоблаб топилади, температураси эса ушбу ифодадан:

$$t_{хаво} = t_{сб} + 0{,}1 \cdot (t_{сув} - t_{сб}) + 4 \qquad (6.119)$$



6.42-расм. Барометрик конденсатор.
1 - кобик, 2 - тарелка, 3 - барометрик труба, 4 – йиғгич, 5-ушлагич.

Дарё, кўл, денгиз ва бошка сув ҳавзаларини ифлослантирмаслик учун айланма сув таъминотини технологик схема ва цикларда кенг кўламда кўллаш даркор, бу эса ўз навбатида техник сувларни совитишни такозо этади. Градирняларда совутувчи элткич сифатида ҳаво ишлатилади. Агар ҳаво билан совутиладиган иссиклик алмашиниш курилмаларида ажратиб турувчи девор оркали иссиклик алмашса, градирняларда – сув ва ҳаво бевосита ўзаро тўкнашиши туфайли иссиклик алмашиниш жараёни рўй беради.

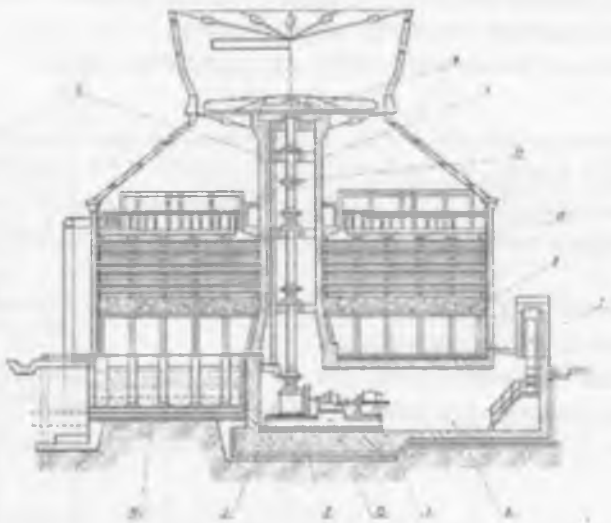
Конструктив жиҳатдан градирнялар бир-биридан сувнинг ҳаво билан ўзаро таъсир этиш усуллари ҳамда совутувчи ҳавонинг ҳаракати билан фаркланади. Минора тепасидаги ҳамма градирнялар темир-бетондан ёки ёғочдан ясалган бўлади.

Градирняларнинг ишлаш принципи сув ҳаво билан аралашиб, ҳавога иссиклигини (~$24{,}4 \cdot 10^5$ Ж/кг) бериб қисман буғланиш ва совишга асосланган. Шунинг учун, сув ва ҳавонинг ўзаро тўкнашиши учун иложи борича жараённи катта юзада ташкил этиш керак. Бу максадда махсус конструкцияли мосламалар сувни томчи, юпка парда кўринишида тармокланган юзаларда окиб тушишини таъминлайди.

Ҳавонинг ҳаракати табиий ва мажбурий бўлиши мумкин. Биринчи ҳолатда, етарли миқдорда напор ҳосил килиш учун миноранинг

баландлиги жуда катта (<100 м) бўлиши керак. Иккинчи ҳолатда, ҳаво вентилятор ёки турбогазувка ёрдамида узатилгани учун сувни совитиш жараёни интенсивлашади, бу эса минора баландлигини камайтириш имконини беради.

6.43-расмда битта (айримларида, 2 ва ундан ортик) вентиляторли градирня конструкцияси тасвирланган. Ўкли вентилятор юриткичи электр юриткич 1 ва вертикал ўк 3 ли редуктор 2 лардан иборат бўлиб, темир-бетон ёки пўлат лист билан ўралган шахта 4 жойлаштирилади. Эксплуатация ва техник хизмат кўрсатиш учун шахта 4 га зинапоя 5 дан тушилади.

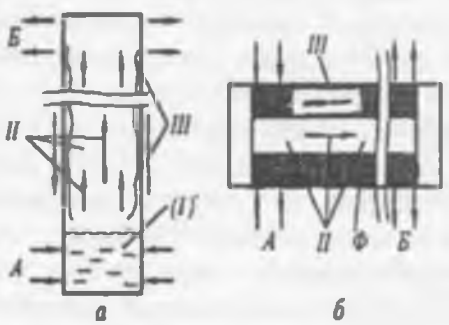


6.43-расм. Битта вентиляторли градирня:
1- электр юриткич, 2- бурчакли редуктор, 3 – вертикал ўк, 4 - шахта, 5- шахта зинапояси, 6 - галерея, 7 – галереяга кириш, 8 - суғоргич, 9 - вентилятор ротори, 10-коллектор, 11- совутилган сув резервуари, 12-гидромуфта, 13-вертикал ўкнинг бирлаштирувчи муфталари

Шахта кириш галерея 6 ва чикиш 7 лар оркали бўлади. Ҳаво вентилятор 9 ёрдамида суғоргич 8 нинг панжараси оркали ҳайдалади. Сув, коллектор 10 дан окизилади, суғоргич 8 нинг юзасини ювади ва ундан окиб тушаётганда 15...30°С га совуйди. Совутилган сув резервуар 11 да йиғилади ва насослар ёрдамида сув таъминоти системасига юборилади.

6.11.4. Термосифон ва иссиклик трубалари

Термосифон ва иссиклик трубалари катта микдордаги иссиклик окимларини узатиш муаммосини ҳал килиш мақсадида яратилган. Қурилманинг ўзида температуралар напори катта эмас, яъни ҳамма температуралар напори қурилма ташкарисида барпо бўлади. Ҳозирги кунда термосифонлар энергетика, курилиш индустрияси (иссикликни рекуперация килиш, музлаган жисмларни яҳдан тушириш, ҳавони совитиш, криоген жараёнлар) да; кимёвий технология (қуритиш, кўмирни газификациялаш, озик-овкат ва фармацевтика саноатлари) да кенг кўламда қўллаб бошланди. Ушбу мосламалар имконияти жуда катта ва шу сабабли, истикболли қурилмадир.



6.44-расм. Термосифон ва иссиклик трубалари:
а - термосифон, б-иссиклик трубаси
I-суюклик, II-буг, III-конденсат
А,Б-иссиклик узатиш ва ажратиш сохалари, Ф-пилик

Термосифон – бу вертикал труба бўлиб, унинг ичига маълум микдорда ишчи суюклик (сув ёки бошка суюклик) куйилган (6.44-расм). Трубанинг суюкликдан бўш кисмидан ҳаво сўриб олиганва

вакуум ҳосил килиб, герметик килиб ёпилган. Трубанинг пастки кисмида иссиклик узатиш соҳаси *А* , юкори кисмида эса иссикликни ажратиб олиш *Б* соҳалари жойлашган. Термосифон трубасининг ташки томонининг А соҳасига иссиклик элткичдан иссиклик узатилади ва у труба ичидаги суюкликка берилади. Натижада сув буғланади; ҳосил бўлган буғлар юкорига кўтарилади ва *Б* соҳага келади. Бу ерда иссиклик совуклик элткич (у ҳам термосифон ташкарисида) га ўтади. Буғ иссиклиғини бериб совугандан кейин конденсатга айланиб, оғирлик кучи таъсирида термосифон ички девори бўйлаб пастга *А* буғланиш соҳасига окиб тушади.

Иссиклик ўтказиш соҳалари А ва Б орасида адиабатик соҳа бўлиб, бу ерда иссиклик факат иссиклик элткич билан бўйлама йўналишда узатилади. Шундай килиб, термосифон ишлаганда иссиклик температура юкори элткичдан температураси пастига караб иссиклик таркалади.

Маълумки, турли ишчи суюкликлар учун конденсацияланиш (буғланиш) иссиклиги жуда юкори (айникса, сув учун) бўлгани учун, термосифон иккала учи орасидаги температуралар фарки жуда катта бўлмаган микдорларда ҳам кўп иссиклик узатиши мумкин. Кондуктив иссиклик таркалиш нуктаи назаридан, термосифоннинг бўйлама эквивалент иссиклик ўтказувчанлиги $\lambda_э$ энг юкори иссиклик ўтказувчанликка эга металлар (мис, кумуш, олтин, алюминий) нинг коэффициентларидан юз ва минг баробар юкори.

Термосифонларнинг асосий камчилиги – конденсатнинг буғланиш соҳасига ўз оғирлик кучи таъсирида кайтишидир. Бу эса, буғланиш соҳасини совук конденсация соҳасидан албатта пастрок бўлишини такозо этади. Ушбу сабаб термосифонларни кенг кўламда кўллашга халакит бермокда.

Иссиклик трубалари. Ушбу курилмада термосифонга тегишли камчиликлар йўк. Конструкция бўйича бир хил бўлишига карамасдан, буғланиш ва конденсацияланиш соҳалари технологик жараён талабларига караб исталганча жойланиши мумкин. Бундай имконият конденсатни буғланиш соҳасига капилляр кучлар, яъни пилик (ғоваксимон) ёрдамида кайтариш оркали таъминланади.

6.44б-расмдан кўриниб турибдики, курилманинг чап томонида *А* (буғланиш) соҳаси ташки иссик элткич билан, ўнг *Б* (конденсация) томонида эса совук элткич билан ўзаро тўкнашувда бўлади. *А* ва *Б* соҳалари орасида адиабатик соҳа. Трубанинг иссик учидан ишчи суюклик буғлари ўртадаги бўшлик оркали совук учига ҳаракатланади ва у ерда конденсацияланади. Конденсат ғоваксимон пилик оркали иссик (буғланиш) соҳага кайтарилади. Шундай килиб, иссик элткичдан совук элткичга иссиклик таркалади.

Ишчи суюкликка кўйиладиган асосий талаб – юкори сиртий таранглик ва пиликни яхша ҳўллаш кобилияти зарур. Ундан ташкари, ишчи муҳитни танлаш унинг жараён температурасига боғлик. Иссиклик трубалари 3...5К дан ~2000К температура оралиғида кўлланиши мумкин. Пиликка кўйиладиган талаблар: ғоваклар микдори максимал бўлиши керак. Бунинг учун ушбу материаллардан: войлок ва мато, майда тешикли тўр, керамика ва металлокерамика, ингичка каналли системалар ва ҳоказолардан пиликлар ясалади. Пиликлардаги ғоваклар ўлчами 0,01 дан 0,1 мм гача бўлиши максадга мувофик. Албатта, ишчи муҳит ва пиликлар кимёвий жиҳатдан инерт ва температурага бардош бериши даркор.

Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, иссиклик труба ва термосифонларда узатиладиган иссиклик окимларининг микдори суюклик ва буғларнинг ҳаракат тезлиги, яъни карама-карши йўналишдаги буғ окими билан ҳаракатдаги конденсат юпка катламидан томчиларни узиб олиб кетиши билан чегараланади.

6.12. Иссиклик алмашиниш курилмаларини танлаш

Иссиклик алмашиниш курилмаларининг конструкциясини танлашда куйидагиларни инобатга олиш керак: курилма технологик жараёнга мос бўлиши зарур; юкори самарали, тежамкор ва ишлаш пайтида ишончли ҳамда металл сарфи кам бўлиши зарур; ишчи муҳитларда курилма материали емирилишга бардошли бўлиш керак.

Иссиклик элткичлар қурилма орқали катта тезликда ўтса, иссиклик ўтказиш коэффициентининг юкори кийматларига эришса бўлади. Бундай юкори кийматларни олиш учун иссиклик алмашиниш юзаси тоза бўлиши керак.

Агар суюкликлар тезлиги оширилса, иккинчи суюклик томонидаги иссиклик бериш коэффициенти кўпаяди. Лекин иссиклик ўтказиш коэффициентининг сезиларли даражада кўпайиши учун девор ва ундаги ифлосликларнинг термик каршилиги кичик бўлиши керак. Масалан, агар трубалараро бўшликдаги иссиклик бериш коэффициенти трубалар бўшлиғиникидан жуда паст бўлса, трубалар ичида окаётган суюклик тезлигининг ўсиши иссиклик ўтказиш коэффициентига унча таъсир килмайди. Бу ҳолда трубалараро бўшликдаги иссиклик бериш коэффициентини ошириш зарур, яъни у ерга сегмент тўсиклар ўрнатиш максадга мувофикдир.

Қайси мухитни труба ичига, кайси бирини трубалараро бўшликка йўналтириш муаммосини ҳал этишда қуйидаги қоидаларга амал килиш керак:

– юкори иссиклик ўтказиш коэффициентига эришиш учун иссиклик бериш коэффициенти кичик бўлган мухитни труба ичига йўналтириш зарур;

– кимёвий фаол, коррозион мухитларни труба ичига юбориш зарур, чунки бунда факат труба, тешикли панжара ва копкоклар тегишли легирланган металлдан ясалади, яъни кобик, сегмент тўсик ва бошкалар оддий, углеродли пўлатдан тайёрланиши мумкин;

– атроф-мухитга иссиклик йўкотилишини камайтириш учун температураси юкори мухитни труба ичига юбориш максадга мувофикдир;

– чўкма ҳосил киладиган мухитларни трубалар юзаси осон тозаланадиган бўшликка йўналтириш тавсия этилади;

– босими юкори бўлган мухитни труба ичига йўналтириш зарур, чунки кобикдан кўра трубалар босимни яхши ушлайди.

Иссиклик алмашиниш қурилмасининг конструкцияси техник-иктисодий ҳисоблашлар асосида танланади. Бунда, тайёрлаш учун кетган асосий (капитал) ва йиллик эксплуатацион сарфлар таккосланади. Айрим ҳолларда, эксплуатацион сарфлар тежалиши ҳисобига сарфлар тез копланса, асосий сарфларни кўпайтириш ҳам мумкин.

Технологик жараёнлар учун иссиклик алмашиниш қурилмаси лойиҳаланаётганида, ҳисоблашнинг асосий максади, қурилманинг иссиклик алмашиниш юзаси ва габарит ўлчамларини аниклашдир.

Ҳисоблаш, биринчи навбатда қурилманинг иссиклик балансини тузишдан бошланади. Сўнг, иссиклик балансидан узатилган иссиклик миқдори топилади. Масалан, сув буғи ёрдамида бирор мухит $t_б$ дан $t_{ох}$ температурагача иситилаётган бўлса, иссиклик баланс ушбу кўринишда ёзилади (6.45-расм).

$$Gct_б + Di'' = Gct_{ох} + Di' + Q_{йўк} \qquad (6.120)$$

$$Q = Gc\left(t_{ох} - t_б\right) + Q_{йўк} = D\left(i'' - i'\right) + Q_{йўк} \qquad (6.121)$$

бу ерда, $D=Q/(i''-i')$ – иситувчи буғ сарфи.

Иссиклик ўтказиш коэффициенти ушбу формуладан ҳисобланади:

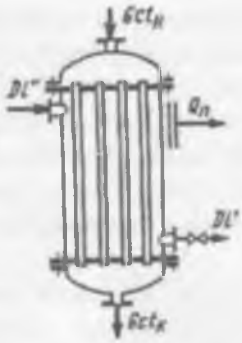
$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_1^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} \qquad (6.122)$$

бу ерда α_1 ва α_2 иссиклик бериш коэффициентлари 6 - боббаги тегишли критериал тенгламалардан аникланади.

Жараённи ўртача ҳаракатга келтирувчи кучи қуйидаги тенгламалардан топилади:

$$\Delta t_{ур} = \frac{\Delta t_{max} + \Delta t_{min}}{2} \quad \text{ёки} \quad \Delta t_{ур} = \frac{\Delta t_{max} - \Delta t_{min}}{2{,}3\lg\frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}}} \qquad (6.123)$$

Иссиклик алмашиниш юзаси иссиклик ўтказишнинг асосий тенгламасидан аникланади:



6.45-расм. Модлий баламга оид.

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{yp}} \qquad (6.124)$$

Иситкичдаги трубалар сонини эса, ушбу тенгламадан аниклаш мумкин:

$$n = \frac{4 \cdot F}{\pi d_T^2 l} \qquad (6.125)$$

бу ерда, d_T – трубалар ташки диаметри, м; l – труба узунлиги, м.

Тешикли панжарада трубалар жойлаштириш ушбу бобда кўриб чикилган усуллардан бирида амалга оширилади.

Қобик - трубали иссиклик алмашиниш курилмасининг диаметрини ушбу формулада ҳисоблаб топиш мумкин:

$$D = (1{,}3\text{K}\ 1{,}5) \cdot (b-1) \cdot d_T + 4d_T \qquad (6.126)$$

Иссиклик алмашиниш курилмасининг гидравлик каршилиги Дарси - Вейсбах формуласидан топилади:

$$\Delta p = \left(\lambda \frac{l}{d} + \sum \xi\right) \frac{\rho w^2}{2} \qquad (6.127)$$

бу ерда, λ – гидравлик каршилик коэффициенти, l – труба узунлиги, м, d – труба диаметри, м; $\Sigma\xi$ – махаллий каршилик коэффициентларининг йигиндиси; w – мухит тезлиги, м/с; ρ – мухит зичлиги, кг/м^3.

Иситкичнинг технологик жараён учун яроклигини билиш учун текширув ҳисоблаши ўтказилади. Бунинг учун қуйидаги бошланғич маълумотлар зарур:

F – иссиклик алмашиниш юзаси; Q – иссиклик юклама; мухитларнинг курилмага кириш ва чикишдаги температуралари; w – мухит тезлиги ва мухитлар физик параметрлари.

Ҳисоблаш даврида қуйидагилар аникланади:

берилган иссиклик юклама ва ҳакикий иссиклик алмашиниш шароитларидаги термик каршилик; зарур бўлган ўртача температуралар фарки $\Delta t_з$; мавжуд ўртача температуралар фарки $\Delta t_м$; курилманинг иш унумдорлик захираси.

Температураларнинг ўртача фаркини ушбу формуладан топиш мумкин:

$$\Delta t_з = \frac{Q}{K \cdot F} \qquad (6.128)$$

Мавжуд ўртача температуралар фарки (6.108) формуладан аникланади.

Мавжуд ўртача температуралар фаркининг зарур ўртача температуралар фаркига нисбати иситкичнинг иш унумдорлик захираси деб аталади:

$$\chi = \frac{\Delta t_м}{\Delta t_з} \qquad (6.129)$$

Зарур ўртача температуралар фарки иссиклик алмашиниш курилмасининг ўртача эксплуатацион ишлаш шароитлари ва иссиклик алмашиниш юзасидан фойдаланиш коэффициентини ҳисобга олган ҳолда аникланади.

6.13. Иссиклик алмашиниш жараёнларини интенсивлаш

Мамлакат иктисодиёти турли соҳаларининг жадал суръатлар билан ривожланиши иссиклик алмашиниш курилмаларининг кенг микёсда қўлланиши ва уларга қўйиладиган талабларни ортиши билан характерланади. Шу билан бирга бу турдаги курилмаларнинг габарит ўлчамлари ва массасини камайтириш энг долзарб муаммо бўлиб ҳисобланади. Ундан

ташкари, айрим ҳолларда температуралар фаркини ва девор температурасини пасайтириш зарур бўлади. Худди шундай муаммолар иссиқлик алмашиниш қурилмаларини ишлатадиган кимё, озик - овкат, энергетика, нефть, металлургия ва бошка саноат корхоналари олдида турибди.

Юкорида кайд этилган муаммоларни ҳал этиш йўли – бу каналларда иссиқлик алмашиниш жараёнини интенсивлашдир.

Интенсивлаш усулини танлаш бир катор шартлар билан белгиланади. Улардан энг асосийлари:

1. Иссиқлик алмашиниш қурилмасининг габарит ўлчамлари ва массасини камайтириш.

2. Иссиқлик алмашиниш жараёнини интенсивлаш учун рухсат этилган энергетик сарфлар ва уни амалга ошириш учун бор энергия тури.

3. Иссиқлик бериш интенсивланадиган окимнинг гидродинамик таркиби. Иссиқлик оқими зичлигининг таксимланиш ёки иссиқлик элткичда температуралар майдони.

4. Иссиқлик алмашиниш қурилмасининг тайёрлаш технологиясига мойиллиги ҳамда эксплуатация даврида қулайлиги ва ишончлилиги.

Ундан ташкари, қурилма конструкцияси ва жараённинг таҳлили, иссиқлик элткични узатиш учун рухсат этилган энергия сарфини аниқлаш имконини беради. Одатда, энергия сарфи деганда насоснинг қуввати назарда тутилади.

Шунинг учун, қурилма оркали иссиқлик элткични узатишда босимлар йўкотилишининг йигиндиси ўзгармас бўлганда, унинг габарит ўлчамларини камайтиришни таъминлайдиган интенсивлаш усуллари яратилиши керак.

Маълумки, ҳамма турбулент окимларни интенсивлаш усулларида иссиқлик беришни жадаллаштириш учун оқим қўшимча сунъий турбулизация қилинади. Лекин шу билан бирга, гидравлик каршилик коэффициенти ҳам ошади. Шунинг учун, интенсивлаш даражасини билиш учун интенсивлаш усулида олинган натижаларни, текис трубада олинган тажриба маълумотлар билан таккослаш максадга мувофик. Бунинг учун Nu/Nu_T нисбатдан фойдаланиш мумкин.

Турбулент окимнинг гидродинамик таркибини ва ундан иссиқлик алмашинишни ўзига хос хусусиятларини билиш, окимнинг кайси соҳасида турбулент тебранишларни интенсивлаш зарурлигини аниқлашга ёрдам беради. Кўпгина олимларнинг маълумотларига биноан, одатда труба девори якинидаги суюкликлар ҳаракатини жадаллаштириш кераклигини ҳеч ким инкор килмайди.

Одатда, турбулентлик интенсивлигини ошириш энергетик сарфлар ўсиши билан боғлиқ, яъни гидравлик каршилик коэффициенти ортади. Шунинг учун, λ_m ни бутун окимда эмас, балки девор якинида ошириш максадга мувофик. Шунга алоҳида эътибор бериш керакки, яратилган интенсивлаш усули иссиқлик алмашиниш қурилмаларини ясаш технологиясини тубдан бузмаслиги керак ва катта серияда ишлаб чикаришга мойил бўлиши зарур. Бу ерда нафакат ясаш ва йиғиш технологияси назарда тутилган, балки оддий қурилмага нисбатан нархи ҳам ҳисобга олинган бўлиши керак.

Ундан ташкари, яратилган интенсивлаш усули қурилма мустаҳкамлигини, ишончлилигини ва унинг эксплуатацион характеристикаларини пасайтирмаслиги керак.

Труба каналларида иссиқлик алмашиниш жараёнини интенсивлаш бўйича ҳамма ишлар таҳлили қуйидаги хулосаларга олиб келди:

1. Сунъий равишда ташкил этилган уюрмавий тузилишли оқим турбулентлигини ҳосил килиш энг самарали воситадир.

2. Трубада бўртик-ботик типидаги силлик кўндаланг тўсиклар ясалиши окибатида ҳосил бўлган уюрмавий оқим турбулентлиги тўсиклар ўлчами ва шаклига катта боғликдир.

3. Иссиқлик алмашиниш жараёнини интенсивлаш учун турбулизатор шакли ўткир кирали (учбурчак, тўғри тўртбурчак ва ҳ.) бўлмаслиги керак, чунки бу шаклли тўсикларнинг гидравлик каршилиги катта.

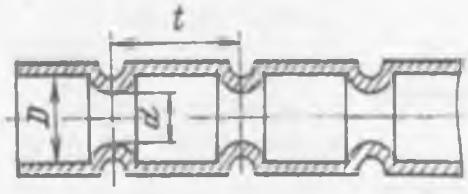
Демак, турбулизаторлар шакли аста-секин ортиб, кейин эса камаювчи, силлик шаклли бўлиши гидравлик каршилик кўрсаткичини кескин ортиб кетмаслигини таъминлайди.

Суюклик ва газларнинг оқими труба ичида ҳаракати даврида девор атрофидаги юпка, чегаравий катламни турбулизация қилиши керак. Ундан ташқари, ушбу девор атрофидаги юпка катламни сунъий равишда турбулизация қилиш учун дискрет жойлашган қўндаланг бўртик турбулизаторлари қўллаш максадга мувофик.

Бир хил баландликдаги силлик ва тўгри тўртбурчак шаклдаги бўртик тусикларнинг тахлили ва ундаги босимни ўлчаш шуни кўрсатдики, девор якинидаги юпка катламнинг турбулизацияси энг минимал гидравлик каршиликларда эришилади (6.46-расм).



6.46-расм. Силлик (а) ва тўгри тўртбурчак (б) шаклидаги бўртик тўсикларда оқим турбулентлигининг тузилиши.



6.47-расм. Ташки томонида қўндаланг ботик арикча ва ички томони силлик бўртик тўсикли самарадор иссиклик алмашиниш юзаси.

Ҳозирги кунда, проф. С.Г.Зокиров ва бошкалар томонидан яратилган, ташки томонида қўндаланг ботик арикча ва ички томони силлик бўртик тўсикли иссиклик алмашиниш юзаси энг самарали интенсивлаш трубаси деб ҳисобланади (6.47-расм). Бу турдаги трубаларни «накатка» усулида ясаш технологияси содда ва осон, нархи эса текис трубанинг бир неча фоизини ташкил этади.

«Накатка» қилиш усулида тайёрланган иссиклик алмашиниш қурилмаси текис трубалардан қурилма ясаш технологиясидан фарк қилмайди. Лекин самарадор трубали иссиклик алмашиниш қурилмасидаги накаткали трубаларнинг умумий узунлиги, текис трубали курилманикидан кам бўлади, яъни камрок сарф бўлади.

Шунинг учун ҳам, ушбу усулда жараённи интенсивлаш қурилманинг габарит ўлчамлари ва массасини 1,5...2,0 маротаба камайтириш имконини беради ҳамда унинг нархини ҳам арзонлаштиради.

Ушбу усулда Pr = 2...80 бўлган суюкликлар учун гидравлик каршилик 2,7...5,0 маротаба ўсганда, иссиклик бериш коэффициентини 2,0...2,6 марта орттиришга эришса бўлади. Ҳаво учун эса, гидравлик каршилик 2,8...4,5 марта ошганда иссиклик бериш коэффициенти 2,8...3,5 маротаба кўпаяди.

«Накатка» қилинган трубалар иссиклик алмашиниш жараёнининг самарадорлигини оширади ва бир катор афзалликларга эга [47,48,59]:

– трубанинг ички ва ташки томонларида иссиклик алмашиниш самарадорлигини бир вактда амалга ошириш мумкин;

– бошка усулларга нисбатан юкори иссиклик алмашиниш самарадорлигига эришилади;

– бу турдаги турбулизаторли трубаларни саноат миқёсида тайёрлаш осон. Бундай трубали қурилмаларни тайёрлаш «Ўзбеккимёмаш» ОАЖда йўлга қўйилган.

Газларни иситиш ва совитиш жараёнида (Re=10^4...4·10^5, d/D =0,88...0,98 учун T_w/T_f = 0,13...1,6) ўртача иссиклик беришни ушбу формула ёрдамида аниклаш мумкин:

агар t/d = 0,25...0,8 бўлса,

$$\frac{Nu}{Nu_T}=\left[1+\frac{\lg \mathrm{Re}-4.6}{35}\right]\cdot\left\{3-2\exp\left[\frac{-18{,}2\cdot(1-d/D)^{1.13}}{(t/D)^{0.326}}\right]\right\} \qquad (6.130)$$

агар t/D = 0,8...2,5 бўлса,

$$\frac{Nu}{Nu_T}=\left[1+\frac{\lg \mathrm{Re}-4,6}{35}\right]\cdot\left[\left(3,33\frac{t}{D}-16,33\right)\frac{d}{D}+\left(17,33-3,33\frac{t}{D}\right)\right] \qquad (6.131)$$

(6.130) ва (6.131) формулалардаги *Nu* ни ҳисоблашда ҳамма параметрлар газнинг ўртача массавий температурасида олинади.

d/D = 0,9...0,97 ва *t/D* = 0,5 параметрларга эга турбулизаторли трубаларда иссиклик беришни ҳисоблашда қуйидаги формуладан фойдаланиш мумкин:

$$\frac{Nu}{Nu_T}=\left(1+\frac{\lg \mathrm{Re}_w-4,6}{7,45}\right)\cdot\left(\frac{1,14-0,28\sqrt{1-d/D}}{1/14}\right)\cdot\exp\left[\frac{9(1-d/D)}{(t/D)^{0.58}}\right] \qquad (6.132)$$

бу ерда, Re_w – деворнинг ўртача температурасида ҳисобланади

(6.130)-(6.132) формулалардаги Nu_T қуйидаги тенгламаларда ҳисобланади:

– газларни иситиш пайтида

$$Nu_T=0,0207\cdot \mathrm{Re}^{0.8}\cdot \mathrm{Pr}^{0.43} \qquad (6.133)$$

бу ерда аниқловчи температура – труба узунлиги бўйича деворнинг ўртача температураси

– газларни совитиш пайтида

$$Nu_T=0,0207\cdot \mathrm{Re}^{0.8}\cdot \mathrm{Pr}^{0.43} \qquad (6.134)$$

бу ерда аниқловчи температура – труба узунлиги бўйича деворнинг ўртача температураси

$$Nu_1=0,018\cdot \mathrm{Re}^{0.8} \qquad (6.135)$$

бу ерда аниқловчи температура – труба узунлиги бўйича ўртача массавий температура

Агар *t/D* = 0,5 ва *d/D* ≥ 0,94 (*Re>Re**) бўлса, суюкликлар учун ўртача иссиклик бериш қуйидаги формуладан топилади:

$$\frac{Nu}{Nu_T}=\left[100\cdot\left(1-\frac{d}{D}\right)\right]^{-0,445} \qquad (6.136)$$

бу ерда Nu_T ушбу формуладан ҳисоблаб топилади

$$Nu_T=0,0216\cdot \mathrm{Re}^{0.8}\cdot \mathrm{Pr}^{0.445} \qquad (6.137)$$

Ушбу трубаларнинг гидравлик каршилигини $Re = 10^4...4\cdot10^5$ ораликда қуйидаги формуладан аниқласа бўлади:

d/D = 0,90...0,97 ва *t/D* = 0,5...1,0 бўлганда:

$$\frac{\xi}{\xi_T}=\left[1+\frac{100\cdot(\lg \mathrm{Re}-4,6)\cdot(1-d/D)^{1,65}}{\exp(t/D)^{0,3}}\right]\cdot\exp\left[\frac{25\cdot(1-d/D)^{1,32}}{(t/D)^{0,75}}\right] \qquad (6.138)$$

d/D = 0,88...0,98 ва *t/D* = 0,5 бўлганда

$$\frac{\xi}{\xi_T}=\left[1+\frac{\lg \mathrm{Re}-4,6}{3,4\,\mathrm{Re}\cdot10^{-5}+6}\right]\cdot\left(1,3-\sqrt{\frac{d}{D}-0,93}\right)\cdot\exp\left[20,9\cdot(1-d/D)^{3,68}\right] \qquad (6.139)$$

d/D = 0,90...0,98 ва *t/D* = 0,25 бўлганда эса,

$$\frac{\xi}{\xi_T}=\left[1-\frac{\lg \mathrm{Re}-4,6}{6\left(\mathrm{Re}\cdot10^{-5}\right)^{0,33}}\right]\cdot\left(3\frac{d}{D}-2\right)\cdot\left(2,5-1,5\frac{d}{D}\right)\cdot\exp\left[17\left(1-\frac{d}{D}\right)^{0,858}\right] \qquad (6.140)$$

(6.138) формуладаги ξ_T қуйидаги тенгламадан топилади:

$$\xi_w=\frac{0,316}{\mathrm{Re}^{0,254}}\cdot\left(\frac{\mu_b}{\mu_w}\right)^n \qquad (6.141)$$

бу ерда газларни иситиш жараёни учун $n = 0,14$, газларни совитиш учун $n = 0$ ва суюкликларни иситиш учун $n = 0,333$

(6.140) ва (6.141) формулардаги ξ_T ушбу тенгламадан ҳисоблаб аниқланади:

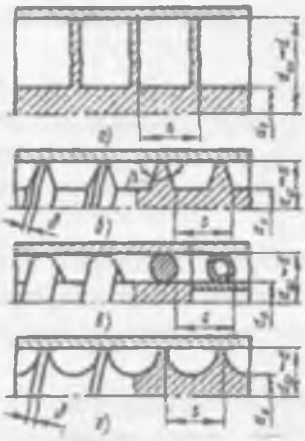
$$\xi_T=0,182\cdot \mathrm{Re}^{-0,2} \qquad (6.142)$$

Юкорида келтирилган девор якинидаги чегаравий катламнинг турбулентлигини жадаллаштирадиган турбулизаторлардан ташкари бошка интенсивлаш усуллари хам кимё машинасозлигида кўлланилади.

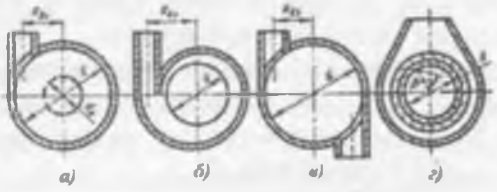
Бошка усуллар ўртасида иссиклик элткичларни труба ичида бураб, спиралсимон харакатлантириш усули алохида ўрин тутади. Бунинг учун 6.48...6.51-расмларда ва 6.8-жадвалда келтирилган мосламалардан фойдаланилади [48,49].

а) трубанинг бир кисми ёки бутун узунлигига винтсимон (буралган лента, шнек) турбулизаторлар ўрнатилади (6.48-расм);

б) трубага иссиклик элткични тангенциал йўналишда узатиш (6.49-расм); в) трубага киришда ёки трубаларнинг керакли жойларига куракчали уюрмалаштиргичлар ўрнатиш (6.49-расм); г) иситкичга бурама-спирал кўринишидаги трубалар ўрнатиш (6.49-расм). Ушбу усулда иссиклик беришни интенсивлаш бир катор омиллар таъсирида рўёбга ошади:



6.48-расм. Шнексимон уюрмалантиргичлар конструкциялари:
а - тўртбурчак арикчали; б – трапеция шаклидаги арикчали; в - сим ёки найча ўраб хосил килинган шнекли; г-ярим доира шаклидаги арикчали



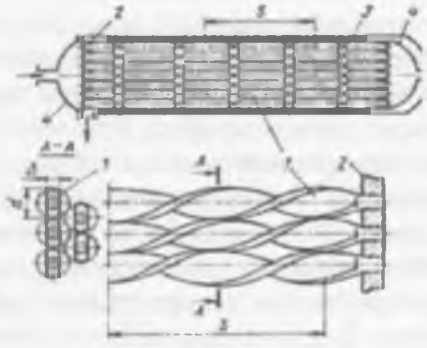
6.49-расм. Иссиклик элткични тангенциал йўналишда узатиш мосламалари:
а-битта тешикли тангенциал уюрмалантиргич, б-чиганок шаклли уюрмалантиргич, в - иккита тешикли уюрмалантиргич, г - тангенциал куракчали уюрмалантиргич

текис трубалар билан бир хил ўртача сарфда уюрмалантиргичли трубаларнинг девори якинида тезлик градиенти ва турбулентли кучланишлар юкори бўлади;

– марказдан кочма куч таъсирида зичлиги юкори совук суюклик девор атрофига, труба марказида эса зичлиги кичик иссик суюклик йигилади. Суюкликнинг катламларга ажралиш



6.50-расм. Аксиал - куракчали уюрмалантиргич:
а) профилли; б - ясси куракчали



6.51-расм. Суюклик окимини бурама йўналишда харакатлантирувчи иссиклик алмашиниш курилмаси:
1 - бурама трубалар; 2 - труба тешикли панжараси; 3 - кобик; 4 - копкок

эффекти иситиш жараёнида иссиклик беришни интенсивлайди;

– винтсимон элементларни қўллаш киррали юзалар эффектини беради. Бу усулда иссиклик бериш коэффициенти 30...40% ортади, гидравлик каршилик эса 1,5...2,5 марта кўпаяди.

Турбулент ва ўтиш режимларида девор якинидаги катлам зонасини интенсивлаш керак, чунки чегаравий катламнинг иссиклик ўтказувчанлиги кичик. Ундан ташкари, бу ерда «девор - суюклик» системасиининг 60...70% температура напори мужассамланган, яъни иссиклик окимиининг зичлиги максималдир.

Яна бир самарали интенсивлаш усули проф. Б.В.Дзюбенко, проф. Г.А.Дрейцер ва проф. С.Г.Зокировлар томонидан яратилган. Бу самарадор труба бўлиб, уни бураш йўли билан ҳосил килинади ва кўндаланг кесим юзаси эллипсоид шаклида бўлади (6.51-расм).

Бурама трубалардан ясалган курилмаларда иссиклик алмашиниш ҳам трубалар ичида, ҳам трубалараро бўшликда интенсивлашади. Агар трубалар бураш кадами S/d = 6...15 бўлса, курилма ҳажмини текис трубали курилмага нисбатан 1,5...2 баробар камайтириш мумкин. Демак, курилманинг массаси ва металл сарфи ҳам кам бўлади.

Бу турдаги трубалар винтсимон каналлари чегарасида тезликнинг айланувчан ташкил этувчисининг тангенциал узилиши рўй беради ва бу ҳол окимни турбулизация ҳолатига олиб келади. Оким ядросига караганда, труба девори якинида суюклик оқими уюрмавий ҳаракатланади. Бурама трубалар биринчи навбатда девор якинидаги суюклик катламини турбулизация килиш учун қўлланилади.

Саноат синовлари шуни кўрсатадики, агар $S/d \approx 12$ бўлса, турбулент режимда трубалараро бўшликда иссиклик алмашиниш ва гидравлик каршилик бир хил даражада ортади. Ўтиш соҳаси $Re = 10^3...10^4$ да эса, гидравлик каршиликдан иссиклик алмашинишнинг ўсиш даражаси кўпрок бўлади.

Иссиклик алмашиниш жараёнини интенсивлашнинг яна бир самарали усули – бу труба ташки юзасида қўшимча киррали юзалар ҳосил килишдир. Ушбу усулда, иссиклик бериш коэффициенти паст бўлган муҳит албатта труба ичига йўналтирилиши керак. Пластина киррали иссиклик алмашиниш юзаларнинг баъзи бирлари 6.8-жадвалга келтирилган.

Иссиклик алмашиниш юзасига механик таъсир усуллари ҳамда электр, ультратовуш ва магнит майдонларининг таъсири, шу кунгача ҳали етарли ўрганилмаган.

Иссиклик алмашиниш жараёнини интенсивлаш натижасида иссиклик ўтказиш коэффициентининг ортиши иссиклик алмашиниш юзалари тоза бўлганда, иситувчи буғ ва иситилаётган суюкликлар ва девор ўртасидаги иссиклик бериш коэффициенти билан белгиланади. Кўпинча ишлатиладиган иссиклик элткичларнинг физик - кимёвий хоссалари, босими, температураси ва иссиклик бериш коэффициентлари бир - биридан кескин равишда фарк килади. Масалан, буғдан деворга иссиклик бериш коэффициентининг киймати α = 4000...15000 Вт/(м^2·К), ковушкок суюкликлар учун эса $\alpha \leq 200$ Вт/(м^2·К).

Кўриниб турибдики, жараённи интенсивлаш α коэффициенти кичик бўлган иссиклик элткич томонидан килиш зарур, яъни ковушкок суюклик томонидан ўтказилиши даркор. Агар иссиклик бериш коэффициенти иккала муҳит учун тахминан бир хил кийматга эга бўлса, интенсивлаш иккала тарафдан ўтказилиши мумкин. Лекин курилмани эксплуатацион ва техник имкониятлари инобатга олиниши зарур.

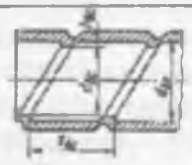
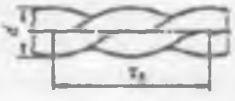
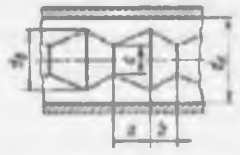
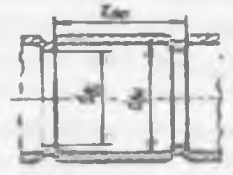
Одатда иссиклик бериш жараёнини интенсивлаш, гидравлик каршиликларни енгиш учун сарфланадиган, ўсиб борувчи энергия билан боғликдир. Шунинг учун, иссиклик бериш жараёнини интенсивлашни характерловчи энг асосий кўрсаткичлардан бири – бу курилманинг энергетик самарадорлигидир. Гидравлик каршилик ўсиши билан иссиклик беришнинг ортиши бир хил даражада бўлиши максадга мувофикдир.

Иссиклик алмашиниш жараёнини интенсивлашнинг қуйидаги усуллари мавжуд:

– девор якинидаги чегаравий катлам окимини интенсивловчи ғадир - будур ва мураккаб шаклдаги юзалар барпо этиш;

Самарадор иссиқлик алмашиниш трубалари

6.8-жадвал

Иссиқлик алмашиниш жараёнини интенсив-лаш усул ва мосламалари	Схема	Иссиқлик алмашиниш жараёнини интенсивлаш усуллари ва мосламалари	Схема
Бурама лента		Ташқи томонида винтсимон қўндаланг ботиқ арикча ва ички томонида силлиқ бўртиқ тўсиқли труба	
Узлуксиз, шнекли лента		Бурама труба	
Конфузор-диффузор типидаги ҳалқасимон канал		Ташқи томонида дискрет жойлаштирилган ботиқ арикча ва ички томонида бўртиқ тўсиқли труба	
Диафрагма кўринишидаги турбулизатор		Диск кўринишдаги турбулизатор	
Сим ковургали		Узлуксиз спирали труба	

– труба ичига оқимни турбулизация қилувчи шнек ва мосламалар ўрнатиш;

– иссиқлик элткич оқимига электр, магнит ва ультратовуш майдонларини таъсир эттириш;

– девор яқинидаги чегаравий қатламни ҳаракатдаги оқим тезлигининг тебраниши ёки уюрмали ҳаракатини ташкил этиш ва уни бурама, спиралсимон траектория бўйича йўналтириш;

– киррали конструкция ясаш йўли билан иссиқлик алмашиниш юзасини ошириш;

– иссиқлик алмашиниш юзасини айлантириш ва тебранма ҳаракатлантириш каби механика таъсир эттириш;

– кўзғалмас ёки мавҳум қайнаш қатламларида донадор насадкаларни қўллаш;

– иссиқлик элткич таркибига қаттиқ заррача ёки газ пуфакчаларини қўшиш.

Аниқ шароит учун интенсивлашнинг у ёки бу усулларини қўллашнинг имконияти ва мақсадга мувофиқлиги унинг техник имконияти ва самарадорлиги билан белгиланади. Трубалар ичида иссиқлик беришни интенсивлаш учун қўлланиладиган айрим мосламалар схемаси 6.8-жадвалда келтирилган.

6-боб. Иситиш, буғлатиш, совитиш ва конденсациялаш

Мустақил тайёрланиш ва қайтариш учун саволлар

1. Иссиқлик алмашиниш қурилмалари қайси гурухлардан иборат?
2. Қобик-трубали иссиқлик алмашиниш қурилмаси конструкцияси чизинг, афзаллик ва камчиликларини аникланг?
3. Трубаларни тешикли панжарага қандай маҳкамлаш усуллари бор?
4. Трубаларни панжарага маҳкамлашнинг исталган 5 конструкциясини чизинг.
5. Трубаларни панжарага жойлаштириш усуллари ва уларнинг афзалликлари.
6. Трубалараро бўшликда қўлланиладиган тўсиклар конструкцияларини чизинг.
7. Кўп йўлли кобик-трубали иссиқлик алмашиниш қурилмаси конструкциясини чизинг, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликларини аникланг?
8. U-симон кобик-трубали иссиқлик алмашиниш қурилмаси конструкциясини чизинг, афзаллик ва камчиликларини аникланг?
9. Линза компенсаторли кобик-трубали иссиқлик алмашиниш қурилмаси конструкциясини чизинг, афзаллик ва камчиликларини аникланг?
10. Ҳаракатчан калпокчали, кобик-трубали иссиқлик алмашиниш қурилмаси конструкциясини чизинг, афзаллик ва камчиликларини аникланг?
11. Қўшалок трубали кобик-трубали иссиқлик алмашиниш қурилмаси конструкциясини чизинг, афзаллик ва камчиликларини аникланг?
12. Труба ичида труба иссиқлик алмашиниш қурилмаси конструкциясини чизинг, афзаллик ва камчиликларини аникланг?
13. Змеевикли иссиқлик алмашиниш қурилмаси конструкциясини чизинг, афзал лик ва камчиликларини аникланг?
14. Ювилиб турувчи иссиқлик алмашиниш қурилмаси конструкциясини чизинг, афзаллик ва камчиликларини аникланг?
15. Спиралсимон иссиқлик алмашиниш қурилмаси конструкциясини чизинг, афзаллик ва камчиликларини аникланг?
16. Пластинали иссиқлик алмашиниш қурилмаси конструкциясини чизинг, афзаллик ва камчиликларини аникланг?
17. Қиррали иссиқлик алмашиниш юзаларининг конструкцияларини чизинг ва афзалликларини аникланг.
18. Ғилофли иссиқлик алмашиниш қурилмаси конструкциясини чизинг, афзаллик ва камчиликларини аникланг?
19. Блок-графитли иссиқлик алмашиниш қурилмаси конструкциясини чизинг, афзаллик ва камчиликларини аникланг?
20. Шнекли иссиқлик алмашиниш қурилмаси конструкциясини чизинг, афзаллик ва камчиликларини аникланг?
21. Регенератив иссиқлик алмашиниш қурилмаси конструкциясини чизинг, афзаллик ва камчиликларини аникланг?
22. Аралашиш иссиқлик алмашиниш қурилмаси конструкциясини чизинг, афзаллик ва камчиликларини аникланг?
23. Бир хил йўлли конденсатор конструкциясини чизинг, афзаллик ва камчиликларини аникланг?
24. Насадкали конденсатор конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
25. Барометрик конденсатор конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
26. Иссиқлик трубаси , термосифон нима ва кандай вазифани бажаради?
27. Иссиқлик алмашиниш қурилмаларини танлашда кайси критерийларга амал килинади?
28. Иссиқлик алмашиниш жараёнларини интенсивлашни кандай усуллари бор?

БУҒЛАТИШ

6.14. Умумий тушунчалар

Қаттиқ, учувчан бўлмаган ёки учувчанлиги ёмон бўлган моддалар эритмаларини кайнатиш даврида эритувчисини ва ҳосил бўлган буғларни чиқариб юбориш жараёнига ***буғлатиш*** дейилади.

Одатда, саноат миқёсида буғлатиш жараёни эритмаларни кайнатиш йўли билан амалга оширилади.

Эритмаларни буғлатишдан максад уларнинг концентрациясини орттириш бўлиб, яъни эритмаларни қуюқлаштиришдир. Агарда қуюқлаштирилган эритмалардан яна эритувчи чикарилса, каттик моддалар кристаллана бошлайди ва кристаллар ажралиб чикади.

Суюлтирилган эритмалар концентрациясини ошириш ёки улардан эриган моддаларни кристаллаш усулида ажратиб олиш учун буғлатиш жараёни қўлланилади.

Кимё, нефть-газни кайта ишлаш ва бошка саноатларда буғлатиш жараёнидан кенг кўламда фойдаланилади. Масалан, туз, ишкор каби моддаларнинг сувли эритмаларини, минерал ва органик кислоталар, кўп атомли спиртлар, эритмаларни концентрлашда бу жараёнсиз технологияни тасаввур қилиб бўлмайди. Шу билан бирга, ушбу жараённи тоза эритувчи ишлаб чикариш учун ҳам қўлласа бўлади.

Шуни алоҳида кайд этиш керакки, агар ***буғланиш*** жараёни кайнаш температурасидан паст, исталган температурада эритма юзасида содир бўлса, ***буғлатиш*** эса кайнаш температурасидан юқори температурада, эритманинг бутун ҳажмида юз беради.

Ушбу жараёнлар буғлатиш қурилмаси деб номланадиган қурилмаларда амалга оширилади. Маълумки, узлуксиз ва узлукли буғлатиш жараёнларини ташкил этиш мумкин. Узлукли ишлайдиган қурилмалар, одатда кам миқдорда маҳсулот ишлаб чикарадиган технологияларда қўлланилади.

Йирик саноат корхоналарида узлуксиз ишлайдиган буғлатиш қурилмаларидан фойдаланилади ва уларнинг иссиклик алмашиниш юзалари 600...2000 м^2 бўлади. Бундай қурилмаларнинг тежамкорлигини аникловчи асосий омил бўлиб, ундаги буғ ва сув сарфи ҳисобланади.

Буғлатиш вакуум, атмосфера ва юқори босим остида олиб борилиши мумкин.

Вакуум остида буғлатиш пайтида иккиламчи буғни махсус конденсаторда конденсациялаш йўли билан қурилмада вакуум ҳосил қилинади ва насос ёрдамида конденсацияланмаган газлар сўриб олинади. Бу усулда жараён олиб борилса, эритманинг кайнаш температурасини пасайтиришга эришса бўлади. Натижада юқори температурага ўта таъсирчан маҳсулотлар сифатини сақлаб колиш имконияти туғилади. Ундан ташқари, вакуумни жараёнда қўллаш, ҳаракатга келтирувчи куч миқдорини оширади ва буғлатиш қурилмасининг иссиклик алмашиниш юзасини ҳамда металл сарфини камайтириш имконини беради.

Вакуум остида буғлатишнинг яна бир афзаллиги шундаки, паст температура ва босимли иссиклик элткичлардан фойдаланиш мумкин. Бу усулда буғлатилганда, ҳосил бўлган иккиламчи буғни, кейинги кобикда бирламчи буғ сифатида қўллаш мумкин.

Албатта, бу усулнинг камчиликлари ҳам бор: жараёнда вакуумни қўллаш унинг нархини оширади; буғлаткичдан ташқари бир нечта қўшимча қурилма ва мосламаларни ишлатиш керак.

Атмосфера босимида буғлатиш жараёнида ҳосил бўлган иккиламчи буғ атроф-муҳитга чикариб юборилади. Бундай усул энг содда деб ҳисобланса ҳам, лекин у иқтисодий жиҳатдан энг тежамсиздир.

Юқори босим остида буғлатиш жараёнида ҳосил бўлган иккиламчи буғ кайтадан буғлатиш жараёнида ҳамда бошка максадлар учун ҳам ишлатиш мумкин. Бу усулда жараён юқори босимда олиб борилгани учун, эритмаларнинг кайнаш температураси анча кўтарилади.

Бошка максадлар учун ишлатиладиган иккиламчи буғ – ***экстра буғ*** деб номланади. Юқори босим остида буғлатиш жараёнида ажралиб чиккан иккиламчи буғни кайтадан

қўллаш, вакуум остида буғлатишга нисбатан, иссикликдан тўла миқдорда фойдаланиш имконини беради. Шунингучун, ушбу усул фақат иссикликка бардош эритмаларни буғлатиш учун қўлланилади. Ундан ташқари, юкори босим остида буғлатиш жараёни учун юкори температурали иссиклик элткичларни ишлатиш керак. Бу ҳол албатта, унинг энг асосий камчилигидир.

Атмосфера босими, айрим ҳолларда вакуум остида жараён олиб борилганда, бир корпусли буғлаткичлардан фойдаланилади. Лекин саноат миқёсида кўпинча бир неча қурилмадан йиғилган кўп корпусли буғлатиш қурилмаларида жараённи олиб бориш кенг тарқалган. Бундай қурилмаларда фақат биринчи корпусда бирламчи буғ ишлатилади. Иккинчи, учинчи ва кейинги корпусларда эса, олдинги корпусда ажралиб чиккан иккиламчи буғ қўлланилса, элткич тежалишига сабабли бўлади ва буғ сарфининг камайишига олиб келади.

Бир корпусли буғлатиш қурилмаларида ҳам, бирламчи буғ сарфини камайтириш мумкин. Бунинг учун, қурилмадан чиқаётган иккиламчи буғ иссиклик насоси ёрдамида бирламчи буғ температурасига тўғри келадиган босимгача сикилади ва кайтадан эритмани буғлатиш учун қурилмага йўналтирилади.

6.15. Буғлатишнинг назарий асослари

Буғлатиш жараёнида эритмаларнинг концентрацияси ортади ва натижада унинг физик ва иссиклик хоссалари ўзгаради.

Буғлатиш қурилмаларини ҳисоблаш, лойиҳалаш ва эксплуатация қилиш учун муҳим бўлган эритмаларнинг баъзи бир хоссаларини кўриб чикамиз.

Температура депрессияси – Δ'. Эритма $T_э$ ва эритувчилар T кайнаш температуралари ўртасидаги фаркдир, яъни $\Delta t = T_э - T$ температура депрессияси деб номланади. Эритмалар назариясидан маълумки, бир хил T температурада тоза эритувчи устидаги буғларининг босими p_1, эритма устидаги буғларнинг босими p_2 дан ҳар доим кўп бўлади ёки бир хил босимда тоза эритувчининг кайнаш температураси эритманинг кайнаш температурасидан паст бўлади.

Эритмаларнинг температура депрессияси эритувчи ва эриган моддалар хоссаларига боғликдир. Босим ва концентрация ортиши билан температура депрессияси ошади. Кўпинча, ушбу кўрсаткич тажрибавий йўл билан аникланади.

Маълумки, буғлаткичларда иссиклик йўкотилиши окибатида температураларнинг пасайиш ҳодисаси юз беради. Натижада температуралар фарки камаяди ва жараён интенсивлиги сусаяди. Температуралар йўкотилиши Δ, температура депрессияси Δ', гидростатик Δ'' ва гидравлик депрессия Δ''' лар йиғиндисига тенг, яъни:

$$\Delta = \Delta' + \Delta'' + \Delta''' \qquad (6.143)$$

Агар эритманинг атмосфера босимдаги температура депрессияси $\Delta'_{атм}$ маълум бўлса, исталган бошка босимлардаги депрессия проф. И.А.Тишенконинг тахминий формуласидан ҳисоблаб аниклаш мумкин:

$$\Delta' = 1{,}62 \cdot 10^{-2} \frac{T^2}{r} \Delta'_{атм} \qquad (6.144)$$

бу ерда, T – маълум босимдаги тоза эритувчининг кайнаш температураси, К, r – маълум босимдаги тоза эритувчининг буғлатиш иссиклиги, кЖ/кг, $\Delta'_{атм}$ – атмосфера босимидаги температура депрессияси, °С.

Агар $\Delta'_{атм}$ катталиги бўйича тажрибавий маълумотлар йўк бўлса, уни бир нечта усул билан тахминан ҳисоблаб топиш мумкин. Бирор босимда эритманинг битта кайнаш температураси маълум бўлса - Бабо, иккита температураси маълум бўлганда эса - Дюринг ёки Киреев коидасига биноан аниклаш имкони бор.

Бабо коидасига биноан, бирор концентрацияли эритма устидаги буғ босимининг пасайиши $(p_1 - p_2)/p_1$ ёки p_2/p_1 температурага боғлик эмас ва ўзгармас кийматга тенгдир:

$$\frac{p_2}{p_1} = K = const \qquad (6.145)$$

бу ерда, p_1 ва p_2 – эритувчи ва эритма буғларининг босимлари.

Гидростатик депрессия – Δ''. Буғлаткич кайнаш трубаларининг бир кисми суюклик билан тўлиб турган бўлади ва унинг устида буғ – суюкликдан иборат эмульсия катламида юкорига караб кўтарилган сари буғнинг микдори ошиб боради.

Агар кайнаш трубасидаги суюклик ва эмульсияни шартли равишда суюклик деб номласак, унда гидростатик босимлар фарки ҳисобига трубанинг пастки кисмидаги суюкликнинг кайнаш температураси тепа кисминикидан юкори бўлади.

Гидростатик эффект ҳисобига эритма кайнаш температурасининг ортиши ***гидростатик депрессия*** деб аталади.

Буғлатиш жараёни вакуум остида олиб борилганда, гидростатик депрессия салмокли бўлади.

Тўйинган сув буғи t_c ва иккиламчи буғ температура T лари орасидаги фарк гидростатик депрессияни беради:

$$\Delta'' = t_c - T'' \qquad (6.146)$$

Ушбу тенглик эритма ҳаракатини инобатга олмагани учун унинг хатолиги катта. Шунинг учун Δ'' нинг кийматлари тажрибавий усулда топилади.

Вертикал буғлаткичда интенсив ҳаракатланаётган эритмалар учун Δ'' микдори 1...3^{0}С ораликда кабул килиниши мумкин.

Гидравлик депрессия – Δ'''. Ушбу депрессия иккиламчи буғнинг сепаратор ва кувурлар оркали ҳаракати даврида ишкаланиш ва маҳаллий каршиликларни енгиши туфайли вужудга келадиган температура йўкотилишлар.

Ушбу гидравлик каршиликларни енгиш вактида босимнинг камайиши, температура пасайишига сабабчи бўлади.

Демак, гидравлик каршиликлар туфайли эритма кайнаш температурасининг кўпайиши ***гидравлик депрессия*** деб номланади. Одатда Δ''' нинг киймати 0,5...1,5 ^{0}С оралиғида бўлади.

Юкорида кайд этилган депрессияларни ҳисобга олсак, эритманинг кайнаш температураси қуйидагича ҳисобланади:

$$t_к = T' + \Delta' + \Delta'' \qquad (6.147)$$

бу ерда, T'– иккиламчи буғ температураси, К

Эритмалар иссиклик сиғими температура ва эриган моддалар концентрациясининг функциясидир.

Кўпчилик эритмалар иссиклик сигими аддитивлик коидасига бўйсунмайди. Шунинг учун эритманинг ушбу хоссасини эриган модда ва эритувчилар иссиклик сиғимлари ёрдамида аниклаб бўлмайди. Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, эритма концентрацияси кичалик катта бўлса, унинг иссиклик сиғими шунчалик аддитивлик коидасига кам бўйсунади. Эритманинг ушбу хоссаси махсус адабиётларда келтирилган.

Эритиш иссиклиги эритманинг концентрацияси, эритувчи ва эриган моддалар хоссаларига боғлик. Қўшимча каттик моддалар эриши даврида кристаллик панжара бузилади. Албатта, бунинг учун энергия сарфланади ва окибатда эритманинг совиши рўй беради. Агар эритувчи ва эрийдиган моддалар ўзаро кимёвий реакцияга киришса, гидратлар ҳосил бўлиб, жараён натижасида иссиклик ажраб чикади. Шундай килиб, эритиш иссиклиги эриш ва кимёвий ўзаро таъсир иссикликлари йиғиндисига тенг.

Осон гидрат ҳосил киладиган моддалар мусбат эритиш иссиклигига (сувда) эга; гидрат ҳосил килмайдиган моддалар – манфий эритиш иссиклигига эга.

6.16. Буғлатиш усуллари

Саноатда мавжуд технологияларда асосан қуйидаги буглатиш усулларидан фойдаланилади:

– оддий буғлатиш (узлукли ва узлуксиз);

– кўп корпусли қурилмаларда буғлатиш (фақат узлуксиз);

– иссиклик насосларини қўллаб буғлатиш.

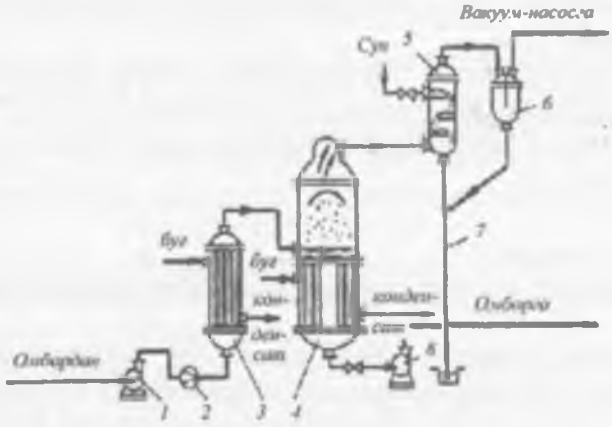
Эритмалар ва иситувчи буғ хоссаларига караб ҳамма 3 та буғлатиш усуллари вакуум ва босим остида ўтказилиши мумкин. Иссиклик элткич сифатида, деярли ҳар доим, тўйинган сув буғи ишлатилади. Камдан - кам ҳолларда эритмалар электр токи ёки оралик иссиклик элткичлари ёрдамида иситилади.

Оддий буғлатиш. Иссиклик тежалиши катта аҳамиятга эга бўлмаган ва унумдорлиги кичик бўлган қурилмаларда оддий буғлатишдан фойдаланилади. Ундан ташкари, температура депрессияси юкори эритмаларнигина узлукли ишлайдиган, бир корпусли буғлатиш қурилмасида амалга ошириш иктисодий жиҳатдан тўғри ва максадга мувофикдир. Узлукли буғлатишни икки хил йўл билан олиб бориш мумкин: бошланғич эритмани даставвал юклаш ва озоз микдорда юклаш.

Узлуксиз ишлайдиган оддий буғлатиш қурилмаси 6.52-расмда келтирилган.

Бошланғич концентрацияли эритма насос 1 ёрдамида сарф ўлчағич 2 оркали иситкич 3 га узатилади. У ерда эритма кайнаш температурасигача иситилади ва сўнг буғлаткич 4 га буғлатиш учун юборилади. Қурилма 4 нинг пастки кисмида эритма сув буғи ёрдамида иситилади, натижада эритувчи буғланади. Ҳосил бўлган иккиламчи буғ курилма 4 нинг юкори кисми бўлмиш сепарацион бўлимида майда томчилардан ажратилади ва барометрик конденсатор 5 га йўналтирилади. Ундан иккиламчи буғ конденсацияланади.

Конденсацияланмаган инерт газлар ушлагич 6 оркали вакуум - насос 8 ёрдамида сўриб олинади. Совутувчи сув билан ҳосил бўлган конденсат барометрик труба 7 оркали йиғгичга тушурилади. Қуюклаштирилган эритма насос 8 ёрдамида тайёр маҳсулот омборига узатилади.



6.52-расм. Бир корпусли, узлуксиз ишлайдиган буғлатиш қурилмасининг схемаси:
1, 8 - насослар, 2 - сарф ўлчагич, 3 - иситкич;
4 - буғлаткич, 5 - барометрик конденсатор,
6 - ушлагич, 7 - барометрик труба.

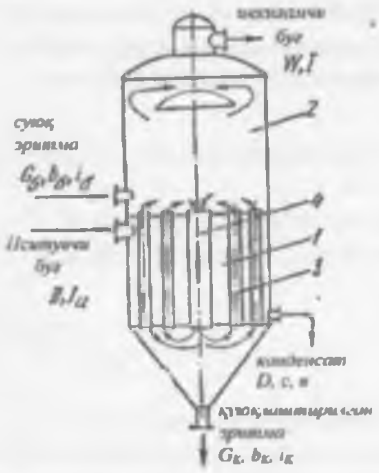
Вакуум остида эритмаларни буғлатиш жараёнини ташкил этишнинг бир катор афзалликлари бор: эритма кайнаш температураси пасаяди; паст босимли буғларни иссиклик элткич сифатида қўллаш мумкин.

Марказий циркуляция трубали, узлуксиз ишлайдиган буғлаткич 6.53-расмда кўрсатилган.

Буғлаткич асосан икки кисмдан, яъни иситувчи камера 1 ва сепаратор 2 дан иборат бўлади.

Камера 1 кўпинча тўйинган сув буғи билан иситилади. Сув буғи камеранинг трубалараро бўшлиғига йўналтирилади, у ерда труба девори оркали ўз иссиклигини эритмага узатади ва совитиш натижасида конденсацияланади. Ҳосил бўлган конденсат камеранинг пастки кисмидаги штуцер оркали ташкарига чикарилади.

Трубаларда иситилаётган эритманинг температураси ортиши билан зичлиги камаяди. Натижада, эритма труба бўйлаб юқорига кўтарилади ва девор оркали ўтаётган иссиклик таъсирида кайнаш бошланади. Қайнаш жараёнида ҳосил бўлаётган иккиламчи буғ эритмадан ажрайди ва сепаратор 2 га караб ҳаракатланади. У ерда буғ майда эритма томчиларидан ажратилади ва буғ ташкарига чикарилади. Сепараторда ажратилган томчилар яна кайтадан буғланаётган эритмага қўшилади.



6.53-расм. Марказий циркуляция трубали буғлаткич:
1 - иситувчи камера. 2 - сепаратор. 3 - иситувчи трубалар. 4-циркуляция трубаси

Эритманинг маълум кисми (зичлиги юкори) циркуляция трубаси оркали буғлатишнинг пастки кисмига тушади. Ушбу трубадаги эритма ва иситувчи трубалардаги «буғ - суюклик» аралашмаси зичликлари ўртасидаги фарк таъсирида бетўхтов равишда циркуляция килиб туради. Концентрацияси ошган, яъни қуюклашган эритма, курилманинг пастки кисмидан чикариб олинади.

6.16.1. Оддий буғлатишнинг моддий баланси

Оддий буғлатиш жараёнининг моддий баланси ушбу тенгламалар ёрдамида ифодаланади:

$$G_б = G_{ох} + W \qquad (6.148)$$

бу ерда, $G_б$ – бошлангич эритма сарфи, кг/соат; $G_{ох}$ – қуюклаштирилган эритма сарфи, кг/соат; W – буғлатилган сув миқдори, кг/соат

Эритмадаги курук моддага нисбатан моддий баланс ушбу кўринишга эга:

$$\frac{G_б \cdot x_б}{100} = \frac{G_{ох} \cdot x_{ох}}{100} \qquad (6.149)$$

бу ерда, $x_б$ ва $x_{ох}$ – эритманинг бошлангич ва охирги концентрациялари, % (масс)

(6.148) ва (6.149) тенгламалардан фойдаланиб буғлатилган сув миқдорини топиш мумкин:

$$W = G_б\left(1 - \frac{x_б}{x_{ох}}\right) \qquad (6.150)$$

Эритманинг охирги концентрацияси эса:

$$x_{ох} = G_б \frac{x_б}{G_б - W} \qquad (6.151)$$

Қуюклаштирилган эритма бўйича буғлаткичнинг иш унумдорлиги қуйидаги тенгламадан топилади:

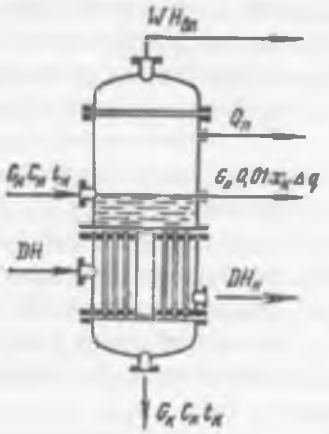
$$G_{ох} = \frac{G_б \cdot x_б}{x_{ох}} \qquad (6.152)$$

6.16.2. Оддий буғлатишнинг иссиклик баланси

Оддий буғлатиш жараёнининг иссиклик баланси 6.54-расмда келтирилган иссиклик окимлари асосида битта тенглик ёрдамида ёзилиши мумкин:

$$G_б c_б t_б + DI = G_{ох} c_{ох} t_{ох} + G_{ох} 0{,}01 x_{ох} \Delta q + W \cdot I_{иб} + D \cdot I_к + Q_{бур} \qquad (6.153)$$

бу ерда, D – иситувчи буғ сарфи, кг/соат; I – иситувчи буғ энтальпияси, кЖ/кг; $t_б$ ва $t_{ох}$ – эритманинг бошланғич ва охирги температуралари, °С; $I_к$ – конденсат энтальпияси, кЖ/кг, Δq – эритмани $x_б$ ва $x_{ох}$ гача қуюқлаштириш иссиклиги, кЖ/кг; $Q_{бур}$ – иссикликнинг атроф-мухитга йўқотилиши, кЖ/соат



6.54-расм. Оддий буғлатиш жараёни иссиклик окимлар схемаси:

$G_б c_б t_б$	– бошланғич эритма билан иссиклик кириши;
DI	– иситувчи буғ билан иссиклик кириши;
$G_{ох} c_{ох} t_{ох}$	– қуюқлашган эритма билан иссиклик чикиши;
$WI_{иб}$	– иккиламчи буғ билан иссикликнинг чикиши;
$DI_к$	– иситувчи буғ конденсати билан иссикликнинг чикиши;
$0{,}01 \cdot x_{ох} \cdot G_{ох} \cdot \Delta q$	– қуюқлаштириш иссиклиги;
$Q_{бур}$	– атроф-мухитга иссиклик йўқотилиши.

Агар (6.148) тенгламани (6.153) га қўйсак, ушбу кўринишга эришамиз

$$G_б c_б t_б + W c_б t_б + DI = G_{ох} c_{ох} t_{ох} + G_{ох} 0{,}01 x_{ох} \cdot \Delta q + W \cdot I_{иб} + D \cdot I_к + Q_{бур} \qquad (6.154)$$

бундан

$$D = G_{ох} \frac{c_{ох} t_{ох} - c_б t_б + 0{,}01 x_{ох} \Delta q}{I - I_{ох}} + W \frac{I_{иб} - c_б t_б}{I - I_{ох}} + \frac{Q_{бур}}{I - I_{ох}} \qquad (6.155)$$

(4.176) тенгламадан кўриниб турибдики, буғлатиш учун зарур бўлган иситувчи буғ сарфи, учта қўшилувчи ёрдамида аникланади:

– биринчиси, буғлатилаётган эритма энтальпиясини ўзгартириш учун зарур буғ сарфи;

– иккинчиси, иккиламчи буғ ҳосил килиш учун зарур буғ сарфи;

– учинчиси, атроф-мухитга йукотилинаётган иссикликни коплаш учун зарур буғ сарфи.

Биринчи ва учинчи қўшилувчилар киймати, иккинчисига караганда, жуда кичикдир. Шунинг учун, тахминий ҳисоблашларда $H_{иб} - c_б t_б \approx I - I_к$ эканлигини инобатга олиб, эритмадан 1 кг сувни буғлатиш учун 1,1...1,2 кг иситувчи буғ керак деб кабул килинади.

6.16.3. Иситиш юзаси

Зарур иссиклик алмашиниш юзаси иссиклик ўтказишнинг асосий тенгламасидан аникланади, яъни $Q = KF\Delta t$ дан.

Унда, узлуксиз ишлайдиган буғлаткичнинг иситиш юзаси қуйидаги ифодадан топилади:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t}$$

бу ерда, t – температураларнинг фойдали фарки, иситувчи тўйинган сув буғи ва кайнаётган эритма температуралари фаркига тенг

Температураларнинг фойдали фарки температуралар умумий фарки ва температура депрессиялари оркали аникланади.

Иситувчи ва иккиламчи буг температуралари орасидаги фаркга температураларнинг умумий фарки дейилади ва ушбу кўринишда ёзилади:

$$\Delta t_{ум} = t_{иб} - t_{конд} \qquad (6.156)$$

бу ерда, $t_{иб}$ – иситувчи буг температураси, °С; $t_к$ – конденсаторга киришдаги иккиламчи буг температураси, °С.

Температураларнинг фойдали фарки $t_{ум}$ дан температуралар йўкотилиш йиғиндиси $\Sigma\Delta$ га караганда камрок бўлади, яъни

$$\Delta t = \Delta t_{ум} - \Sigma\Delta \qquad (6.157)$$

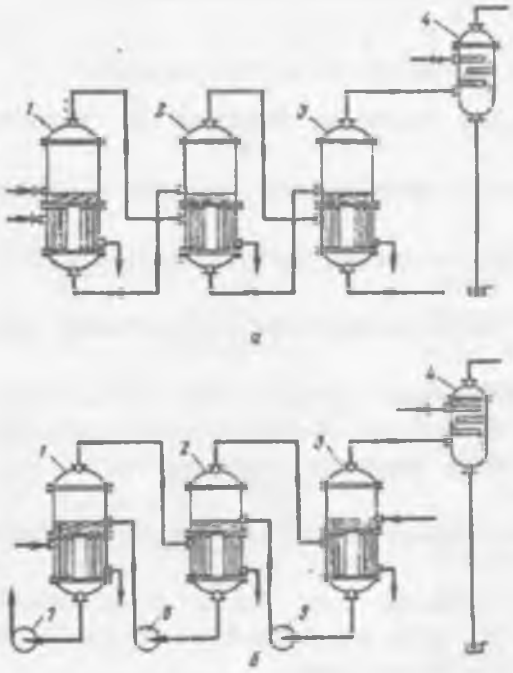
бу ерда

$$\Sigma\Delta = \Delta' + \Delta'' + \Delta'''$$

Кўп корпусли курилмаларда буғлатиш. Бу турдаги курилмаларда иситувчи буғ сифатида иккиламчи буг ишлатилади. Натижада жуда катта микдорда иссиклик тежалади. Эритмадан 1 кг сувни буглатиш учун иситувчи, тўйинган сув буғининг солиштирма сарфи куйидагича:

– бир корпусли курилма учун 1,1...1,2 кг;
– икки корпусли курилма учун 0,57 кг;
– уч корпусли курилма учун 0,40 кг;
– тўрт корпусли курилма учун 0,30 кг;
– беш корпусли курилма учун 0,27 кг.

Кўп корпусли курилмаларда буғлатиш жараёнини юкори босимли иситувчи буғ ёки вакуум ёрдамида амалга ошириш мумкин.



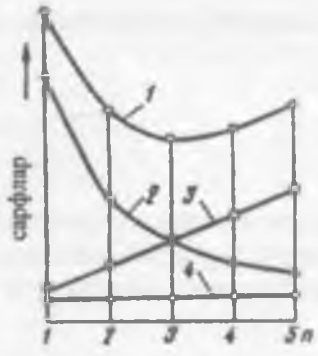
6.55-расм. Буғлатиш курилманинг принципиал схемалари:
а - бир хил (параллел) йўналишли; б - карама-карши йўналишли; 1-3-корпуслар; 4-барометрик конденсатор; 5-7 - насослар

Буғлатиш корпусларидаги босим шундай бўлиши керакки, унга узатилаётган буг температураси, шу корпусдаги эритманинг кайнаш температурасидан юкори бўлиши таъминланиши керак. Охирги корпусдаги иситувчи буғнинг босими техник - иқтисодий ҳисоблар асосида аникланади.

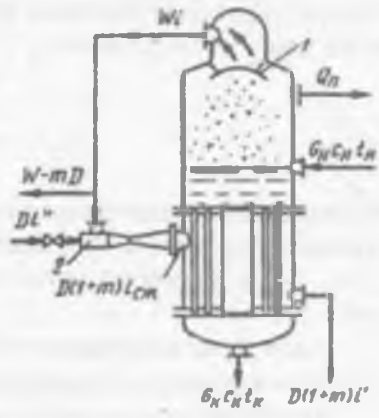
Иситувчи буғ ва эритманинг ҳаракат йўналишига караб параллел (бир хил), карама - карши ва комбинацияланган йўлли кўп корпусли буғлатиш курилмаларига бўлинади. 4.55а-расмда уч корпусли параллел йўналишли буғлатиш курилмаси келтирилган.

Бошланғич эритма корпус 1 га юборилади, сўнг корпус 2 ва 3 га узатилади ва керакли концентрациягача қуюқлаштирилгандан сўнг корпус 3 нинг пастки кисмида чикарилади. Корпус 1 дан корпус 3 га караб босим пасайиб боради. Шунинг учун, эритма босимлар фарки остида корпусдан корпусга ўтиб боради. Иситувчи буғ эритма каби ўша йўналишда бир корпусдан кейингисига ҳаракат килади, яъни корпус 1 да ҳосил бўлган иккиламчи буғ 2-корпусга иситувчи буғ бўлиб, 2-корпусда ҳосил бўлган иккиламчи буғ эса, 3-корпусга иситувчи буғ бўлиб, 3- корпусда ҳосил бўлган иккиламчи буг конденсацияланиш учун барометрик конденсатор 4 га юборилади.

6.55б-расмда уч корпусли карама - карши йўналишли буғлатиш қурилмаси тасвирланган. Янги иситувчи буғ 1-корпусга ҳайдалади, иккиламчи буғлар эса 1-корпусдан 3-га караб ҳаракат килади. Бошланғич эритма эса, аввал 3-корпусга юкланади, сўнг эса 3-корпусдан 1-корпус томон караб узатилади. Қуюклаштириб бўлинган эритма 1-корпуснинг пастки кисмидан чикариб олинади. Ҳар бир кейинги корпусдаги босим аввалги корпусникидан кам бўлгани учун, эритмани узатиш учун насос 5, 6, 7 лар хизмат килади.



6.56-расм. Буғлатиш корпуслари *n* нинг оптимал сонини аниклашга оид:
1 - умумий сарфлар; 2 - энергетик (иситувчи буғга бўлган) сарфлар; 3 - капитал ва амортизация сарфлари; 4 - эксплуатация сарфи



6.57-расм. Турбокомпрессорли буғлатиш қурилмаси:
1 - буғлаткич;
2 - турбокомпрессор

Комбинациялашган буғлатиш қурилмаларида эритмани киритиш ва чикариш вариантлари турлича бўлиши мумкин.

Параллел йўналишли буғлатиш қурилмасининг афзалликлари: эритмани корпусдан корпусга узатиш учун насос керак эмас.

Ҳар бир кейинги корпусда, юкори концентрацияли эритма, нисбатан пастрок босимда буғлатилади.

Шунинг учун охирги корпусдаги иссиклик ўтказиш коэффициенти биринчисига караганда анча кичик бўлади.

Қарама-карши йўналишли буғлатиш қурилмасининг афзалликлари: жуда юкори концентрацияларгача қуюклаштириш мумкин; бир йўналишли қурилмаларга нисбатан кичик иситиш юзаси талаб этилади. Камчилиги: эритмани корпусдан корпусга узатиш учун насослар зарур.

6.56-расмда буғлатиш қурилмалари сонининг ортиши билан турли сарфлар ўзгариши кўрсатилган.

Юкорида кайд этилгандан маълумки, қурилмалар сони ўсиши билан эритма таркибидаги 1 кг сувни буғлатиш учун иситувчи буғ сарфи кескин камайиб боради. Лекин қурилмалар сони ортиши билан температура йўкотилишлар кўпаяди.

Иссиклик алмашиниш жараёни самарали ўтиши учун температураларнинг фойдали фарки маълум кийматга эга бўлиши керак. Табиий циркуляцияли қурилмалар учун ушбу фарк 5...7°С ва мажбурий циркуляцияли учун эса - 3°С дан кам бўлмаслиги зарур.

Буғлатиш қурилмаларининг сони кўп бўлса, бунда температуралар йўкотилишининг йигиндиси, температураларнинг умумий фаркига тенг ёки ундан ортиб кетиши мумкин. У ҳолда эритмаларни буғлатиш кийинлашади ва жараённи ўтказиш имкони бўлмай қолади.

Қурилмаларнинг оптимал сонини техник-иктисодий ҳисоблашлар йўли билан аниклаш максадга мувофикдир.

Графикдаги эгри чизик 1 нинг минимумига тўғри келадиган минимал умумий сарфлар, кўп корпусдаги буғлатиш қурилмасининг оптимал сонини кўрсатади. Саноат микёсида кўп корпусли буғлатиш қурилмаларининг оптимал сони 3...4 та бўлади.

Иссиклик насосини қўллаб буғлатиш. Ушбу усул, шу қурилмада олинган иккиламчи буғни кайтадан ўша буғлаткичда қўллашга асосланган. Бунинг учун иккиламчи буғ температураси иситувчи буғ температурасигача кўтариш зарур. Иккиламчи буғ температурасини ошириш учун у компрессор ёки инжекторли иссиклик насосда сикилади. Одатда, иккиламчи буғни сикиш ва узатиш воситаси сифатида турбокомпрессор қўлланилади (6.57-расм).

Буғлаткичдан чикаётган босими $p_{ик}$ ва энтальпияси i иккиламчи буғ турбокомпрессор ёрдамида сўриб олинади ва у ерда p босимгача сикилади. Сикиш натижасида буғнинг энтальпияси i гача ўсади. Шундай килиб, сикилиш натижасида буғ $\Delta i = i_c - i$ миқдорда иссиклик олади. Турбокомпрессордан чикаётган сикилган буғ буғлатиш қурилмасининг иситиш камерасига йўналтирилади.

Жараённинг иссиклик баланси:

$$G_б c_б t_б + D \cdot i'' + W \cdot i_c = G_{ск} \cdot c_{ск} \cdot t_{ск} + W \cdot i + (D+W) \cdot i' + Q_{йўк} \qquad (6.158)$$

бундан иситувчи буғ сарфи:

$$D = G_{ск} \frac{c_{ск} t_{ск} - c_б t_б}{i'' - i'} + W \frac{i - c_б t_б - i_c}{i'' - i'} + \frac{Q_{йўк}}{i'' - i'} \qquad (6.159)$$

бу ерда, i_c – иккиламчи буғнинг турбокомпрессорда сикилгандан кейинги солиштирма энтальпияси, кЖ/кг.

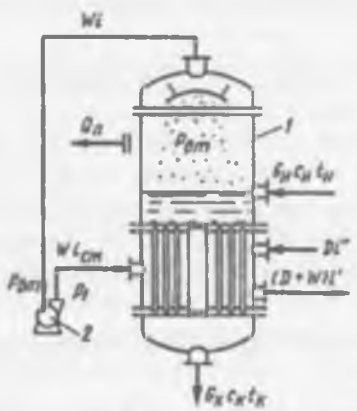
(6.155) ва (6.159) тенгламаларни таккослашдан кўриниб турибдики, иккиламчи буғлар энтальпиясини ошириш ҳисобига иситувчи буғ сарфи i_c кийматга камрок сарфланади:

$$D = W \frac{i - c_б t_б - i_c}{i'' - i'} \qquad (6.160)$$

Турбокомпрессорда сарфланаётган кувват миқдори ушбу тенгламадан топилади:

$$N = \frac{W(i_c - i)}{3600 \eta_{ад} \cdot \eta_{мех}} \qquad (6.161)$$

бу ерда, $\eta_{ад}$ – турбокомпрессорнинг адиабатик ф.и.к.; $\eta_{мех}$ – электр юритгич ва юритмаларнинг механик ф.и.к.



6.58-расм. Инжектор иссиклик насосли буғлатиш қурилмси:
1- буғлатгич; 2- иссиклик насоси

Буғ-инжектор иссиклик насосли буғлаткичда иситувчи буғ инжекторга узатилади (6.58-расм). Буғ-инжектор Вентури трубаси типидаги мослама бўлиб, уни ясашга кўп металл сарфланмайди. Инжектор ишлаши пайтида вакуум ҳосил бўлади ва буғлаткичда ажралиб чиккан, босими $p_{ик}$ ва энтальпияси i бўлган, иккиламчи буғни сўриб олади.

Иситувчи буғни ҳар бир массавий бирлиги иккиламчи буғнинг m массавий бирлигини сўриб олади. Натижада $D(1+m)$ миқдорда иситувчи буғ олинади, лекин унинг босими бирламчи буғнинг босимидан паст, иккиламчи буғникидан эса юкори бўлади. $W-mD$ миқдордаги буғ қурилмадан бошқа максадлар учун ажратиб олинади.

Жараённинг иссиклик баланси ушбу тенглик билан ифодаланади:

$$D \cdot (1+m) \cdot i_c + G_б c_б t_б = G_{ск} c_{ск} t_{ск} + W \cdot i + D \cdot (1+m) \cdot i' + Q_{йўк} \qquad (6.162)$$

бундан буғ сарфи:

$$D = G_{ск} \frac{c_{ск} t_{ск} - c_б t_б}{(1+m) \cdot (i_c - i')} + W \frac{i - c_б t_б}{(1+m) \cdot (i_c - i')} + \frac{Q_{йўк}}{(1+m) \cdot (i_c - i')} \qquad (6.163)$$

бу ерда, m =0,5...1,0 - инжекция коэффициенти.

(6.163) тенгламанинг таҳлили шуни кўрсатадики, иссиклик насос ёрдамида буғлатиш жараёнида, иситувчи буғ сарфи оддий буғлатишга караганда $(1+m)$ марта кам бўлади.

Инжекторли буғлаткичлар температура депрессияси паст ва иккиламчи буғ босими юкори бўлган эритмаларни буғлатиш учун қўлланилади. Агар иккиламчи буғ босими камайиб кетса, инжекция коэффициенти m ҳам камаяди. Бундай ҳолларда иситувчи буғ сарфи кўпайиб кетади ва иссиклик насосли буғлаткичларни ишлатиш максадга мувофик эмас.

6.17. Буғлаткичлар тузилиши ва ишлаш принциплари

Буғлатиш курилмаларини классификациялаш усуллари кўп. Лекин буғлатиш курилмаларини ишлаш интенсивлигини характерловчи эритма циркуляциясининг тури ва карралиги классификациялашнинг асосий белгилари деб ҳисоблаш мумкин. Кимё ва бошка саноатларда уч хил буғлатиш курилмалари кенг таркалган:

1. Эркин (табиий) циркуляцияли буғлатиш курилмалари;
2. Мажбурий циркуляцияли буғлатиш курилмалари;
3. Юпка катламли (плёнкали) буғлатиш курилмалари.

Замонавий буғлатиш курилмаларининг иситиш юзалари 10...1800 м^2. Буғлаткичлар конструкцияларини танлашда эритмаларнинг физик ва иссиклик хоссалари, кристалланишга мойиллиги, юкори температураларга чидамлилиги, ҳар бир корпусдаги фойдали температуралар фарки, иссиклик алмашиниш курилмасининг юзаси, технологик хусусиятлари ҳисобга олиниши зарур.

Буғлатиш курилмалари углеродли, легирланган ва икки катламли пўлатлардан тайёрланади.

Қуйида, саноатда энг кенг таркалган, типик буғлаткичлар конструкциялари келтирилади.

Ички иситувчи камерали ва марказий циркуляцион трубали буғлаткич. Вертикал кобик 1 нинг пастки кисмида иситиш камераси 2 жойлашган (6.59-расм). Ўз навбатида иситиш камераси иккита тешикли панжара ва унга развальцовка усулида маҳкамланган кайнаш трубалари 3 дан таркиб топган. Иситиш камерасининг ўртасига кайнаш трубаларига караганда диаметри каттарок циркуляцион труба 4 ўрнатилган бўлади.

Иситиш камерасининг трубалараро бўшлиғига иссиклик элткич, яъни сув буғи юборилади.

Эритма эса курилманинг тешикли труба панжараси устига узатилади ва циркуляцион труба оркали пастга окиб тушади. Сўнгра, иситиш натижасида зичлиги камайиб, кайнаш трубалари бўйлаб тепага кўтарилади ва труба ичидан маълум бир масофада кайнайди. Ҳосил бўлган иккиламчи буғ сепарацион бўшлик 5 га кўтарилади ва томчи ушлагич 6 да инерцион куч таъсирида майда эритма томчиларидан ажратилади. Ундан кейин, иккиламчи буғ курилмадан чикиб кетади.

Қуюклаштирилган эритма конуссимон тубдаги штуцер оркали оралик ёки тайёр махсулот сифатида чикарилади.

Юкорида кайд этилгандек кайнаш ва марказий (циркуляцион) трубада эритманинг циркуляцияси унинг зичликлари фарки остида рўй беради. Эритма зичлиги фаркининг ҳосил бўлишига сабаб, иситиш камераси юзасининг марказий трубаникидан анча катталигидир.

Маълумки, иситувчи камера трубаларида эритмадан буғ ажралиб чикиши, марказий трубага караганда анча интенсив бўлади. Демак, кайнаш трубаларида эритманинг зичлиги, марказий трубаникидан пастрок бўлади. Натижада, зичликлар фарки таъсири остида эритма эркин циркуляция килади ва иссиклик ўтказиш жараёни жадаллашади. Ундан ташкари, эритма циркуляцияси труба юзасига сополсимон, говакли катлам (накипь) ўтириб колишига каршилик кўрсатади.

Бу турдаги курилмалар вакуум остида ишлаганда, кайнаш температураси пасаяди. Демак, паст босимли иссиклик элткичлардан фойдаланиш мумкин. Ушбу усулда юкори температураларга бардош беролмайдиган эритмаларни буғлатиш тавсия этилади.

Буғлатиш жараёнида вакт ўтиши билан эритманинг физик ва иссиклик-диффузион хоссалари ўзгаради. Бу ҳол иссиклик бериш жараёнига салбий таъсир кўрсатиши мумкин.

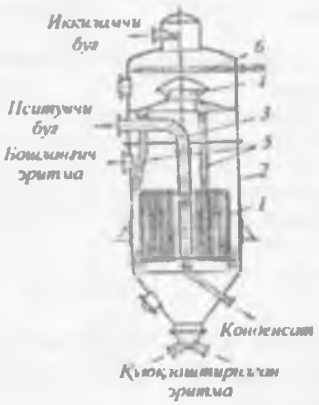
Курилманинг камчиликлари: трубалар тешикли панжараларга каттик, кўзғалмас килиб махкамланганлиги учун кобик ва трубаларнинг температура таъсирида узайишига йўл қўймайди; марказий труба иситиш камерасининг ичида ўрнатилгани учун температура фарки кам бўлади, натижада зичликлар фарки ҳам оз бўлади, яъни циркуляция карралиги камаяди.

Осма иситувчи камерали буғлаткич. Ушбу турдаги курилмаларда иситувчи камера 1 ўз обечайкасига эга бўлиб, кобик 2 нинг пастки кисмига эркин, кўзғалувчан килиб ўрнатилган. Иситувчи буғ труба 3 оркали узатилади ва камера 1 нинг трубалараро бўшлиғига юборилади. Иссиклигини берган буғ конденсат ҳолида ҳамда иситувчи камеранинг пастки кисмидан чикарилади. Исиган эритма эса, кайнаш трубаларидан юкорига кўтарилади ва эркин циркуляция таъсирида буғлатиш жараёни содир бўлади (6.60-расм).

Иккиламчи буғ томчи ушлагич 4 дан ўтиб, курилманинг тепасидан чикиб кетади.



6.59-расм. Ички иситувчи камера ва марказий циркуляцион трубали буғлатиш курилмаси:
1 - кобик; 2 - иситувчи камера; 3 - кайнаш трубалари; 4 - циркуляцион труба; 5 - сепарацион бўшлик; 6 - томчи ушлагич.

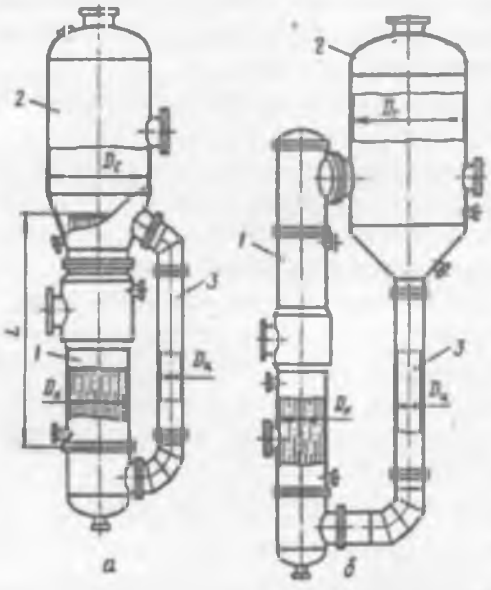


6.60-расм. Осма иситувчи камерали буғлатиш курилмаси:
1 - иситувчи камера; 2 - кобик; 3 - буғ трубаси; 4 - томчи ушлагич; 5 - тўкиш трубаси; 6 - ювиш учун тешикли труба.

Иккиламчи буғдан ажратиб олинган суюклик труба 5 оркали пастга окизиб туширилади. Қурилма кайнаш трубаларининг ички ва ташки юзаларида ҳосил бўлувчи ковакли катлам (накипь) вакти-вакти билан ювилиб турилади.

Бу қурилмада марказий циркуляцион труба иситувчи камера ташкарисида ўрнатилган бўлиб, катта кўндаланг кесимга эга. Шунинг учун ҳам эритма циркуляциясияга ижобий таъсир этади.

Иситувчи камера эркин, ҳаракатчан ҳолда ўрнатилгани учун трубаларнинг тешикли панжаралардаги зичлиги бузилмайди. Ундан ташкари, осма ҳолатдаги камерани демонтаж килиш осон.



6.61-расм. Эритмаси эркин циркуляция киладиган буғлаткичлар:

а - иситувчи камераси ажратилган буғлаткич, б - иситувчи камераси ташқарига ўрнатилган буғлаткич: 1- иситувчи камера, 2-сепаратор, 3-циркуляцион труба. D_c, $D_т$, $D_к$ - сепаратор, иситувчи камера ва сепарацион труба диаметрлари; L - камера узунлиги.

Осма иситувчи камерали буғлаткич афзалликлари: эритмаларни буғлатилиши интенсив; иситиш камераси осма ҳолда ўрнатилгани учун, температуралар фарки катта бўлганда ҳам трубалар зичлиги ўзгармайди; иситувчи камеранинг яроксиз трубаларини алмаштириш осон; эритма циркуляциясининг карралиги катта; каттик, ғовакли катлам кам ҳосил бўлади.

Буғлаткич камчиликлари: иситувчи элткич ва конденсатнинг трубалар оркали кириши ва чиқиши кийин; металл сарфи катта; ковушкоклиги юкори эритмаларни буғлатиш самардорлиги паст; эритма трубаларга ёпишиб колади.

Эркин циркуляцияли буғлаткичлар тузилиши содда ва кристалланмайдиган, ўртача ковушкокликли суюкликларни буғлатиш учун қўлланилади (6.61-расм).

Буғлатиш курилмаси сепаратор, иситувчи камера ва циркуляцион трубадан ташкил топган. Сепаратор эллиптик копкокли цилиндрик кобикдан иборат бўлиб, иситувчи камерага болтлар ёрдамида бирлаштирилган. Унда, иккиламчи буғни томчилардан ажратиш учун турли конструкцияли кайтаргичлар ўрнатилади (6.61а-расм), Иситувчи камера эса, вертикал кобик-трубали иссиклик алмашиниш курилмаси типида ясалган бўлиб, трубалараро бўшлиғига буғ юборилади ва трубалар ичида эритма кайнатилади.

Сепаратор ва иситувчи камералар пастки кисмлари циркуляцион труба билан бирлаштирилган. Циркуляцион ва кайнатиш трубаларидан таркиб топган туташган системада табиий циркуляция ҳосил бўлади.

Агар трубаларда эритма кайнаш даражасигача иситилса, ундаги бир кисм суюклик буғланиши натижасида трубаларда буғ - суюклик аралашмаси ҳосил бўлади. Албатта, бу аралашма зичлиги суюклик зичлигидан кичикдир. Шундай килиб, циркуляцион трубадаги суюклик массаси, кайнаш трубадаги суюкликдан катта бўлиши аник. Натижада, кайнаш трубаси – буғ бўшлиғи - циркуляцион труба - трубалар ва ҳоказо йўли бўйича эритма циркуляцион ҳаракатланади.

Циркуляция пайтида кайнаётган суюклик томонидаги иссиклик бериш коэффициенти ортади ва труба юзасида каттик, ковакли ифлослик катлами ҳосил бўлиши камаяди.

Табиий циркуляция бўлиши учун иккита шарт бажарилиши зарур:

1) буғ - суюклик аралашма катламини мувозанатда ушлаб туриш ва зарур тезлик ҳосил килиш учун циркуляцион трубадаги суюклик сатҳининг баландлиги етарли бўлиши керак;

2) буғ - суюклик аралашмаси иложи борича кам зичликли бўлиши учун кайнаш трубаларида буғ ажралиб чикиш интенсивлиги етарли микдорда бўлиши даркор.

Эритма ва буғ орасидаги температуралар фарки кўп ва кайнаш зонасида напорнинг йўкотилиши кам бўлгани учун, циркуляция тезлиги 1,8...2 м/с ни ташкил этади.

Агар циркуляция тезлиги юкори бўлса, буғлаткичнинг иш унумдорлиги ва иссиклик алмашиниш жараёнининг интенсивлиги катта бўлади.

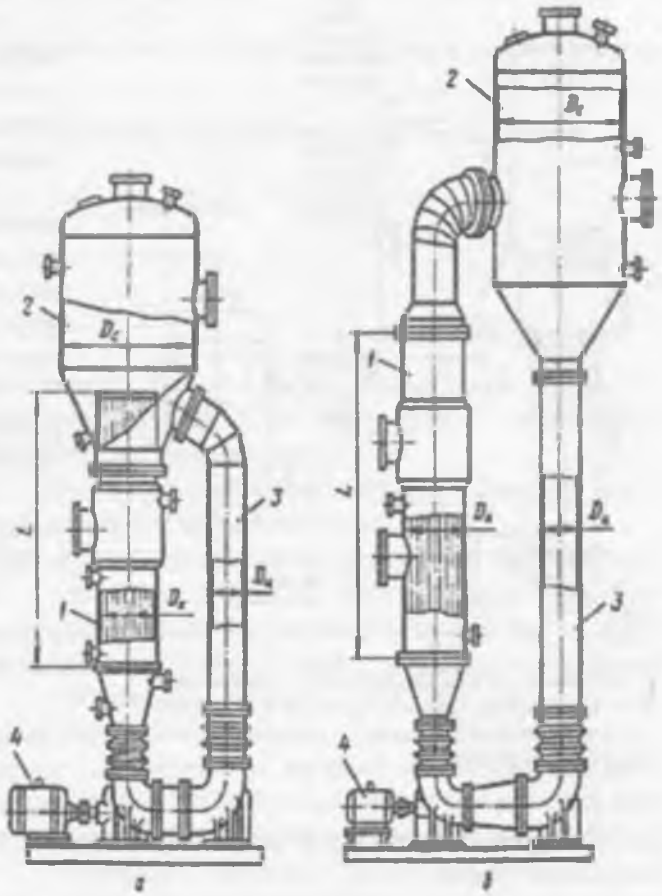
6.61б-расмда эскириб колган марказий циркуляция трубали буғлаткичдан тубдан фарк киладиган курилма келтирилган. Маълумки, марказий циркуляцион трубали буғлаткичларда температуралар фарки кичик ва циркуляция интенсивлиги паст бўлади. Қайнаш трубаларида

буғ ҳосил бўлиши эритманинг физик хоссалари, труба девори ва суюқлик ўртасидаги температуралар фарқи билан белгиланади. Эритманинг ковушоқлиги канчалик кам бўлса, шунчалик буғ ажралиб чиқиши ва циркуляция тезлиги кўп бўлади. Интенсив циркуляцияга эришиш учун иситувчи буғ ва эритма орасидаги фарқ 10°С дан кам бўлмаслиги керак.

6.61-расмда келтирилган буғлаткичларнинг иссиқлик алмашиниш юзаси 10...1200 м^2, диаметрига караб қайнаш трубаларнинг узунлиги 3...9 м бўлади. Қайнаш трубаларнинг диаметри 25, 38 ва 57 мм бўлиши мумкин. Иситувчи камерадаги ортиқча босим 0,3...1,6 МПа, сепаратордаги вакуум эса - 93,0 кПа. Циркуляцион труба кўндаланг кесим юзасининг иситувчи камера юзасига нисбати 0,3 дан кам бўлмаслиги зарур.

Мажбурий циркуляцияли буғлаткичлар эритма циркуляциясининг интенсивлиги ва иссиқлик ўтказиш коэффициентини ошириш имконини беради. Бундай қурилмаларда ковушқоқлиги катта бўлган эритмаларни ҳам буғлатиш мумкин (6.62-расм). Эритма циркуляцияси пропеллерли ёки марказдан қочма типдаги насослар ёрдамида амалга оширилади.

Бошлангич эритма иситувчи камера 1 нинг пастки кисмига юборилса, қуюқлаштирилган эритма эса сепараторнинг пастки кисмидан чикарилади (6.62а-расм).



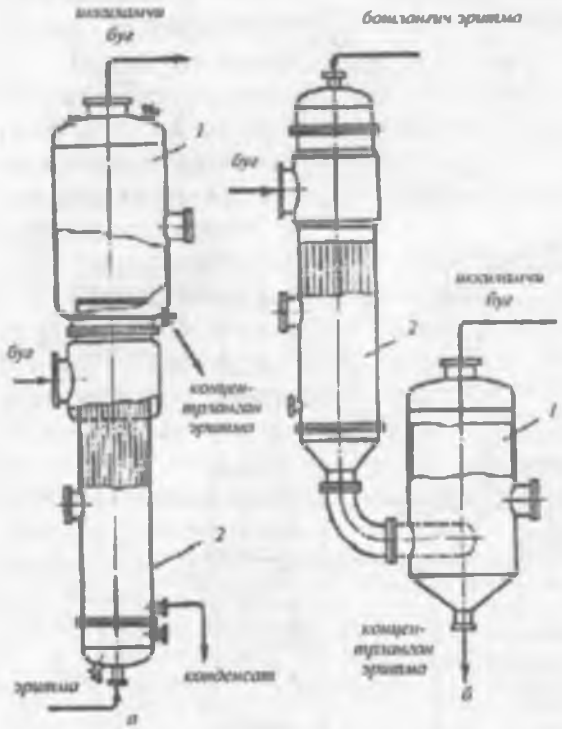
6.62-расм. Эритма мажбурий циркуляция киладиган буғлаткичлар:
а- иситувчи камера ажратилган буғлаткич,
б - иситувчи камераси ташқарида ўрнатилган буғлаткич; 1 - иситувчи камера, 2 - сепаратор,
3 - циркуляцион труба, 4 - насос.

Эритма қайнаш трубалари учидан озгина пастрок сатҳда ушлаб турилади. Иситувчи камера трубалардаги эритма тезлиги 1,2...3,5 м/с бўлади. Эритма циркуляция киладиган система суюқлик билан тўлиб тургани учун насос иши фақат гидравлик каршиликларни енгиш учун сарфланади. Қайнаш трубаларининг пастки кисмидаги босим, тепа кисминикидан, труба ичидаги суюқлик устини ва каршиликлар йигиндисига тенг миқдорда ортик бўлади. Шунинг учун, трубанинг кўп кисмида эритма қайнамасдан, фақат иситилади. Труба учининг маълум бир кисмидагина эритма қайнайди. Насос узатаётган суюқлик миқдори буғланаётган сувдан бир неча баробар ортиқдир. Шунинг учун ҳам, суюқлик массасининг қайнаш трубасидан чикаётган буғ - суюқлик аралашмадаги буғ массасига нисбати жуда катта.

Бу турдаги буғлаткичлар иситиш юзаси 25...1200 м^2, қайнаш трубаларининг узунлиги 4...9 м, диаметри 25, 38, 57 мм бўлиши мумкин. Иситувчи камерадаги ортиқча босим 0,3...1,0 МПа, сепаратордаги вакуум эса 93 кПа. Циркуляцион труба кўндаланг кесимнинг юзаси иситувчи камера юзасига нисбати 0,9 дан кам бўлмаслиги керак.

Мажбурий циркуляцияли буғлаткичлар афзалликлари: иссиқлик ўтказиш коэффициенти жуда катта (эркин циркуляциялигига караганда 3...4 марта кўп), шунинг учун иситиш юзаси кам бўлса ҳам бўлади; кичик температуралар фаркида (3...5°С) ҳам самарали ишлайди;

кристалланишга мойил эритмалар буғлатилганда, иссиклик алмашиниш юзаларида чўкиндилар ҳосил бўлмайди.



6.63-расм. Юпка қатламли буғлаткичлар.
а - кўтарилувчи қатламли буғлаткич, б - оқиб тушувчи қатламли буғлаткич. 1 - сепаратор, 2 - иситувчи камера

Бундай қурималарнинг камчилиги шундаки, насосни ишлатиш туфайли энергия сарфи кўпаяди.

Одатда, буғлаткичлар киммат легирланган металлардан ясалганда ҳамда ковушоклиги юкори ва кристалланишга мойил эритмаларини буғлатиш учун қўллаш юкори самара беради.

Юпка қатламли (плёнкали) буғлаткичлар юкори температурага чидамсиз эритмаларни қуюклаштириш учун қўлланилади. Қурилма трубалари оркали эритманинг бир марта ўтиши натижасида буғлатиш жараёни содир бўлади.

Эритманинг ҳаракат йўналишига караб, кўтарилувчи ва пастга оқиб тушувчи юпка катламли буғлаткичларга бўлинади.

Юпка катламли буғлаткичлар иситувчи камера ва сепаратордан таркиб топган бўлади (6.63-расм).

Иситувчи камера трубалари 7...9 м узунликда бўлиб, сув буғи ёрдамида иситилади.

6.63а-расмда кўтарилувчи катламли буғлаткич кўрсатилган. Бошланғич эритма узлуксиз равишда иситувчи камеранинг пастки кисмига юборилади ва трубаларнинг 20..25% узунлигини тўлдириб туради. Трубаларнинг колган кисми буғ - суюклик аралашмаси билан банд бўлади.

Ушбу аралашма труба деворида юпка катламли суюкликка ва унинг ўкида буғ агрегат ҳолатига ажралган бўлади. Буғ окими ҳаракати пайтида суюклик катламига ишқаланиш окибатида юпка катлам турбулизацияга учрайди ва унинг юзаси жадал равишда янгиланиб туради. Шу омиллар ҳисобига юкори иссиклик ўтказиш коэффициенти ва катта буғлатиш юзасига эришилади.

6.63б-расмда пастга оқиб тушувчи катламли буғлаткич тузилиши келтирилган. Бундай қурилмада бошланғич эритма иситувчи камеранинг юкори кисмига узатилади.

Қуюклаштирилган эритма, сепараторнинг пастки кисмидан чикарилади.

Юпка катламли буғлаткичларнинг иссиклик алмашиниш юзаси 63...2500 м^2 бўлиб, 38 ва 57 мм ли трубалардан ясалади.

Иситувчи камерадаги ортикча босим 0,3...1,0 МПа, сепаратордаги вакуум эса - 93 кПа.

Камчиликлари: иситувчи буғ босими тебраниб турган ҳолларда ишлаши бир текисда эмас. Агар иш режими бузилса, қурилмани циркуляцияли ишлаш режимига ўтказиш мумкин.

Ротор – юпка катламли буғлаткичлар юкори температурага чидамсиз, ковушок ва пастасимон материалларни ҳамда суспензияларни буглатиш учун ишлатилади (4.66-расм).

Бундай буғлаткичлар цилиндрсимон ёки конуссимон кобик 5 дан иборат бўлиб, ташкариси иситувчи ғилоф 6 билан ўралган. Қобик 5 ичида ротор 3 айланиб, эритмани цилиндрик кобик деворига юпка катлам кўринишда пуркайди. Айрим ҳолларда эса, окимча ёки томчилар кўринишида ҳам сочиб юбориш мумкин.

Девор бўйлаб таксимланган эритма аста - секин буғланади ва деворда паста ёки кукуннинг юпка катлами ҳосил бўлади. Ушбу катлам роторнинг парраклари ёрдамида кириб

ташланади. Бу турдаги курилмаларда юкори иссиклик алмашинишга эришиш мумкин, аммо буғ билан суюкликнинг илиниб чикиб кетиши кам бўлади.

Иссиклик бериш коэффициентини ҳисоблаш учун ушбу формула тавсия этилади:

$$\alpha = 110 \cdot \left(\frac{n}{\mu}\right)^{0,33} \cdot \lambda \qquad (6.164)$$

бу ерда, n – айланиш частотаси, айл/мин; μ - динамик ковушокклик, Па·с; λ – мухитнинг иссиклик ўтказувчанлик коэффициенти, Вт/м·К.

Иссиклик бериш коэффициентини бошка формуладан ҳам ҳисоблаб топса бўлади:

$$Nu = 0,65 \cdot \mathrm{Re}^{0,25} \cdot \mathrm{Re}_n^{0,43} \cdot \mathrm{Pr}^{0,3} \cdot z^{0,33} \qquad (6.165)$$

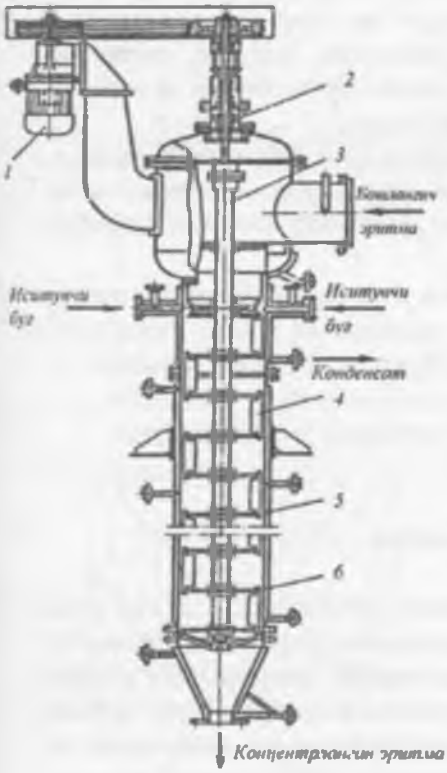
бу ерда, z – ротордаги парракклар сони.

$$\mathrm{Re}_n = \frac{d^2 \cdot n}{\upsilon} \qquad (6.166)$$

Қобик девори ва парракклар орасидаги тиркиш 0,04...1,5 мм ни ташкил этади. Бошланғич эритма курилманинг юкори кисмига узатилади ва цилиндрик девор бўйлаб юпка катлам кўринишида таксимланади. Парракларнинг айланма тезлиги 12 м/с.

Курилма конструкцияси роторни ўк бўйлаб силжишига имкон беради. Натижада, эритма катлами калинлигини ростлаш ва жараён тезлигини ошириш мумкин.

Ротор – юпка катламли буғлаткичлар жуда юкори иссиклик ўтказиш коэффициентига эга, яъни 2300...2700 Вт/м^2·К. Лекин бу курилмалар тузилиши мураккаб, ясаш кийин ва жуда киммат. Ундан ташкари, иссиклик алмашиниш юзаси кам бўлгани учун, иш унумдорлиги юкори эмас.



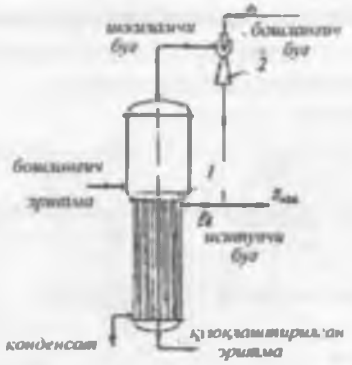
6.64-расм. Ротор-юпка катламли буғлаткич:
1 - юритма; 2 - зичлагич; 3 - ротор; 4 - паррак; 5 - кобик; 6 - гилоф.

Иссиклик насосли буғлаткичлар. Айрим пайтларда технологик сабабларга кўра, кўп корпусли буғлатиш курилмаларини қўллаб бўлмайди. Масалан, юкори температураларга чидамсиз эритмаларнинг сифат кўрсаткичларини сакланб колиш учун иссиклик насосли, бир корпусли буғлаткичларни ишлатиш максадга мувофикдир.

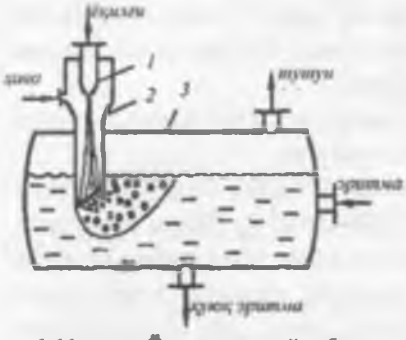
6.65-расмда буғлаткич 1 ва окимчали компрессор 2 дан иборат бир корпусли буғлатиш курилмаси келтирилган.

Бундай курилмаларда иккиламчи буғ босими иситувчи буғ босимигача инжекторли компрессорда сикилади. Сўнг, сикилган буғ сикиш учун буғлаткичга йўналтирилади. Демак, иссиклик насосли буғлатиш курилмаларида иккиламчи буғ температураси иситувчи буғ температурасигача кўтарилади, яъни компрессорга сарфланган энергия, иккиламчи буг температурасини оширишга кетади.

Температура депрессияси кичик бўлган эритмаларни буғлатиш учун иссиклик насосларини қўллаш ўринли ва кўп корпусли буғлатиш схемаларида иситувчи буғни тежаш имконини беради.



6.65-расм. Иссиклик насосли бир кобикли буғлатиш қурилмаси: 1-буғлаткич, 2-оқимча (инжектор)ли насос



6.66-расм. Ёндиргичи чўкиб турувчи барботажли буғлаткич. 1-пуркагич, 2-чўкиб турувчи ёндиргич, 3-кобик

Иссиклик насосига сарфланадиган энергия миқдори иситувчи ва иккиламчи буғлар тўйиниш температуралари фаркига пропорционалдир. Шунинг учун, температура депрессияси катта бўлган эритмаларни, ушбу усулда буғлатиш иқтисодий жиҳатдан максадга мувофик эмас.

Одатда, иссиклик насосли буғлатиш қурилмалари ва эритувчининг кайнаш температураларининг фарки 5...15°С бўлган ҳолларда қўллаш мумкин. Демак, эритманинг кайнаш температураси катта бўлса, ушбу усул ишлатилмайди. Бунга сабаб, иккиламчи буғни иситувчи буғ босимигача сикиш учун кўп энергия сарф бўлишидир.

Юкорида кайд этилган трубали буғлатиш қурилмаларидан ташкари сиғимли турдаги буғлатиш қурилмалари ҳам саноатда қўлланилади. Булар ичида иссиклик алмашиниш юзаси ғилоф ёки змеевик кўринишидаги буғлатиш қурилмалари мавжуд. Лекин уларда иссиклик ўтказиш коэффициенти кичик бўлгани учун камдан-кам ишлатилади. Ундан ташкари, ҳажм бирлигига тўғри келадиган иссиклик алмашиниш юзасининг нисбатан чегараланганлиги учун ҳамда ушбу мосламаларда суюклик ҳаракати яхши бўлмаслиги ушбу қурилмалар ишлатиш соҳасини кискартиради. Жуда коррозион фаол муҳитлар (сульфат, фосфор, хлорид кислоталар, айрим металлар сульфат ва хлоридлари) учун контактли буғлатиш қурилмалари, масалан, ёндиргичи чўкиб турувчи барботажли буғлаткичлар юкори самарадор эканлигини кўрсатди.

Барботажли буғлатиш қурилмаси. Бундай қурилмаларда газсимон ёкилғи ённиш даврида ҳосил бўлган иссик газлар бевосита чўкиб турган ёндиргич орқали суюкликка барботаж килинади (6.66-расм).

Бу қурилмаларда тутун газлари ва суюклик ўзаро тўкнашиши учун идеал шароит яратилади, чунки фазалар тўкнашиш юзаси жуда катта бўлади.

Барботажли қурилмалар афзалликлари: қурилмани оддий углеродли пўлатдан ясаш мумкин; иссиклик алмашиниш юкори.

Камчиликлари: қурилма ички юзаси коррозия бардош - керамика, графит, резина, пластмасса ва ҳоказо материаллар билан копланиши зарур.

6.18. Иситувчи буғни тежаш усуллари

Буғлатиш жараёни кўп энергия сарфлагани учун иссиклик элткич танлаш ва уни самарали ишлатиш муҳим вазифадир. Энергия тежашни тубдан ҳал килиш учун 1 кг иситувчи буғ ёрдамида 0,8...0,9 кг дан ортик иккиламчи буғ ҳосил килинса жараён самарадорлиги ижобий бўлади. Бунинг учун иккиламчи буғни бирламчи сифатида қўллаш имконияти барпо бўлиши керак. Аммо бевосита иккиламчи буғни бирламчи сифатида қўллаш мумкин эмас, чунки иккиламчи буғнинг конденсацияланиш температураси θ эритманинг кайнаш температураси t дан температура депрессия кийматига фаркланади. Шунинг учун, муаммони ечишнинг иккита йўли бор:

– эритма кайнаш температурасини пасайтириш, яъни иккиламчи буғни кайнаш температураси паст ($t < \theta$) бўлган қурилмада қўллаш;

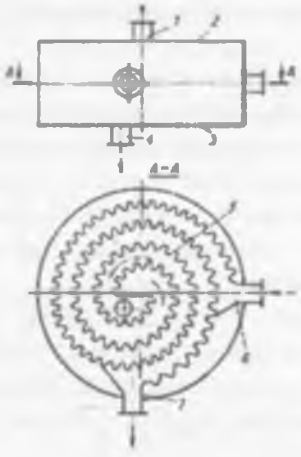
– иккиламчи буғ потенциали (босими ва конденсацияланиш температураси) ни иситувчи буғникигача ошириш. Бунга иккиламчи буғни компрессор ёки инжекторда сикиш йўли

билан эришиш мумкин. Шуни алоҳида кайд этиш керакки, фақат температурани ошириб буғ потенциалини яхшилашга эришиб бўлмайди, чунки буғланиш иссиклиги конденсацияланиш иссиклигидан кичик.

Инжектор ёрдамида иккиламчи буғ сикилганда унинг фақат бир кисмигина иситувчи буғ босимигача сикилади, шунинг учун ҳам бундай насослар кисман сикиб берувчи иссиклик насослари деб номланади.

6.19. Перспектив иссиклик алмашиниш курилмалари

Маълум курилмага караганда, янги иссиклик алмашиниш курилмаси юкори иссиклик ўтказиш коэффициентли, емирилишга бардош, металл ва иссиклик элткични узатишга энергия сарфи кам каби кўрсаткичларга эга бўлиши зарур.

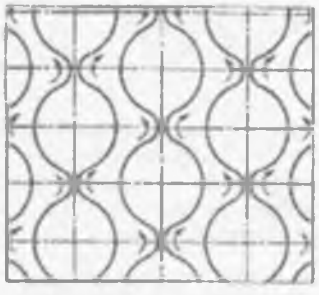


6.67-расм. Пластинали спиралсимон иссиклик алмашиниш курилмаси. 1,4,6,7 - штуцерлар. 2,3 - текис копкоклар, 5 - гофрирланган лист

Бундай иссиклик алмашиниш курилмаларини лойиҳалаш усулларидан бири – иссиклик беришни чегаралайдиган, суюклик юпка катламини бузадиган юзали курилмалар яратишдир. 6.67-расмда самарадор пластинали – спиралсимон иссиклик алмашиниш курилмаси келтирилган.

Бу турдаги курилмалар спирал бўйича кўрилган гофрирланган лист 5 ва иккала томонидан текис копкок 2 лардан таркиб топган. Иссиклик элткичларни кириш ва чикиши учун 1,4,6,7 штуцерлар мўлжалланган. Муҳитларнинг карама - карши йўналишли ҳаракатидаги биринчи иссиклик элткич штуцер 6 дан киради ва гофрирланган каналлар оркали ўтиб, штуцер 4 дан чикарилади. Иккинчи иссиклик элткич эса, штуцер 1 дан кириб, гофрирланган каналдан ўтиб штуцер 7 дан чикади.

Гофрирланган листлардан ясалган каналларда сунъий равишда ҳосил килинган гофрлар ёки макро ғадир-будурликлар дискрет жойлашган бўлади. Ушбу ғадир-будурликлар девор юзасидаги суюклик чегаравий катламни бузади ва иссиклик алмашиниш жараёнини интенсивлайди. Ундан ташкари, каналлар спиралсимон бўлгани учун суюклик окимлари ҳаракати даврида марказдан кочма кучлар пайдо бўлади. Бу омил ҳам жараённи жадаллашига олиб келади.



6.68-расм. «Бабекс» типидаги иссиклик алмашиниш курилмасининг комбинациялашган трубалар ўрами.

Бу турдаги курилмалар жуда юкори иссиклик – энергетик характеристикаларга эгадир. Масалан, пластинали-спиралсимон иссиклик алмашиниш курилмаларида 1 м^2 юзага сарфланадиган кувват микдори оддий турбулизаторсиз кобик-трубали курилмаларникига караганда тахминан 10 марта кам.

Германия фирмаси «Бавария Анлагенбау» томонидан «Бабекс» типидаги иссиклик алмашиниш курилмасида ҳам иссиклик элткичнинг чегаравий катлами бузилади ва жараён интенсивлашади (6.68-расм). Бу курилма кобик-трубали ва пластинали иссиклик алмашиниш курилмаларининг энг яхши хусусиятларини ўз ичида мужассамлаган.

Иссиклик алмашиниш юзалари 0,2...1,0 мм калинликдаги штампланган металл листлардан иборат. Металл листда ярим доира шаклидаги арикчалар штамплаш усулида килинади. Штампланган листлар симметрик ҳолатда кетма-кет йиғилиб маҳкамланади ва натижада

трубалар ва трубалараро бўшликлар ҳосил бўлади. Суюклик гофрларни ташки томонидан окиб ўтиши пайтида тўлкинсимон ҳаракатланади. Листлар (1500 ва ундан ортик) йиғилиб блок ҳосил килади ва унинг юзаси 7200 м^2 гача бўлиши мумкин.

Қурилманинг трубалар бўшлиғи 8,4 МПа, трубалараро бўшлиғи эса 10,5 МПа гача бўлган босимларга бардош бера олади. Иссиклик элткичларнинг температураси 130...760^{0}С ораликда бўлиши мумкин.

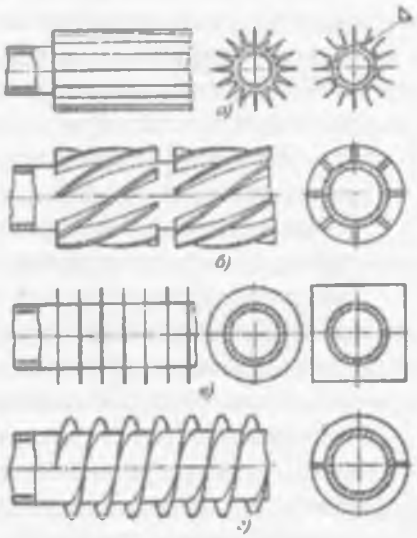
Маълумки, кимёвий технология жараёнларида кимёвий агрессив иссиклик элткичлар қўлланилади. Шунинг учун, курилма ясашда легирланган ва махсус материаллардан фойдаланилади.

Қобик-трубали иссиклик алмашиниш курилмаларида жараённи жадаллаштиришнинг асосий муаммоси – бу иссиклик алмашиниш юзасининг карама - карши томонларидаги термик каршиликларни тенглаштириш ёки бир-бирига якинлаштиришдир. Бунга эришиш учун иссиклик алмашиниш юзаси ***F*** оширилади ёки иссиклик элткичнинг оптимал гидродинамик режими ташкил этилади.

Жараён гидродинамикасини яхшилашдан максад, окимнинг бутун кўндаланг кесимида температура ва тезликни текислашдир. Натижада, ковушок, чегаравий катламнинг термик каршилиги камаяди. Кўпчилик олимларнинг тажрибалари шуни кўрсатдики, иссиклик алмашиниш жараёни интенсивлигини пасайтирувчи асосий омиллардан бири, бу суюклик чегаравий юпка катламининг калинлигидир. Шунинг учун, иссиклик элткичларнинг ҳаракати пайтида трубалараро бўшлик трубаларида ҳосил бўладиган чегаравий юпка катламни бузадиган турли шаклдаги турбулизаторлар қўлланилади (6.69-расм).

Қиррали трубаларда нафакат иссиклик алмашиниш юзаси ***F*** ортади, балки оким турбулизацияси жадаллашганлиги сабабли киррали юзадан иссиклик элткичга иссиклик бериш коэффициентининг киймати ҳам кўпаяди. Лекин шу билан бирга, гидравлик каршилик ҳам ошади, яъни суюкликни узатиш учун бўладиган кўшимча энергия сарфини ҳам инобатга олиш керак.

Трубалар самарадорлиги ковурға шакли, геометрик ўлчами ва материалига боғлик бўлиб, иссиклик бериш коэффициенти билан характерланади. Иссиклик бериш коэффициентини оз микдорда ошириш учун пўлатдан, кўп микдорда ошириш учун эса – мис ва алюминийдан ясалган ковурғалар қўллаш максадга мувофик.



6.69-расм. Самарадор киррали трубалар:
а - бўйлама киррали, б - киркма, спиралсимон,
в - кўндаланг киркма; г- спиралсимон киррали

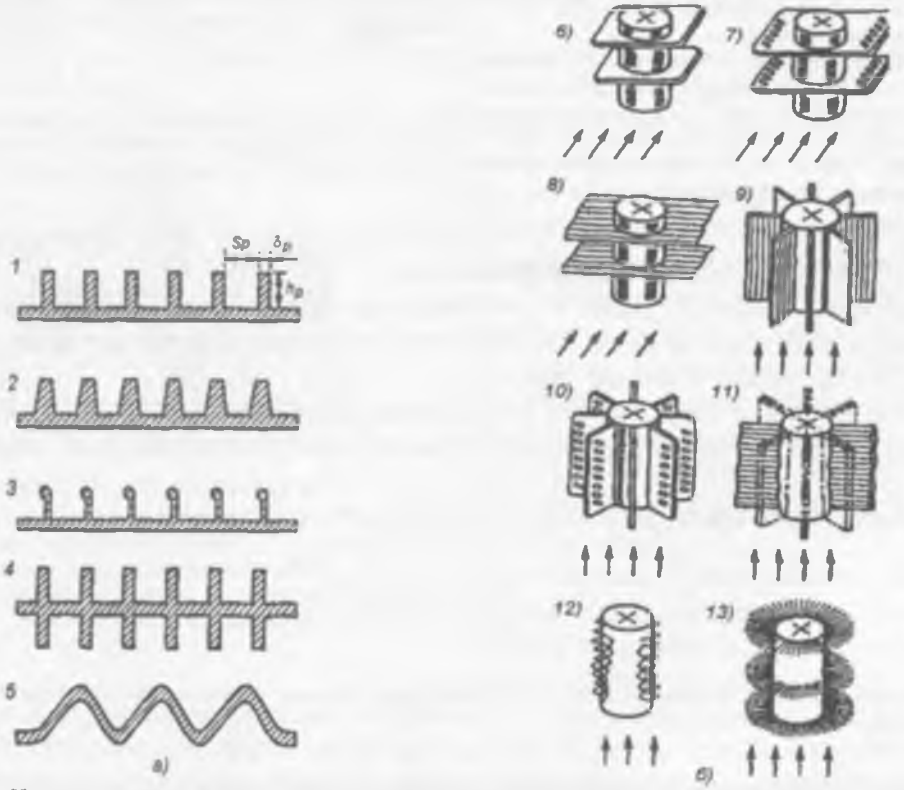
Труба ичидаги чегаравий катламни бузиш ва жараённи интенсивлаш учун сунъий равишда дискрет жойлаштирилган силлик диафрагма, ғадир-будурлик ва мосламалар жуда

юкори самара беради. Ҳар томонлама мукаммал ва самарадор иссиклик алмашиниш юзали (6.69-расм) курилмалардан бирининг тузилиши 6.70-расмда келтирилган.

Бу турдаги трубали курилмаларда, хаттоки ламинар режимда ҳам, иссиклик бериш коэффициенти оддий трубаларникига караганда 20...100% га ортик бўлади. Агар ушбу курилма трубаларида дискрет ясалган ботик арикча ва ички томонида силлик, бўртик тўсиклар жойлашиш кадами t/D = 0,25...1,0, d/D = 0,88...0,94 ва $Re \geq 10^4$ бўлганида жараён интенсивлиги $Nu/Nu_{тек}$ = 1,8...3,2 марта ортади, гидравлик каршилик эса $\xi/\xi_{тек}$ = 1,8...7 баробар ўсади.

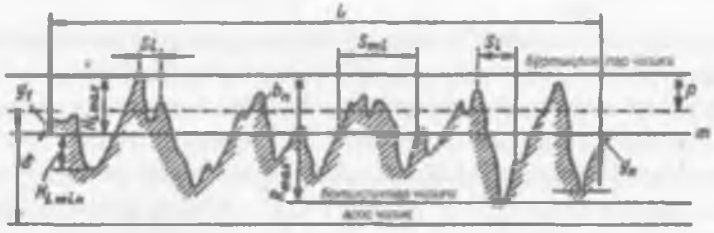
Иссиқлик алмашиниш юзаларининг макроструктураси. Иссиклик алмашиниш юзалари макроструктурасининг умумий кўриниши уларнинг юзасига кандайдир технологик ишлов бериш (гофрирлаш, ўйиш, эзиш, ковурғалаш, йўниш ва х.) натижасида йўналтирилган геометрик ўзгаришлар билан белгиланади. Агар, бундай геометрик ўзгаришлар бўлмаса, техник силлик юзалар деб аталади.

Самарали иссиклик алмашиниш юзалари иссик ва совуклик элткичлар билан тўкнашиш юзасини ошириш учун яратилади. Бу турдаги юзалар энг кенг таркалган турлари бўлиб гофрирланган, бир ёки икки томонлама ковурғаланган иссиклик алмашиниш юзаларининг ривожланган макроструктуралари келтирилган (6.70-расм).

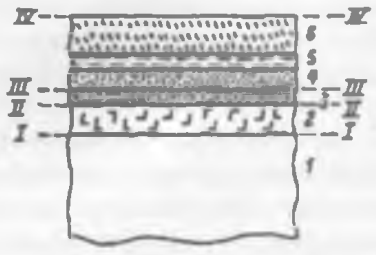


6.70-расм. Иссиклик алмашиниш юзаларининг ривожланган макроструктураларининг вариантлари.
а – текис деворлар: 1,2,3 - бир томонлама ковурғалаш; 4 - икки томонлама ковурғалаш,
5 – гофрирлаш, *б* – труба, канал ва иссиклик берувчи чивикларнинг ташки юзаси:
6,7,8- кўндаланг ковурғалар, 7- тешикли, 8-гофрирлаш; 9,10, 11-буйлама ковурғалар,
12,13- симли турбулизаторли: 12-спиралсимон, 13-елпигичсимон

Иссиқлик алмашиниш юзаларининг микроструктураси. Қаттик жисм юзасининг микрогеометрияси ғадир-будурликлар кўлами ва унинг стереометрик тасвири билан ифодаланади (6.71-расм).



6.71-расм. Қаттиқ жисм юзаси микро гадир-будурликларининг асосий характеристикалари.



6.72-расм. Металл юзасидаги адсорбцион қатламнинг сифатли схемаси.

1 - ҳажмий кристаллик таркиб, 2 - металлнинг юзавий структураси, 3 - металл оксидлари, 4 - абсорбцияланган газлар, 5 – абсорбцияланган сувлар, 6 - органик моддалар кутбли молекулалари, I – I - қисман деформацияланган кристаллик структура чегараси, П – П - ювенил металл юзаси, Ш – Ш - технологик юза, IV – IV - реал юза

Ҳақикий ғадир-будурликлар кўлами механик, оптик, ультраакустик, рентген, электрон график ва магнитометрик усуллар ёрдамида аникланади.

Кўлам нотекисликлигининг баландлиги 10 та нукта оркали ушбу тенгламадан аникланади:

$$R_z = \frac{1}{5}\cdot\left(\sum_{1}^{5}|H_{i\max}| + \sum_{1}^{5}|H_{i\min}|\right) \quad (6.167)$$

бу ерда (6.71-расм) R_{max}-ботик ва бўртик чизиклар орасидаги масофа, S_m- кўлам нотекислик кадамининг ўртача арифметик киймати, t_p-кўламнинг нисбий асос узунлиги.

6.72-расмда ювенил юзада бевосита металл оксидининг катламининг жойлашганлиги кўрсатилган.

Ушбу катлам кристалларнинг хамма кирраларини коплаб турибди. Оксид катламининг калинлиги бир молекуладан бир неча ангрстремгача ва қисман деформацияланган металл юзаси билан ўта мустаҳкам бириккан бўлади.

Оксид катламининг ҳосил бўлиши хемосорбция жараёнига тааллукли бўлиб, юзада колдик ионли, валентли ёки координационли кучлар асосий белгиловчи омил ҳисобланади.

Бир жинсли юзада хемосорбция тезлиги куйидагича аникланади:

$$\frac{\partial \Gamma}{\partial \tau} = f(\chi, M_a, C_a, \delta F) \quad (6.168)$$

бу ерда M_a- хемосорбция фаоллаш энергияси, C_a – контакт мухитида адсорбцияланаётган модда концентрацияси, δF – реакцияга кириш майдон юзасининг улуши

Маълумки, юзадаги кристалларнинг бурчаклари, бўртикликлари ва ковурғалари юкори тўйиниш валентлигига эга бўлгани учун юзада хемосорбция нотекис кечади. Ҳамма ҳолатларда $\partial\Gamma/\partial\tau$ нисбат жуда катта бўлгани учун оксид катламининг ҳосил бўлиш вақти мингдан бир секунддан юздан бир
секундгача оралиқда бўлади. Айрим маълумотларга қараганда, асосий структурага нисбатан, янги юзанинг ҳосил бўлиши тезроқ кечади.

Оксидли юпка катламларда газларнинг адсорбцион катламлари мавжуддир. Газларни металлар билан ўзаро таъсири изланишларининг натижалари шуни кўрсатдики, уларнинг ўзаро контактининг характери ва механизми жуда мураккаб ва кўпгина омилларга боглик. Масалан, пўлат юзаси билан газларни ютиш бир неча процент оралиғида бўлиши мумкин. Газларни юза билан боғланиш энергияси ҳам температурага караб ўзгаради. Шуни алоҳида таъкидлаш лозимки, газлар адсорбцияланган юзаларни тозалаш анча мурак-

каб. Бундай ҳолат боғланиш энергиясидан ташқари, адсорбцион жараёнларнинг юқори релаксация тезлиги билан белгиланади.

Металл юзасини газ аралашмаларидан тозалаш даражасига қараб учта ҳолати мавжуд:

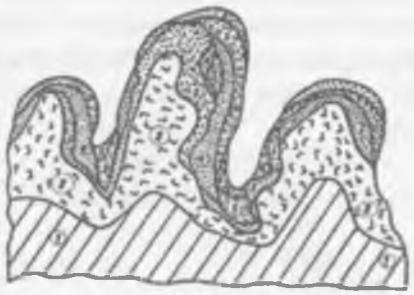
1) техник тоза (газ аралашмаларнинг миқдори металл юзасига таъсирини ифодаламайди);
2) тоза (газ аралашмаларининг характери идеал газлар конунлари билан ифодаланади);
3) газ аралашмалар бўйича абсолют тоза (бенуксон кристаллик панжара).

6.72- расмдан кўриниб турибдики, газ қатламлари устида атмосферадаги сув буғларини ютиш натижасида ҳосил бўлган сувнинг адсорбцион қатлами жойлашган. Энг тепада эса, органик моддаларнинг қутбли ва қутбсиз молекулаларидан таркиб топган қатлам бўлади. Ушбу қатлам ҳақиқий юзаларни эксплуатацион хоссалари нуқтаи назаридан қараганда алоҳида эътиборга сазовор.

Реал шароитда эса, металл юзаларда адсорбцион қатламларнинг ҳосил бўлиши ва жойлашиши анча мураккаб, яъни ҳамма қатламларнинг қалинлиги ҳар хил ва юзанинг турли нуқталарида бир-бирига турлича киради. Натижада, нафақат тўғри геометрик шакллар, балки микрогеометрия ҳам бузилади.

Металл реал юзасининг ҳосил бўлиш гипотетик схемасининг бир варианти 6.73-расмда келтирилган.

Реал шароитда юқорида қайд этилган жараёнлар бир вақтда кечади ва шу сабабли юзавий қатламлар ўзгарувчан бўлади. Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, қатламлар ҳосил бўлиши кўпгина омилларга боғлиқ. Масалан, сув қатлами уни қисман қуритиш йўли билан, органик моддаларни эса кимёвий калий ёрдамида амалга ошириш мумкин. Аксинча, механик ишлов берилганда, айникса юзаларни жилвирлаш, кириндн олиб пардозлаш ва сайқаллаш (полировка) жараёнларида микроструктура ботиқликлари абразив заррача ва бошка турли қаттиқ заррачалар билан тўлиб қолиши мумкин.



6.73-расм. Реал юза структурасининг гипотетик схемаси.

1 - ҳажмий кристаллик таркиб, 2 - металлнинг юзавий структураси, 3 - металл оксидлари, 4 - абсорбцияланган газлар, 5 – абсорбцияланган сувлар, 6 - органик моддалар қутбли молекулалари

Фторопласт каби материалларнинг кашф этилиши билан емирилишга бардош кимёвий иссиклик алмашиниш курилмаларини яратиш имкони пайдо бўлди. Бундай қурилмалар диаметри 2...5 мм ли трубалардан тайёрланади. Қурилмалардаги босим P = 1,0 МПа ва иссиклик элткичлар орасидаги температуралар фарки 200^{0}С гача бўлиши мумкин. Одатда, фторопластдан ясаладиган қурилмалар кобик-трубали тузилишли бўлади (6.74-расм).

Эгилувчан полимер трубалар ўрамининг учлари тешикли панжарага пайвандланади (6.74б-расм).



6.74-расм. Фторопласт трубали иссиқлик алмашиниш элементи.

Фторопласт трубали иссиклик алмашиниш курилмалари сульфат кислота, хлорли органик ва тиббиёт махсулотларини ишлаб чикаришда қўлланилади.

Самарадор кобик-трубали иссиклик алмашиниш курилмаларини яратишни яна бир усули – бу тешикли панжара калинлигини иссиклик алмашиниш девори ёки унга якин калинликда килишдир (6.74б-расм). Бундай холатларда, температуралар фарки катта бўлишига карамасдан, труба ва тешикли панжара махкамланиши жойида кучланишлар хосил бўлмайди. Натижада, линза компенсатор, U-симон труба ёки харакатчан калпокчали конструкциялар килишга хожат колмайди.

Ундан ташкари, электромагнит майдонининг (ўта юкори частотаси УЮЧ) нурланиш энергиясидан иссиклик энергия манбаи сифатида фойдаланишнинг келажаги порлокдир.

6.20. Пластинали иссиклик алмашиниш курилмасини хисоблаш

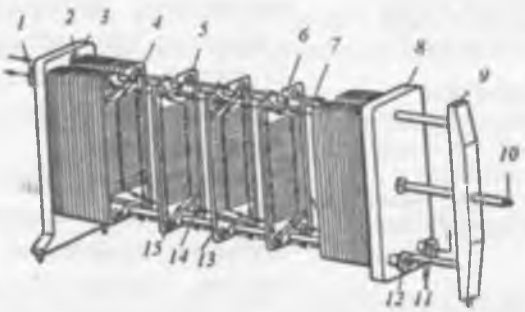
Мойли кислоталарни сув буғи ёрдамида иситиш учун стандарт пластинали иссиклик алмашиниш курилмаси хисоблансин ва танлансин (6.75-расм).

Бошланғич маълумотлар. Буғ босими P=0,6 МПа; буғ температураси t_1=158°С; буғ хосил килиш иссиклиги r_1=2095 кДж/кг; тўйиниш чизигидаги сувнинг зичлиги ρ_1=908 кг/м^3; тўйиниш чизигидаги сувнинг динамик ковушкоклиги μ_1=0,000177 Па·с; тўйиниш чизигидаги сувнинг иссиклик ўтказувчанлик коэффициенти λ_1=0,683 Вт/(м·К);

Мойли кислота сарфи G_2=20,0 т/сут=0,23кг/с; кислота зичлиги ρ_2=920 кг/м^3; кислота динамик ковушкоклиги μ_2=0,00025095 Па·с; кислота солиштирма иссиклик сиғими c_2=2304,5 Дж/(кг·К); иссиклик ўтказувчанлик коэффициенти λ_2=0,15 Вт/(м·К); кислота бошланғич температураси t_{2H}=30°С; охиргиси - t_{2k}=120°С; t_2=(t_{2H} + t_{2k})/2=75°С.

Ечиш: Кетма-кет куйидаги хисоблашларни ўтказамиз:

– курилма иссиклик юкламаси;



6.75-расм. Пластинали иссиклик алмашиниш курилмаси:
1,2,11,12-штуцерлар, 3-олдинги устун; 4-тепа бурчак тешиги; 5-халкасимон резинали кистирма; 6-чегаравий пластина; 7-тортиб турувчи чивик; 8-босувчи плита; 9-орка устун; 10-винт; 13-катта резинали кистирма; 14- пастки бурчак тешиги; 15- иссиклик алмашиниш пластинаси.

$$Q = G_2 c_2 (t_{2K} - t_{2H}) = 0{,}2314 \cdot 2304{,}5(120-30) = 47993{,}5\ Вт$$

$$G_1 = \frac{Q}{r_1} = \frac{47993{,}5}{2095000} = 0{,}0229\ кг/с$$

– буғ сарфи;

– ўртача температуралар фарки.

Иссиклик ўтказиш коэффициентининг кийматини K_{op}=120 Вт/(м^2·К) деб кабул килиб, тахминий иссиклик алмашиниш юзасини ҳисоблаймиз:

$$F_{op} = \frac{Q}{K_{op}\Delta t_{op}} = \frac{47993,5}{120 \cdot 74,1} = 5,39\ м^2$$

$$\Delta t_{op} = \frac{(t_1 - t_{2H}) - (t_1 - t_{2K})}{\ln\left(\frac{t_1 - t_{2H}}{t_1 - t_{2K}}\right)} = \frac{128 - 38}{\ln\frac{128}{38}} = 74,1°C$$

Юзаси 0,2 м^2 пластиналардан таркиб топган иситкичларда металл сарфи кўпрок бўлгани учун, юзаси f=0,3 м^2 пластинали курилмани танлаймиз.

Юзаси f=0,3 м^2 пластинали иссиклик алмашиниш курилмаларида пластиналар сони 12...20 дона бўлади (6.9-жадвал) [128]. Куйидаги вариантлар учун аникловчи ҳисоблашларни бажариш лозим:

вариант 1: F=5м^2; N=20; f=0,3м^2;

вариант 2: F=3м^2; N=12; f=0,3м^2;

бу ерда, F – иситкич юзаси; f – пластина юзаси; N – пластиналар сони.

Йиғма пластинали иситкичларнинг конструктив характеристикалари: пластиналар габарит ўлчамлари: узунлиғи 1370 мм; эни 300 мм; калинлиғи 1 мм; каналнинг эквивалент диаметри $d_э$=80 мм; каналнинг кўндаланг кесими S=0,0011 м^2; каналнинг келтирилган узунлиги L=1,12 м; штуцернинг шартли диаметри D_y=65 мм.

1-вариантни ҳисоблаймиз:

- каналдаги мойли кислота тезлиги

$$w_2 = \frac{G_2}{\rho_2 \frac{N}{2} S} = \frac{0,2314}{920 \cdot 10 \cdot 0,0011} = 0,02286\ м/с$$

– Рейнольдс сони

Демак, турбулент режим. Бу режим учун куйидаги ҳисоблаш формуласини танлаймиз:

$$\mathrm{Re}_2 = \frac{w_2 d_э \rho_2}{\mu_2} = \frac{0,02286 \cdot 0,008 \cdot 920}{0,0002595} = 670,45\ \phi\ 100$$

$$Nu = \alpha\, \mathrm{Re}^b\, \mathrm{Pr}^{0,43} \left(\frac{\mathrm{Pr}}{\mathrm{Pr}_{CT}}\right)^{0,25}; \quad \alpha_2 = Nu\, \frac{\lambda_2}{d_э}$$

Унда

$$\alpha_2 = \frac{\lambda_2}{d_э} 0,1\, \mathrm{Re}_2^{0,73} \left(\frac{\mathrm{Pr}}{\mathrm{Pr}_{CT}}\right)^{0,25}$$

Турбулент режим учун a=0,1, b=0,73;

$$\mathrm{Pr}_2 = \frac{c_2\mu_2}{\lambda_2} = \frac{2304\ ,5 \cdot 0,00025095}{0,15} = 3,854$$

$Pr = Pr_{ст}$ деб кабул килиб, ушбу кўринишга келамиз:

$$\alpha_2 = \frac{0,15}{0,008} \cdot 0,1 \cdot (670\ ,45)^{0,73} \cdot (3,854)^{0,43} = 387\ \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

Буғдан деворга иссиклик бериш коэффициентини $\Delta t=(t_{кона}-t_{ст}) \geq 10°C$ деб кабул киламиз. Унда, каналнинг келтирилган узунлиги $L=1,12$ м бўлганда:

$$\mathrm{Re}_1 = \frac{G_1 L}{\mu_1 F} = \frac{0,0229 \cdot 1,12}{0,000177 \cdot 5} = 28$$

Иссиклик бериш коэффициентини ушбу формуладан аниклаймиз:

$$\alpha_1 = \frac{\lambda_1}{L}\alpha\ \mathrm{Re}^{0,7}\ \mathrm{Pr}^{0,4}$$

бу ерда, $\alpha=322$, пластина юзасига боғлик, $Pr=1,1$ – Прандтл сони.

Демак,

$$\alpha_1 = \frac{0,683}{1,12} 322\ (28)^{0,7} (1,11)^{0,4} = 2161\ \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

Буғ ҳаракатланаётган томондаги девор ифлосланиши жуда кам бўлгани учун унинг термик каршилигини инобатга олмасак ҳам бўлади. Пластина калинлиги 1 мм ва материали Х18Н10Т материалдан ясалгани учун $\lambda_{ст}=17,5$ Вт/(м·К). Энди, пластинанинг умумий термик каршилигини куйидагича топамиз:

$$\sum \frac{\delta}{\lambda} = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{17,5} + \frac{1}{5800} = 0,000229\ \ м^2 \cdot К/Вт$$

Иссиклик ўтказиш коэффициентини ушбу формуладан аниклаймиз:

$$K = \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \sum \frac{\delta}{\lambda}\right)^{-1} = \left(\frac{1}{2161} + \frac{1}{387,4} + 0,0002295\right)^{-1} = 305,5$$

$\Delta t=10°C$ деб тўғри кабул килинганлигини текшириб кўрамиз:

$$\Delta t = \frac{K \Delta t_{ср}}{\alpha_1} = \frac{305\ ,5 \cdot 74\ ,1}{2161} = 10\ ,47\ °C\ \phi\ 10\ °C.$$

Яъни, 10,47°С > 10°С бўлгани учун шарт бажарилмокда.

Талаб этилаётган иссиклик ўтказиш юзаси ушбу формуладан топилади:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{ср}} = \frac{47993\ ,5}{305\ ,5 \cdot 74\ ,1} = 2,12\ м^2$$

Шундай килиб, номинал юзаси $F_{1н}$=5 м^2 бўлган иситкич қуйидаги заҳира билан мос келади:

$$\Delta = \frac{5 - 2,12}{2,12} 100\ \% = 136\ \%$$

2-вариантни ҳисоблаймиз:

– каналлардаги мойли кислота тезлиги

$$w_2 = \frac{G_2}{\rho_2 \frac{N}{2} S} = \frac{0,2314}{920 \cdot 6 \cdot 0,0011} = 0,0381\ м/с$$

- Рейнольдс сони

Турбулент режим бўлгани учун қуйидаги ҳисоблаш формуласини танлаймиз:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{ср}} = \frac{47993\ ,5}{429\ \cdot 74\ ,1} = 1,509\ м^2$$

$$\alpha_2 = \frac{\lambda_2}{d_э} a\ \mathrm{Re}_2^b\ \mathrm{Pr}_2^{0,43} \left(\frac{\mathrm{Pr}}{\mathrm{Pr}_{CT}} \right)^{0,25}$$

$$\mathrm{Re}_2 = \frac{w_2 d_э \rho_2}{\mu_2} = \frac{0,0381\ \cdot 0,008\ \cdot 920}{0,00025095} = 1117\ ,692\ \phi\ 100$$

Турбулент режим учун a=0,1, b=0,73. Унда:

$$\alpha_2 = \frac{0.15}{0.008} \cdot 0,1 \cdot (1117\ ,69)^{0\ 73} \cdot (3,854\ )^{0\ 43} =$$

$$= 1,875 \cdot 167\ ,986 \cdot 1,786 = 562\ ,5 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

Бундан деворга иссиклик бериш коэффициентини Δt=($t_{конц}$-$t_{ст}$) ≥10°С деб кабул киламиз. Унда, каналнинг келтирилган узунлиги L=1,12 м бўлганда:

$$\mathrm{Re}_2 = \frac{G_1 L}{\mu_1 F} = \frac{0.0229\ \cdot 1.12}{0.000178\ \cdot 3} = 48\ ,3$$

Иссиклик бериш коэффициентини ушбу формуладан ҳисоблаймиз:

$$\alpha_1 = \frac{\lambda_1}{L} \cdot a \cdot \mathrm{Re}^{0\ 7} \cdot \mathrm{Pr}^{0,4}$$

f=0,3 м^2 ли пластина учун a=322. Рейнольдс сони формулага қўйиб, иссиклик бериш коэффициентини ҳисоблаймиз:

$$\alpha_1 = \frac{0,683}{1,12} \cdot 322\ \cdot (48\ ,3)^{0\ 7} \cdot (1,11)^{0,4} = 3090\ \ Вт/м^2 \cdot К$$

девор ифлосликларини инобатга олиб, иссиқлик ўтказиш коэффициентини аниқлаймиз:

$$K = \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + 0{,}000229\right)^{-1} =$$

$$\left(\frac{1}{3090} + \frac{1}{562.5} + 0{,}0002295\right)^{-1} = 429\ Вт/м^2 \cdot К$$

Δt=10°C деб тўғри қабул қилинганлигини текшириб кўрамиз:

$$\Delta t = \frac{K\Delta t_{ср}}{\alpha_1} = \frac{429 \cdot 74{,}1}{3090} = 10{,}03\ °C\ \phi\ 10\ °C.т.е$$

Шарт бажарилмоқда.

Зарур бўлган иссиқлик алмашиниш юзаси:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{ср}} = \frac{47993{,}5}{429 \cdot 74{,}1} = 1{,}509\ м^2$$

Шундай қилиб, номинал юзаси $F_{1н}$=3 м^2 бўлган иситкич қуйидаги захира билан мос келади:

$$\Delta = \frac{3 - 1{,}509}{1{,}509} 100\ \% = 99\ \%$$

Юзаси 0,3 м^2 ли пластиналардаи иборат стандарт иситкич 3 м^2 бўлгани учун 2 - вариант бўйича ҳисобланган пластинали иссиқлик алмашиниш қурилмасини танлаймиз [128].

Гидравлик қаршиликни ҳисоблаш 2-вариант бўйича ҳисоблаиган қурилма учун бажарамиз. Маълумки, пластиналар орасидаги каналларнинг гидравлик каршилиги штуцерларникига караганда юкори бўлгани учун асосий ҳисоблашлар пластиналараро каналларнинг каршилигини аниқлашдан иборатдир.

Пластиналараро каналлардаги гидравлик каршилик ушбу формуладан аникланади:

$$\Delta P = X \cdot \xi \cdot \frac{L}{d_э} \cdot \frac{\rho w^2}{2}$$

бу ерда, X – кетма-кет ишлайдиган пакетлар сони, бизнинг мисолда X=1; $\xi = a_2/Re^{0{,}25}$ – турбулент ҳаракат режими учун, a_2 – пластина юзасига боглик коэффициент, 0,3 м^2 ли пластина учун a_2=19,3.

Пластиналараро бўшлик буг билан тўлднрилган деб қабул қилиб, буғ учун гидравлик каршиликни аниқлаймиз. Бунинг учун:

– буғ тезлигини топамиз

$$w_1 = \frac{G_2}{\rho_г \left(\frac{N}{2}\right) \cdot S} = \frac{0{,}0229}{3{,}258 \cdot 6 \cdot 0{,}0011} = 1{,}06\ м/с$$

$$Re_1 = \frac{w_1 d_э \rho_г}{\mu_п} = \frac{1{,}06 \cdot 0{,}008 \cdot 3{,}458}{0{,}0000146} = 2008$$

бу ерда, $\rho_б$ – буг зичлиги, кг/м^3; R_e – Рейнольдс критерийси, $\mu_в$ – бугнинг динамик ковушкоклиги, Па с

Унда

$$\varepsilon_1 = \frac{a_2}{\sqrt[4]{\mathrm{Re}_1}} = \frac{19.3}{\sqrt[4]{2008}} = 2.88$$

$$\Delta P_1 = 1 \cdot 2.88 \frac{1.12}{0.008} \frac{3.258 \cdot 1.06^2}{2} = 738\ Па$$

Мойли кислоталар учун гидравлик каршиликни ҳисоблаймиз:

$$\varepsilon_2 = \frac{a_2}{\sqrt[4]{\mathrm{Re}_2}} = \frac{19,3}{\sqrt[4]{670,45}} = 3.79$$

$$\Delta P_2 = 1 \cdot 3,79 \frac{1,12}{0,008} \frac{920 \cdot 0,0381^2}{2} = 353\ Па$$

Механик ҳисоб. Бугнинг босими P_1=0,6 МПа; мойли кислота босими P_1=0,2 МПа; пластина материали - 10Х17Н13М2Т; пластина ПР-0,3; курилмадаги температура t=120°С.

Тортиб турувчи болтлар ҳисоби. Бирикма герметиклиги таъминланганда болтларга тушаётган ўк бўйлаб кучланиш $P_{б1}$, ушбу формуладан аникланади:

$$P_{б1} = \pi D_{с.в.} \cdot b_э \cdot q$$

бу ерда, q=3 МПа – кистирма тушаётган солиштирма юклама, $b_э$=b=0,014 м- кистирма эни, $\pi D_{с.в}$=L- кистирманинг ўртача узунлиги ушбу формуладан топилади:
бу ерда, L=1370 мм – пластина узунлиги, B=300 мм – пластина эни

Унда

$$L_п = 2(L - b) + 2(B - b)$$

$$L_п = 2(L - b) + 2(B - b) = 2(1370 - 14) + 2(300 - 14) = 3284\ мм$$

$$P_{б1} = \pi D_{с.в.} \cdot b_э \cdot q = 3,284 \cdot 0,014 \cdot 3 = 0,1379\ м$$

Болтларнинг мустаҳкамлиги ушбу шартдан текширилади:

$$\sigma = \frac{1.3 P_{б1}}{n f_б} \le [\sigma]_б$$

бу ерда, n=8 – болтлар сони; $f_б$=$(0,9d_в)^2$ $\pi/4$ – болт резбасининг ички диаметри бўйича кўндаланг кесимининг юзаси; $d_в$=0,022 м, $[\sigma]_в$=139,8 МПа – температура 120°С даги болт материалининг рухсат этилган кучланиши

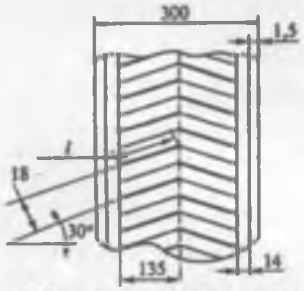
Демак,

$$f_б = \frac{3,14}{4}(0,95 \cdot 0,022)^2 = 0,00034\ м^2$$

$$\sigma = \frac{1.3 \cdot 0{,}1379}{8 \cdot 0{,}00034} = 65{,}9\,МПа$$

$\sigma \le [\sigma]_в$ бўлгани учун болтнинг мустаҳкамлиги таъминланган.

Пластина қалинлигини ҳисоблаш. Пластина гофрлари орасидаги элементни ажратиб оламиз. Гофрлар орасидаги кадам b=18 мм. Элемент узунлиги тўғри бурчакли учбурчакнинг гипотенузаси каби ҳисобланади (6.76-расм).



6.76-расм. Пластина элементи.

$$l = \frac{135}{\cos 30°} = \frac{135}{086} = 157\ мм$$

Тўғри тўртбурчакли периметри бўйлаб қўзғалмас маҳкамланган текис деворнинг қалинлиги ушбу формуладан аникланади:

$$S' = Kb\sqrt{\frac{P}{[\sigma]}} + C$$

бу ерда, P=0,6 МПа – қурилма ичидаги босим; C=0,3 – коррозия, эрозияга қўшимча қалинлик

Коэффициент K қуйидагига тенг

$$K = f\left(\frac{1}{b}\right) = f\left(\frac{157}{18}\right) = f(8{,}72)$$

Графикдан K=0,5 эканлигини топамиз (15.22-расм) [28].
Унда,

$$[\sigma] = \eta\frac{\sigma_T}{n_T} = 1\frac{224{,}4}{1{,}5} = 149{,}6 = 150\ МПа$$

бу ерда, σ_m=224 МПа – пластина материали учун норматив рухсат этилган кучланиш

Демак, пластина қалинлиги
Босим 0,6 МПа бўлганда 1 мм қалинликдаги пластина мустаҳкамлиги таъминланади.

$$S = 0{,}5 \cdot 0{,}018\sqrt{\frac{0.6}{150}} + 0.0003 = 0{,}00086\ м = 0{,}86\ мм$$

6-боб. Буғлатиш бўйича Мустақил тайёрланиш ва қайтариш учун саволлар

1. Буғлатиш жараёнининг назарий асослари.
2. Буғлатиш жараёни қайси шароитларда олиб борилади?
3. Буғланиш нима ва қайси температураларда содир бўлади?
4. Температура депрессия нима?
5. Тишченко формуласини ёзинг ва параметрларни таърифлаб беринг.
6. Гидравлик депрессия нима?

7. Гидростатик депрессия нима?
8. Бир корпусли буғлатиш қурилма конструкциясини чизинг, афзаллик ва камчиликларини таърифлаб беринг.
9. Жараённинг моддий балансини тузинг.
10. Буғлаткичнинг иситиш юзасини аниқлаш формуласини ёзинг.
11. Бир корпусли буғлаткичда 1 кг сувни буғлатиш учун канча иситувчи буғ зарур?
12. Икки корпусли буғлаткичда 1 кг сувни буғлатиш учун канча иситувчи буғ зарур?
13. Уч корпусли буғлаткичда 1 кг сувни буғлатиш учун канча иситувчи буғ зарур?
14. Тўрт корпусли буғлаткичда 1 кг сувни буғлатиш учун канча иситувчи буғ зарур?
15. Беш корпусли буғлаткичда 1 кг сувни буғлатиш учун канча иситувчи буғ зарур?
16. Буғлаткичларнинг оптимал сонини аниқлашда қайси кўрсаткичлар инобатга олинади?
17. Турбокомпрессорли буғлатиш жараёнининг физик асослари нимада?
18. Инжектор иссиқлик насосли буғлатиш жараёнининг физик асослари нимада?
19. Ички иситувчи камера ва марказий циркуляция трубали буғлаткич конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
20. Осма иситувчи камерали буғлаткич конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
21. Эркин циркуляцияли буғлаткич конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
22. Мажбурий циркуляцияли буғлаткич конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
23. Юпка қатламли буғлаткич конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
24. Ротор-юпка қатламли буғлаткич конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
25. Барботажли буғлаткич конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
26. Пластина-спиралсимон иссиқлик алмашиниш қурилмаси конструкциясини чизинг, афзаллик ва камчиликларини аниқланг?
27. Самарадор иссиқлик алмашиниш трубаларининг конструкцияларини чизинг ва изоҳланг.
28. Иссиқлик алмашиниш қурилмаларини ҳисоблаш кетма-кетлиги.

7-боб. МАССА АЛМАШИНИШ ЖАРАЁНЛАРИ

Масса алмашиниш асослари

Бир ёки бир неча компонентларни бинар ёки мураккаб аралашмаларда бир фазадан иккинчи фазага ўтишида рўй берган жараёнлар ***масса алмашиниш*** жараёни деб юритилади (масалан, газдан газга, суюкликдан газга, каттиқ жисмдан суюклик ёки газга). Одатда, компонентларнинг бир фазадан иккинчисига ўтиши молекуляр ёки турбулент диффузия оркали содир бўлади. Шунинг учун, бу жараёнлар ***диффузион жараёнлар*** деб аталади.

Масса алмашиниш жараёнлари фаол компонент ва инерт ташувчи фазалар билан характерланади. Фаол компонент – бу фазадан фазага ўтувчи масса, инерт ташувчиларнинг миқдори эса, жараён давомида ўзгармайди.

Масса алмашиниш жараёнини ҳаракатга келтирувчи куч – концентрациялар фарки.

7.1. Умумий тушунчалар

Саноат технологияларида ишлатиладиган абсорбция, ҳайдаш, ректификация, экстракция («суюклик - суюклик», «каттиқ жисм – суюклик» системаларида), адсорбция, қуритиш, кристалланишларда масса алмашиниш жараёнлари содир бўлади.

Абсорбция – бу газ аралашмасидан бирор модданинг суюқ фазага селектив равишда ютилиш жараёнидир. Бу жараёнда модда буғ ёки газ фазадан суюқ фазага ўтишини кузатишимиз мумкин.

Моддани ўзига ютувчи фаза абсорбент деб номланади. Абсорбция 2 хил бўлади: физик абсорбция – бу газнинг суюкликда оддий ютилиши; хемосорбция – бу газнинг суюкликда ютилиши даврида кимёвий бирикма ҳосил бўлиши.

Абсорбцияга тескари жараён, яъни ютилган компонентларни суюкликдан ажратиб олиш ***десорбция*** деб аталади.

Суюкликларни ҳайдаш ва ректификация – бу суюқ ва буғ фазалар орасида компонентлар ўзаро масса алмашиниш йўли билан суюқ аралашмаларни компонентларга ажратиш жараёнидир. Ушбу жараён иссиклик таъсирида олиб борилиб, компонентларнинг қайнаш температураси ҳар хил бўлишига асосланади. Бу жараён 2 хил бўлади: оддий ҳайдаш (дистиллаш) ва мураккаб ҳайдаш (ректификация). Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, бунда модда суюқ фазадан буғга ва буғдан суюқ фазага ўтади.

Экстракция – бу эритма ёки каттиқ жисмдан эритувчи ёрдамида бир ёки бир неча компонент ажратиб олиш жараёнидир. «Суюклик-суюклик» системасида фаол компонент бир суюқ фазадан иккинчисига ўтади. «Каттиқ жисм – суюклик» системасида модда каттиқ жисмдан суюқ фазага ўтади. Бундай системада компонентнинг суюқ фазага ўтиши **эритиш жараёни** деб номланади.

Адсорбция – бу газ, буғ ёки суюқ аралашмалардан бир ёки бир неча компонентларни каттиқ, ғовакли жисм билан ютилиш жараёнидир. Жуда катта фаол юзага эга каттиқ жисмлар ***адсорбентлар*** деб аталади. Ушбу жараён саноатнинг турли соҳаларида ишлатилади ва газ, буғ ёки суюқ аралашмалардан у ёки бу компонентни ажратиб олиш учун хизмат қилади.

Адсорбция жараёнида суюқ ёки газ фазадаги компонент каттиқ жисмга ўтади.

Қуритиш – бу каттиқ нам материалларни киздириб суюкликни буғ шаклида ажратиб олиш жараёнидир. Ушбу жараёнда фаол компонент - намлик суюқ фазадан газ ёки буғ фазасига ўтади.

Кристалланиш – бу суюқ эритмалар таркибидаги каттиқ фазани кристалл шаклида ажратиб олиш жараёнидир. Ушбу жараёнда суюқ фазадан модданинг каттиқ фазага ўтиши рўй беради.

Юкорида келтирилган жараёнлардан кўриниб турибдики, уларнинг ҳаммаси учун бир фазадан иккинчисига масса ўтиши ёки масса ўтказиш хос.

Модданинг бир фазадан иккинчига, ажратиб турувчи юза оркали ўтиши *масса ўтказиш жараёни* деб номланади.

Бир фаза ичида, фазадан ажратиб турувчи юза ёки ажратиб турувчи юзадан фазага модданинг ўтишига *масса бериш жараёни* дейилади.

7.2. Масса ўтказиш кинетикаси

Мувозанат ҳолатига эришиш йўналишида модданинг бир фазадан иккинчисига ўтиш жараёнига масса ўтказиш дейилади.

Масса алмашиниш жараёнида энг камида 3 та модда иштирок этади: 1) биринчи фазани ташкил этувчи модда; 2) иккинчи фазани ташкил этувчи модда; 3) бир фазадан иккинчисига ўтган таркалувчи модда.

Масса алмашиниш жараёнида мувозанат ҳолатларини аниклашда *фазалар қоидасидан* фойдаланилади:

$$Ф + C = K + 2 \qquad (7.1)$$

бу ерда, $Ф$ – фазалар сони, C – эркинлик даражаси сони, K – системадаги компонентлар сони

Бу қоидага биноан, мувозанат ҳолатларини ҳисоблашда параметрларнинг (босим, температура, концентрация) нечтасини ўзгартириш имконияти борлигини аниклаш мумкин.

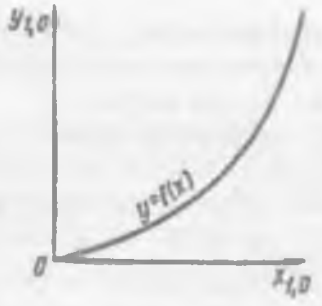
Биринчи фазани – G, иккинчисини – L ва таркалувчи массани – M билан белгилаб оламиз. Ҳамма масса алмашиниш жараёнлари қайтар, шунинг учун модда G фазадан L га ва тескари йўналишда ўтиши мумкин.

Даставвал, таркалувчи модда факат G фазада ва y концентрацияли бўлсин. Бошланғич даврда L фазада таркалувчи модда йўк бўлса, унда фазадаги концентрацияси $x = 0$.

Агар фазаларни аралаштириб юборадиган бўлсак, унда таркалувчи модда G фазадан L фазага ўтади. L фазада таркалувчи модда M бўлиши билан тескари ўтиш бошланади, яъни L фазадан G фазага. Маълум вактгача, G фазадан L га ўтаётган таркалувчи модда заррачаларининг сони M, L фазадан G фазага ўтаётганникидан кўпрок бўлади.

Лекин бирор фурсатдан сўнг, M модданинг тўғри ва тескари ўтиш тезликлари тенглашади. Системанинг бундай ҳолати *фазавий мувозанат* дейилади. Мувозанат пайтида x нинг маълум кийматига бошка фазадаги тегишли аник бир кийматли мувозанат концентрацияси $y_м$ тўғри келади. Худди шундай, y нинг маълум кийматига тегишли мувозанат концентрацияси $x_м$ мос келади. Мувозанат пайтида фазалардаги таркалувчи компонент концентрациялари ўртасида умумий боғликлик қуйидаги кўринишга эга:

$$\bar{y}_P = f_1(\bar{x}); \qquad \bar{x}_P = f_2(\bar{y}) \qquad (7.2)$$



7.1-расм. p=const ва t=const бўлгандаги мувозанат диаграмма.

Ушбу тенгламалар графикда мувозанат чизиғи билан ифодаланади ва масса алмашиниш жараёнининг турига караб тўғри ёки эгри чизикли кўринишда бўлади. 7.1-расмда газ фазасидаги мувозанат концентрациясининг суюк фазадаги концентрация билан богликлиги берилган.

Мувозанат пайтидаги фазалар концентрацияларининг нисбати *таркалиш коэффициенти m* деб номланади.

$$m = \frac{y_м}{\bar{x}}$$

Одатда, кўпчилик эритмалар учун мувозанат чизиғи тўғри чизик шаклида бўлади. Таркалиш коэффициентининг киймати ўзгармас бўлиб, мувозанат чизиғининг киялик бурчаги тангенсига тенгдир.

Турли-туман масса алмашиниш жараёнларига оид конунларнинг аник турлари тегишли бобларда кўриб чикилади.

Мувозанат боғликликлар жараён йўналиши билан бирга, бир фазадан иккинчисига таркалувчи модда ўтиш тезлигини ҳам аниклаш имконини беради.

Мувозанат ва ҳақикий концентрациялар орасидаги фарқ масса алмашиниш жараёнларини ҳаракатга келтирувчи кучи деб ҳисобланади.

Масса алмашиниш жараёнларининг тезлик коэффициенти ва ҳаракатга келтирувчи кучини ҳисоблаш масса ўтказиш кинетикасининг асосий масаласидир.

Масса ўтказишнинг асосий тенгламаси кинетиканинг умумий тенгламасидан келтириб чикарилиши мумкин.

Ушбу тенгламага биноан, масса алмашиниш жараёнларининг тезлиги ҳаракатга келтирувчи кучга тўғри ва жараён диффузион каршилигига тескари пропорционалдир.

Агар диффузион каршилик тескари катталикни $K = 1/R$ (бу ерда R – диффузион каршилик) деб белгиласак, ушбу тенгламага эга бўламиз:

$$\frac{dM}{F \cdot d\tau} = K \cdot \Delta C \qquad (7.3)$$

бу ерда, M – бир фазадан иккинчисига ўтган масса миқдори, кг, F – масса ўтказиш юзаси, м^2; τ – жараён давомийлиги, с, K – масса ўтказиш коэффициенти.

Кўриниб турибдики, $dM/Fd\tau$ ажратиб турувчи юза бирлигига тўғри келадиган масса ўтказиш тезлигидир.

Демак, агар K=const бўлса, бутун масса алмашиниш юзаси учун

$$M = K \cdot \Delta C \cdot F \cdot \tau$$

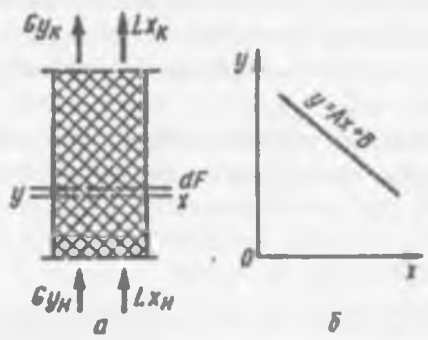
$$M = K_y \cdot F \cdot \Delta y_{yp} \cdot \tau \quad \text{ёки} \quad M = K_x \cdot F \cdot \Delta x_{yp} \cdot \tau \qquad (7.4)$$

(5.4) масса ўтказиш жараёнининг асосий тенгламаси деб номланади. Ушбу тенгламага биноан, бир фаза ядросидан иккинчи фаза ядросига узатилган масса миқдори фазалар ядросидаги концентрациялар фарқи, ажратиб турувчи юза ва жараён давомийлигига тўғри пропорционалдир.

Масса ўтказиш коэффициенти, вақт бирлиги ичида ҳаракатга келтирувчи куч бирга тенг бўлганда, уларни ажратиб турувчи юза бирлигидан ўтган масса миқдорини характерлайди. (7.4) тенгламани ташкил этувчи параметрлар бирликларига караб, масса ўтказиш коэффициенти қуйидаги ўлчов бирлигига эга бўлади: м/с; кг/(кг·к·б·м^2·с); кмоль/(кг·к·б·м^2·с).

7.3. Масса алмашиниш жараёнининг моддий баланси

Бир хил йўналишли фазалар ўртасида масса алмашиниш рўй бераётган элементар масса алмашиниш қурилмасининг схемасини кўриб чикамиз. Фазаларни ажратиб турувчи юзага нисбатан массавий тезликларини G ва L (кг/соат), таркалувчи модда концентрацияларини эса – y ва x (кг/кг) деб белгилаб оламиз (7.2-расм).



7.2-расм. Жараённинг моддий балансини тузишга ва ишчи чизик тенгламасини келтириб чикаришга оид.
а- қурилмадаги окимлар схемаси;
б- y-x координатларда ишчи чизикни тасвирлаш.

Агар $y > y'_M$ деб фараз килсак, таркалувчи модда G фазадан L фазага ўтади, аммо G фазада концентрация $\bar{y}_б$ дан $\bar{y}_{ox}$ гача камаяди.

L фазада эса, мос равишда концентрация $\bar{x}_б$ дан x_{ox} гача ортади.

Қурилманинг чексиз кичик dF юзаси учун:

$$dM = G\left(-d\bar{y}\right) = Ld\bar{x} \qquad (7.5)$$

Қурилмада таркалувчи модда коицентрациялари ўзгариши чегарасида (7.5) тенгликни интеграллаб, қуйидаги тенгламани оламиз:

$$M = -G\left(\bar{y}_{ox} - \bar{y}_б\right) = G\left(\bar{y}_б - \bar{y}_{ox}\right) = L\left(\bar{x}_{ox} - \bar{x}_б\right) \qquad (7.6)$$

Бундан, фазаларнинг массавий сарфини аниклаймиз:

$$G = L\frac{\bar{x}_{ox} - \bar{x}_б}{\bar{y}_б - \bar{y}_{ox}}; \quad L = G\frac{\bar{y}_б - \bar{y}_{ox}}{\bar{x}_б - \bar{x}_{ox}} \tag{7.7}$$

(7.5) тенгламани бошланғич ва охирги концентрациялар оралиғида интеграллаб қуйидаги ифодани оламиз:

$$G(\bar{y}_б - \bar{y}) = L(\bar{x} - \bar{x}_б)$$

Бундан, жорий концентрациялар орасидаги боғлиқлик топилади:

$$\bar{y} = \frac{L}{G}\bar{x} + \frac{G\bar{y}_б - L\bar{x}_{ox}}{G} \tag{7.8}$$

ёки

$$\bar{y} = Ax + B \tag{7.9}$$

бу ерда $A = L/G$. $B = (G\bar{y}_б - L\bar{x}_{ox})/G$

(7.8) ва (7.9) лар ишчи чизиқ тенгламасини характерлайди. Улардан, масса алмашиниш қурилмаларини ҳисоблашда фойдаланилади.

Шундай қилиб, мувозанат ва ишчи чизиқ тенгламаларидан жараённинг йўналишини ҳам аниқлаш мумкин.

Ҳақиқий (ишчи) концентрациялар орасидаги боғлиқликни ифодаловчи тўғри чизиқ тенгламаси (7.9) ***жараённинг ишчи чизиғи*** деб номланади.

7.4. Масса ўтказишнинг асосий қонунлари

Масса ўтказиш жараёнлари бир неча масса алмашиниш йўли билан амалга оширилиши мумкин: газ (ёки буғ) ва суюқлик оқимлари орасида; суюқлик оқимлари орасида; суюқлик оқими ва қаттиқ фаза орасида; газ (ёки буғ) оқими ва қаттиқ фаза орасида.

Масса ўтказишнинг асосий қонунлари бўлиб молекуляр диффузия (Фикининг 1- қонуни), масса бериш (Ньютон – Шукарев қонуни) ва масса ўтказувчанлик қонунлари ҳисобланади.

Молекуляр диффузия қонуни (Фикнинг 1- қонуни). Молекула, атом, ион ва коллоид заррачаларнинг хаотик ҳаракати натижасида моддаларнинг таркалиши ***молекуляр диффузия*** деб номланади. Маълумки, моддалар ҳар доим концентрацияси юқори зонадан концентрацияси паст зонага караб таркалади. Ушбу қонунга биноан, диффузия йўли билан таркалган модда миқдори концентрациялар градиенти, диффузион оқим йўналишидаги перпендикуляр ажратувчи юза ва жараён давомийлигига тўғри пропорционалдир:

$$dM = -D\frac{\partial c}{\partial n}Fd\tau \quad \text{ёки} \quad M = -D\frac{dc}{dn}F\tau \tag{7.10}$$

бу ерда, dM – диффузия йўли билан таркалган масса миқдори, D – диффузия коэффициенти, $\partial c/\partial$ концентрациялар градиенти, F – диффузия ўтаётган юза, $d\tau$ – диффузия давомийлиги.

Диффузия коэффициенти, 1 м^2 ажратувчи юза орқали 1 соат давомида 1 м ораликдаги концентрациялар фарқи 1 га тенг бўлганда таркалган модда миқдорини характерлайди.

Тенгламадаги «минус» ишора молекуляр диффузия жараёнида концентрация камайиб боришини ифодалайди.

(7.10) тенгламадаги диффузия коэффициентининг ўлчов бирлигини аниқлаймиз:

$$[D] = \left[\frac{M \cdot dn}{dc \cdot F \cdot \tau}\right] = \left[\frac{кг \cdot м \cdot м^3}{кг \cdot м^2 \cdot с}\right] = \left[\frac{м^2}{с}\right]$$

Молекуляр диффузия коэффициенти ўзгармас физик катталик бўлиб, модданинг диффузия йўли билан кўзгалмас муҳитга кириш қобилиятини характерлайди. Ушбу коэффициент жараённинг гидродинамикасига боғлиқ эмас. Лекин таркалувчи модда ва муҳитнинг иссиклик-диффузион хоссалари, температура ва босимга боғлиқдир, яъни температура ошиши ва босим пасайиши билан унинг киймати ортади.

Одатда, диффузия коэффициентининг кийматлари адабиётлардан ёки куйидаги формулалардан аникланади:

газлар учун:

$$D = 4{,}35 \cdot 10^{-2} \frac{T^2}{P\left(V_A^{0,33} + V_B^{0,33}\right)} \sqrt{\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B}} \qquad (7.11)$$

суюкликлар учун:

$$D = \frac{8{,}2 \cdot 10^{-12} T}{\mu \cdot V_a^{0,33}} \left[1 + \left(\frac{3V_B}{V_A}\right)^{0,66}\right] \qquad (7.12)$$

бу ерда, T – температура, К; P – босим, Па; V_A ва V_B – жараёнда иштирок этувчи моддалар моль хажми, $см^3$/моль, M_A ва M_B – моддаларнинг молекуляр массаси, кг/юмоль, μ – динамик ковушкоклик, мПа·с, A ва B – модданинг табиатига боглик тажрибавий константа.

Диффузия коэффициенти системанинг агрегат холатига боглик. Газлар учун D нинг кийматлари $(0{,}1\ldots1{,}0)\cdot10^{-4}$ $м^2$/с. Суюкликларнинг диффузия коэффициенти тўрт даражага паст бўлади. Маълумки, температура ортиши билан D ортади, босим ошиши билан эса – камаяди.

Газлардаги диффузия коэффициенти концентрацияга умуман боглик эмас. Лекин суюкликларда эса, диффузия коэффициенти концентрацияга боғликлиги бор. Пахта ёғининг нормал шароитда экстракцион бензиндаги диффузия коэффициенти $D = 0{,}71\cdot10^{-5}$ $см^2$/с; газнинг бошка бир газдаги таркалиш диффузия коэффициенти ~ 0,1…1,0 $см^2$/с; газнинг суюкликлардаги диффузия коэффициенти $10^4\ldots10^5$ маротаба кам бўлиб, тахминан 1 $см^2$/суткага тенг.

Хулоса килиб айтганда, молекуляр диффузия жуда секин ўтадиган жараёндир.

Турбулент диффузия. Турбулент тебраниш таъсирида окимнинг ҳаракатида бир фазадан иккинчисига модданинг таркалиши ***турбулент диффузия*** деб номланади.

Турбулент диффузия тезлиги окимнинг турбулентлик даражасига, жараённинг гидродинамик режимига боғликдир. Исталган фазада турбулент диффузия йўли билан таркалган модданинг микдори ушбу тенгламадан топилади:

$$dM = -\varepsilon_Д \frac{dc}{dn} \cdot dF \cdot d\tau$$

ёки

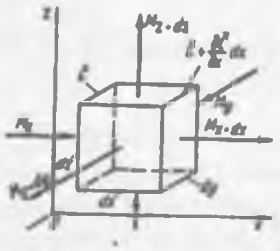
$$M = -\varepsilon_Д \frac{dc}{dn} F \cdot \tau \qquad (7.13)$$

бу ерда, $\varepsilon_Д$ – турбулент диффузия коэффициенти.

(7.13) тенгламадан $\varepsilon_Д$ – аниклаймиз

$$\left[\varepsilon_Д\right] = \left[\frac{M \cdot dn}{dc \cdot F \cdot \tau}\right] = \left[\frac{кг \cdot м \cdot м^2}{с \cdot м^2 \cdot кг}\right] = \left[\frac{м^2}{с}\right]$$

Турбулент диффузия коэффициенти вакт бирлиги ичида концентрация градиенти бирга тенг бўлганда ажратувчи юза бирлигидан турбулент диффузия йўли билан таркалган модданинг микдорини билдиради ва жараённинг гидродинамик режимига боглик. Бу ерда гидродинамик режим деганда окимнинг тезлиги ва турбулентлик масштаби назарда тутилади.



7.3-расм. Молекуляр диффузиянинг дифференциал тенгламасини келтириб чикаришга оид.

Молекуляр диффузиянинг дифференциал тенгламаси (Фикнинг 2-конуни). Бирор фазанинг окимида ажратиб олинган элементар параллелепипед учун таркалувчи модданинг моддий баланси кўриб чикилади ва ундан конвектив диффузия ёки масса бериш жараёнининг тенгламасини келтириб чикариш мумкин (7.3-расм).

Элементар кичик параллелепипед оркали молекуляр

диффузия йўли билан модда таркалаётган бўлсин.

Агар *dydz, dxdy* ва *dxdz* томонлари оркали M_x, M_z ва M_y миқдорда моддалар ўтаётган бўлса, карама-карши томонлардан эса M_{x+dx}, M_{z+dz} ва M_{y+dy} миқдорда моддалар чикади. Яъни параллелепипеднинг элементар ҳажми $dM = (M_x - M_{x+dx}) + (M_y - M_{y+dy}) + M_{x+dx}$ миқдорда таркалган модда ютиб олади. Бунда, модданинг концентрацияси $(\partial C/\partial \tau)\partial \tau$ миқдорга ортади. Фикнинг 1 - конунига биноан:

$$M_x = -D\frac{\partial \overline{C}}{\partial x}\,dydzd\tau$$

$$M_{x+dx} = -D\frac{\partial\left(\overline{C} + \frac{\partial \overline{C}}{\partial x}\,dx\right)}{\partial x}\,dydzd\tau = -D\frac{\partial \overline{C}}{\partial x}\,dydzd\tau - D\frac{\partial^2 \overline{C}}{\partial x^2}\,dxdydzd\tau$$

Демак:

$$M_x - M_{x+dx} = D\frac{\partial^2 \overline{C}}{\partial x^2}\,dxdydzd\tau$$

Худди шундай килиб параллелепипеднинг колган томонлари учун ҳам ўтган моддалар фаркини аниклаб оламиз.

Параллелепипед билан ютилган умумий модда миқдори:

$$dM = D\left(\frac{\partial^2 \overline{C}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \overline{C}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \overline{C}}{\partial z^2}\right)dxdydzd\tau \qquad (7.14)$$

Ушбу модда миқдорини параллелепипед ҳажмини таркалаётган модда концентрациясининг $\partial\tau$ вакт ичида ўзгаришига кўпайтириб ҳам топса бўлади:

$$dM = dxdydz\frac{\partial \overline{C}}{\partial \tau}\,d\tau \qquad (7.15)$$

(7.14) ва (7.15) ларни тенглаштириб, ушбу кўринишдаги молекуляр диффузиянинг дифференциал тенгламасини оламиз:

$$\frac{\partial \overline{C}}{\partial \tau} = D\left(\frac{\partial^2 \overline{C}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \overline{C}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \overline{C}}{\partial z^2}\right) \qquad (7.16)$$

(7.16) тенглама *Фикнинг 2-қонуни* деб юритилади. $\partial C/\partial\tau$ - фазода олинган исталган нуктадаги концентрациянинг вакт бўйича ўзгариш тезлигини характерлайди.



7.4-расм. Масса бериш тенгламасини чикаришга оид.

Масса беришнинг асосий қонуни. Ушбу қонун каттик жисмлар эришини ўрганиш пайтида рус олими Шукарев томонидан аникланган. Бу қонунга биноан, фазаларни ажратиб турувчи юзадан бирор фаза ядросига ёки тескари йўналишда масса бериш йўли билан ўтган модда миқдори фазалар концентрацияси фаркига, фаза ва жараён давомийлигига тўғри пропорционалдир.

Диффузион чегаравий катлам назариясига асосан таркалувчи модда суюклик оқими ядросидан фазаларни ажратувчи юзага суюклик конвектив оқимлари ва молекуляр диффузия йўли билан ўтади. Кўрилаётган системада оқим ядроси ва чегаравий диффузион катламлар бор (7.4-расм). Фаза ядросида модданинг таркалиши асосан суюклик ёки газ оқими билан амалга оширилади. Оқимларнинг турбулент ҳаракати даврида таркалувчи модда концентрацияси ўзгармас бўлади. Чегаравий диффузион катламга якинлашган сари модданинг турбулент таркалиши камаяди ва молекуляр диффузия ҳисобига масса бериш улуши ортади.

Бунда, таркалувчи модданинг концентрация градиенти ҳосил бўлади ва фазаларни ажратувчи чегарага якинлашиб борган сари, унинг киймати ошиб боради. Шундай килиб, че-

гаравий диффузион катлам атрофи–бу концентрация градиенти ҳосил бўлиши ва ўсиши соҳасидир. Ундан ташқари, бу соҳа – умумий масса ўтказишга молекуляр диффузия тезлигининг таъсири кўпаядиган соҳадир.

G фазадан *L* фазага таркалаётган модда миқдори *M* бўлсин. Агар фазалар ядросидаги моддалар концентрациясини y_f ва x_f деб, фазаларни ажратиб турувчи юзадаги концентрацияларни эса – $y_ю$ ва $x_ю$ деб белгиласак, унда масса бериш жараёнида ўтган модда миқдорларини қуйидаги тенгламалардан аниқлаш мумкин:

$$dM = \beta_y(y_f - y_ю) \cdot F d\tau; \qquad dM = \beta_x(x_ю - x_f) \cdot F d\tau \qquad (7.17)$$

бу ерда, β_y, β_x – конвектив ва молекуляр оқимлар билан модда узатилишини характерловчи масса бериш коэффициентлари. $y_ю = y_M$ ва $x_ю = x_M$ деб қабул қилинади.

Масса бериш коэффициентининг ўлчов бирлиги қуйидагича:

$$[\beta] = \left[\frac{M}{(y_f - y_ю) \cdot F \cdot \tau}\right] = \left[\frac{кг \cdot м^3}{кг \cdot м^2 \cdot с}\right] = \left(\frac{м}{с}\right)$$

Масса бериш коэффициенти вақт бирлигида жараённи ҳаракатга келтирувчи кучи бирга тенг бўлганда, юза бирлигидан фазаларни ажратувчи юзадан фазанинг ядросига ёки тескари йўналишда ўтган модда миқдорини характерлайди.

Масса бериш коэффициенти фазаларнинг зичлиги, ковушоқлиги ва бошқа хоссаларига, суюқлик ҳаракат режимига, қурилманинг тузилиши ва ўлчамларига боғлиқдир. Шунинг учун ҳам унинг қийматини тажриба ёки ҳисоблаш йўли билан аниқлаш қийин. Лекин ҳар бир аниқ шароит ва суюқликлар учун β нинг қийматини тажриба йўли билан топиш мумкин.

Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, масса бериш коэффициенти физик маъноси бўйича масса ўтказиш коэффициентидан фарк килса ҳам, лекин бир хил ўлчов бирлигига эга.

7.5. Қаттиқ жисм иштирокида масса алмашиниш

Бундай жараёнларга адсорбция, десорбция, кристалланиш, қуритиш, эритиш, каттиқ материаллардан экстракциялаш кабилар киради. Албатта, бу нотурғун жараёнларнинг ўзига хос алоҳида хусусиятлари бор. «Қаттиқ жисм-суюқлик» системасида масса алмашиниш жуда мураккаб жараён деб ҳисобланади.

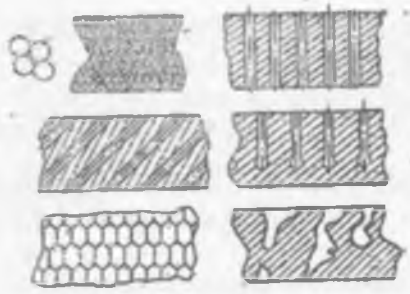
Ғоваксимон каттиқ жисмдан фазаларни ажратиб турувчи чегара орқали газ (ёки буғ) суюқлик муҳитга ёки газ (ёки буғ) муҳитдан қаттиқ жисмга модданинг таркалиши, ўтказиш потенциали градиенти мавжуд бўлгандагина рўй беради. Бошқача қилиб айтганда, «каттиқ жисм – суюқлик» системада масса ўтказиш жараёни ички ва ташки диффузиялардан ташкил топган бўлади. Бу системада масса алмашиниш жараёнига каттиқ жисмнинг тузилиши катта таъсир кўрсатади. Маълумки, каттиқ жисм мураккаб, геометрик система бўлиб, ғоваклилик, полидисперслик, капиллярлар шакли ва ковакчаларни ўлчами буйича таксимланиши билан ажралиб туради.

Капилляр-ковакли тузилишига караб қаттиқ жисмлар қуйидаги синфларга ажратилади: йирик ковакли ($d_{кр} \le 100$ Нм); ўртача ковакли ва ультрамикроковакли материаллар бўлади.

«Қаттиқ жисм – суюқлик» системасида масса бериш жараёни билан *масса ўтказувчанлик* (каттиқ жисмда модданинг таркалиши) бир вақтда ўтади.

Бу системада кечадиган жараёнларнинг тезлиги вақт ўтиши билан молекуляр диффузия тезлигига караганда камайиб бориш хосдир. Шунинг учун ушбу жараёнларни ифодалашда «сиқиқ диффузия» деган атамадан фойдаланилади.

Эритманинг «сиқиқ диффузия»си учун Кади ва Вильямслар томонидан ушбу формула таклиф этилган:



7.5-расм. Говаксимон жисмлар тузилиши модификациялари.

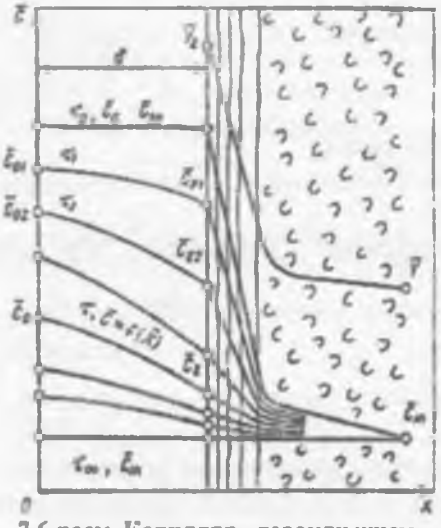
$$D_{сиқ} = D\frac{1}{1+a\left(\frac{r}{R}\right)} \qquad (7.18)$$

бу ерда, $D_{сиқ}$ – «сиқиқ диффузия» коэффициенти; D – молекуляр диффузия коэффициенти, r – таркалаётган молекула ўлчами, R – каттиқ жисм говакларининг кўндаланг ўлчами.

«Сиқиқ диффузия» ўрнига жараённи ҳар томонлама тўлиқ ифодаловчи умумий кинетик характеристика – масса ўтказувчанликни аниқлаш максадга мувофиқдир. Унда, каттиқ жисмда таркалган модданинг узатилишини ифодаловчи конун сифатида қабул килиниш мумкин: каттиқ жисмда масса ўтказувчанлик ҳисобига таркалган масса миқдори концентрациялар градиенти, оқим йўналишига перпендикуляр юза ва жараён давомийлигига тўғри пропорционалдир, яъни:

$$dM = -k\frac{\partial \overline{c}}{\partial x}dFd\tau \qquad (7.19)$$

бу ерда, k – масса ўтказувчанлик коэффициенти, м²/с.



7.6-расм. Капиллар - говакли жисм да масса алмашиниш модели.

Ушбу коэффициент температура ва каттиқ жисмда таркалган модда концентрацияларига боғликдир.

7.5-расмда говаксимон каттиқ жисмларнинг типик тузилишлари келтирилган. Кўриниб турибдики, бундай тузилишли жисмларда жараённинг кинетикаси турлича бўлиши табиийдир.

Каттиқ жисмдан намликни десорбцияси мисолида масса алмашиниш жараёнини кўриб чиқамиз (7.6-расм).

Бошланғич вакт $\tau = \tau_0$ да пластинанинг бутун ҳажмида концентрация ўзгармас бўлади (*c=const*). Каттиқ жисм билан масса алмашинувчи суюклик фазада таркалувчи модданинг концентрацияси ўзгармас ва y_f га тенгдир. Дастлабки даврда, таркалаётган модда каттиқ жисмдан суюкликка караб ҳаракат килади.

Каттиқ материалдан эркин боғланган намликнинг чикиб кетиши билан жисмнинг температураси ўзгармайди ва у ҳўл термометр температурасига тенг бўлади. Материал устидаги буғ босими эса, суюкликнинг тўйинган буғлари босимига баробардир. Шу даврда материалдан намликнинг буғ ҳолатида чикиб кетиши ўзгармас тезликда содир бўлади.

Вакт ўтиши билан жисмнинг концентрацияси узлуксиз равишда пасайиб боради.

Бирор критик концентрация $x_{кр}$ дан бошлаб, буғланиш зонаси жисмнинг ичига сурилади. Бу ҳол, албатта ўтказиш потенциали градиентининг камайишига ва жараённи секинлашувига олиб келади. Намликни буғланиши нафакат ўзгарувчан координатали юзаларда бўлиб колмасдан, балки жисмнинг «аввалги» катламларида ҳам боради. Лекин жисмнинг ташки юзасига якинлашган сари, жараён интенсивлиги камаяди. Бундай ҳол намликни материал билан турли усулларда боғланганидан далолат беради.

Жараён тезлиги пасайиши даврида масса алмашиниш жараёнининг тезлиги масса ўтказувчанлик тезлиги билан белгиланади. Ўз навбатида, масса ўтказувчанлик тезлиги масса алмашиниш механизмига боғликдир.

Қаттиқ фаза иштирок этадиган масса алмашиниш жараёнларининг энг мураккаби – бу қуритиш жараёнидир, чунки бунда масса ва иссиклик алмашиниш жараёнлари бир вактда рўй беради.

Масса ўтказувчанлик дифференциал тенгламаси иссиклик ўтказувчанлик дифференциал тенгламасига ўхшаш келтириб чикарилади ва ушбу кўринишга эга:

$$\frac{\partial \overline{C}}{\partial \tau} = k\left(\frac{\partial^2 \overline{C}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \overline{C}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \overline{C}}{\partial z^2}\right) \qquad (7.20)$$

Кўриниб турибдики, масса ўтказувчанлик коэффициенти ўзгарувчан катталик ва жараён тури (адсорбция, куритиш, эритиш), каттиқ жисм тузилиши ва молекуляр диффузия коэффициентига таъсир этувчи параметрларга боғлиқ.

(7.20) дифференциал тенглама фазаларни ажратувчи чегарасида масса ўтказиш шартларини белгиловчи тенглама билан биргаликда кўрилиши керак. Ушбу шартларни (7.19) тенгламани $dM = \beta(y_* - y_M)F \cdot d\tau$ тенглама билан таккослаб топиш мумкин. Тенгламаларнинг ўнг томонларини бир-бирига тенглаб, ушбу кўринишга эга ифодани оламиз:

$$-k\frac{\partial \overline{C}}{\partial x} = \beta\Delta\overline{y} \qquad (7.21)$$

Ўхшашлик назариясини қўллаб қуйидаги ўлчамсиз комплексни келтириб чикарамиз:

$$Bi_Д = \frac{\beta \cdot l}{k} \qquad (7.22)$$

Ушбу комплекс ***Био диффузион критерийси*** деб номланади.

Био критерийси каттиқ фазадан ювиб турувчи суюк фазага модда таркалиши тезлигининг масса ўтказувчанлик тезлигига нисбатани ифодалайди.

Масса ўтказувчанлик тенгламасидан Фурье диффузион критерийсини келтириб чикариш мумкин:

$$Fo_Д = \frac{k\tau}{l^2} \qquad (7.23)$$

Фурье критерийси каттиқ жисм ичида масса алмашиниш тезлигининг вакт ўтиши билан ўзгаришини характерлайди.

(7.21) тенглама тахлили шуни кўрсатадики, масса ўтказиш тезлиги масса ўтказувчанлик ва масса беришга боғлиқ. Экстракция жараёнининг масса ўтказишга таъсири 3 хил бўлади:

– масса бериш жараёни тезлиги масса ўтказиш тезлигига нисбатан анча катта. Бунда масса ўтказиш тезлиги масса ўтказувчанлик оркали топилади;

– масса ўтказувчанлик тезлиги масса бериш жараёнининг тезлигига нисбатан анча катта бўлади. Бунда масса ўтказиш тезлиги масса бериш жараёни β асосида хисобланади;

– масса ўтказувчанлик ва узатиш жараёнларининг тезлигини ўзаро солиштириш мумкин бўлади. Бунда масса ўтказишнинг тезлигини топишда $D_м$ ва β коэффициентлар хисобга олинади.

Қаттиқ жисмдан керакли компонентни ажратиб олиш мураккаб жараёндир. Бунда, каттиқ жисм ичида ва атроф-мухитда концентрациялар микдори вакт давомида ёки курилманинг узунлиги бўйича ўзгартириб туради (7.6-расм).

Қаттиқ жисмда концентрациялар микдорининг ўзгариш тезлигига куйидаги омиллар сабабчи бўлади:

1. Қаттиқ жисм ва таркалаётган модданинг диффузия хоссалари, бу хоссалар масса ўтказувчанлик коэффициенти $D_м$ оркали ифодаланади.

2. «Қаттиқ жисм – суюқлик» чегарасида масса ўтказиш шароитлари.

3. Қаттиқ жисм ва суюк фазалар микдорларининг нисбати

$$\frac{C_б - C_0}{C_б^{'} - C_0^{'}} = n$$

билан ифодаланади.

бу ерда, $C_б'$ ва $C_б''$ – жараённинг бошланиш ва охирида суюк фазадаги экстракцияланган модданинг концентрациялари; $C_б$ ва $C_в$ – жараённинг бошланиши ва охирида каттик фазадаги экстракцияланиши зарур бўлган модданинг концентрацияси; $n=W/N$ – ўзаро тўкнашиш холатида бўлган суюклик миқдори W нинг каттик жисм миқдори N га нисбати

4. Қаттиқ материал заррачаларининг суюклик билан ўзаро таъсир қилиш усули.

5. Қаттиқ материал заррачаларининг шакли ва ўлчамлари.

Масса ўтказувчанлик йўли билан масса алмашиниш жараёнининг ўхшашлигини ифодалашда геометрик ўхшашлик ҳам инобатга олиниши зарур.

Бир ўлчамли оким учун масса ўтказувчанликнинг критериал тенгламасини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$\frac{C-C_M}{C_б-C_M}=f\left(Bi_Д, Fo_Д, \frac{x}{\delta}\right) \qquad (7.24)$$

бу ерда, C – вакт моменти τ да каттик фазанинг берилган нуктасидаги концентрацияси; $C_б$ – каттик фазадаги бошлангич концентрация, $C_м$ – каттик фазадаги экстракцияланаетган модданинг мувозанат концентрацияси; δ – каттик жисмнинг аниқловчи ўлчами, x – каттик жисмнинг берилган нуктасидаги координатаси

(7.24) тенгламанинг ечими фақат энг оддий шаклдаги жисмлар (шар, цилиндр ва чексиз пластина) учун бор.

«Қаттиқ жисм – суюклик» системасида масса ўтказиш жараёнини ифодалаш учун масса ўтказишнинг асосий тенгламасидан фойдаланиш мумкин. Унда, масса ўтказиш коэффициенти ушбу формуладан ҳисобланади:

$$\frac{1}{K}=\frac{1}{\beta_y}+\frac{1}{(\psi+n)\cdot km} \qquad (7.25)$$

бу ерда, ψ – шакл коэффициенти, пластина учун 1 га, цилиндр учун 2 ва шар учун 3 тенг; n – даража курсаткичи

Ташки диффузия соҳасида жараён ўтказилганда ва $Bi_Д \le 3{,}0$ бўлганда (7.25) формула ушбу кўринишни олади:

$$K \approx \beta_y \qquad (7.25а)$$

Ушбу ҳолатда жараён тезлиги фақат ички диффузия омиллари билан аникланади.

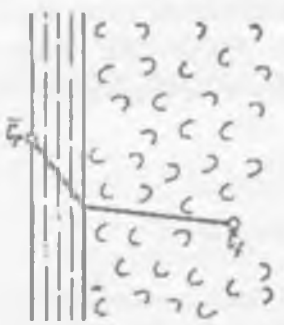
Иссиклик ва масса алмашиниш жараёнлари биргаликда содир бўлганда, иссиклик ва масса бериш коэффициентларини топиш учун ушбу критериал тенглама тавсия этилади:

$$Nu = A\cdot \mathrm{Re}^n\cdot \mathrm{Pr}^{0,33}\cdot Gu^{0,175} \qquad (7.26)$$

бу ерда, Gu – адиабатик шароитда суюкликнинг ҳажмий бугланишини характерловчи Гухман критерийси

Константа A ва даража кўрсаткичи n қурилмадаги гидродинамик режимга боғлик бўлади.

7.6. Конвектив диффузиянинг дифференциал тенгламаси



7.7-расм. Конвектив диффузия конунини келтириб чикаришга оид.

Диффузион чегаравий катлам назариясига биноан, суюклик окими фазаларни ажратувчи чегарасида таркалаётган модда молекуляр диффузия ва бевосита суюклик окими билан узатилади (7.7-расм). Кўрилаётган системада окимни 2 кисмдан иборат деб ҳисобласа бўлади, яъни ядро ва чегаравий диффузион катламдан. Турбулентлик анча юкори бўлганда ҳам, ядрода модданинг таркалиши асосан суюклик ҳаракати туфайли рўй беради. Турғун режимда ушбу кўндаланг кесимда таркалувчи модда концентрацияси ўзгармасдир. Чегаравий диффузион катламга якинлашган сари, турбулентлик даражаси пасаяди. Шунинг учун, фазаларни ажратувчи чегарада модданинг таркалиши асо-

сан молекуляр диффузия ҳисобига ўтади. Ундан ташқари, бу зонага яқинлашиш билан концентрациялар градиенти ҳам ортади.

Шундай қилиб, чегаравий диффузион қатлам – бу концентрация градиенти ҳосил бўладиган ва ортадиган ҳамда молекуляр диффузия қийматининг минимумдан максимумгача кўпаядиган зонасидир.

Конвектив диффузия жараёнида фазанинг элементар ҳажмида таркалувчи модданинг концентрацияси ҳам молекуляр диффузия, ҳам механик ҳаракат таъсири остида ўзгаради. Бундай ҳолларда, таркалаётган модданинг концентрацияси x, y, z координаталар ва вакт τ нинг функцияси бўлиб колмай, балки элемент силжиш тезлиги w_x, w_y ва w_z ларга ҳам боғлик бўлади.

Молекуляр диффузия йўли билан молданинг таркалиши (7.16) тенглама ёрдамида топилади.

Конвектив диффузия пайтида эса, элемент фазонинг бир нуктасидан иккинчисига кўчади. Бунда, элементда таркалаётган модда концентрациясининг ўзгариши субстанционал ҳосила оркали ифодаланади:

$$\frac{D\bar{c}}{D\tau} = \frac{\partial\bar{c}}{\partial\tau} + \frac{\partial\bar{c}}{\partial x} w_x + \frac{\partial\bar{c}}{\partial y} w_y + \frac{\partial\bar{c}}{\partial z} w_z \qquad (7.27)$$

Ушбу тенгламадаги қўшилувчилар йиғиндиси $\frac{\partial\bar{c}}{\partial x} w_x + \frac{\partial\bar{c}}{\partial y} w_y + \frac{\partial\bar{c}}{\partial z} w_z$ - концентрациянинг конвектив ўзгаришини, $\frac{\partial\bar{c}}{\partial\tau}$ эса – локал ўзгаришини характерлайди.

Молекуляр диффузия ҳисобига таркалаётган модданинг ортиши (7.16) тенглама ёрдамида аникланади. Агар (7.16) ва (7.27) тенгламаларни тенглаштирсак ва концентрациянинг локал ўзгариши $\frac{\partial\bar{C}}{\partial\tau}$ ни (7.27) даги тўлик $\frac{D\bar{C}}{\partial\tau}$ га алмаштирсак, конвектив диффузиянинг дифференциал тенгламасини келтириб чикариш мумкин:

$$\frac{\partial\bar{C}}{\partial\tau} + \frac{\partial\bar{C}}{\partial x} w_x + \frac{\partial\bar{C}}{\partial y} w_y + \frac{\partial\bar{C}}{\partial z} w_z = D\left(\frac{\partial^2\bar{C}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\bar{C}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2\bar{C}}{\partial z^2}\right) \qquad (7.28)$$

Фазаларни ажратувчи чегара атрофида фазадан фазага таркалаётган модда миқдори конвектив диффузия конуни (7.17) ёрдамида аникланади. Юкорида айтилгандек, фазаларни ажратувчи юза олдида, модданинг бир фазадан иккинчисига ўтиши эса, молекуляр диффузия (7.10) ҳисобига амалга ошади.

(7.10) ва (7.17) тенгламаларни бир-бирига тенглаштириб, ушбу формулани оламиз:

$$\beta\Delta\bar{C} = -D\frac{\partial\bar{C}}{\partial x} \qquad (7.29)$$

бу ерда, $\Delta\bar{C} = \bar{C}_c - \bar{C}_f$ – жараённи харакатга келтирувчи куч.

Конвектив диффузиянинг критериал тенгламалари. Бундай формулалар (7.28) ва (7.29) тенгламалардан келтириб чикарилади. Диффузион критерийларни олиш учун ўхшашлик назариясидан фойдаланамиз. (7.29) тенгламадан ўлчамсиз $\beta\Delta C dx / D\partial\bar{C}$ комплексни оламиз ва баъзи кискартиришлардан сўнг Нуссельт диффузион критерийсини ҳосил киламиз:

$$Nu_\beta = \frac{\beta \cdot l}{D} \qquad (7.30)$$

бу ерда, β – масса бериш коэффициенти, l – аниқловчи ўлчам, D – молекуляр диффузия коэффициенти.

(7.28) тенгламанинг иккала кисмини $D(\partial^2 c/\partial x^2)$ га бўлиб, ушбу ўлчамсиз комплексни олиш мумкин:

$$\frac{\partial \overline{C} \cdot \partial x^2}{\partial \tau \cdot \partial^2 \overline{C}} \quad \text{ва} \quad \frac{\partial \overline{C} \cdot w_x \cdot \partial x^2}{\partial x \cdot D \cdot \partial^2 \overline{C}}$$

Булардан эса Фурье диффузион критерийси:

$$Fo_Д = \frac{D\tau}{l^2} \tag{7.31}$$

ва Пекле диффузион критерийси келтириб чикарилади.

$$Pe_Д = \frac{wl}{D} \tag{7.32}$$

бу ерда, τ – жараён давомийлиги, w – оким тезлиги

Фурье критерийси вакт ўтиши билан таркалаётган масса окими тезлиги ўзгаришини ифодалайди ва нотурғун масса бериш жараёнларни характерлайди.

Пекле критерийси ўхшаш системаларнинг ўхшаш нукталарида конвектив ва молекуляр диффузиялар оркали ўтаётган массаларнинг нисбатини ифодалайди.

Пекле критерийсини ўзгартириб, ушбу кўринишда ёзамиз:

$$Pe = \frac{wl}{D} = \frac{wl}{\nu} \cdot \frac{\nu}{D} = \mathrm{Re} \cdot \mathrm{Pr}_Д$$

бу ерда

$$\mathrm{Pr}_Д = \frac{\nu}{D} \tag{7.33}$$

Прандтл критерийси физик катталиклар майдонларининг ўхшашлигини характерлайди ва моддалар физик хоссалари нисбатининг ўзгармаслигини ифодалайди.

Масса бериш жараёнини характерловчи ўхшашлик критерийлари аниклангандан сўнг, конвектив диффузиянинг умумий критериал тенгламаси тузилиши мумкин:

$$f\left(\mathrm{Re}, Gr, Nu_Д, \mathrm{Pr}_Д, Fo_Д\right) = 0 \tag{7.34}$$

Нуссельтнинг диффузион критерийси асосий аникланувчи критерий бўлгани учун (7.34) тенгламани куйидагича ёзиш мумкин:

$$Nu_D = f\left(\mathrm{Re}, Gr, \mathrm{Pr}_Д, Fo_Д\right) \tag{7.35}$$

(7.35) даги Грасгоф критерийси эркин конвекция пайтида конвектив диффузияни характерлайди.

Агар жараён турғун бўлса, умумий критериал тенгламадан, Фурье критерийси туширилиб колдирилади:

$$Nu_D = f\left(\mathrm{Re}, Gr, \mathrm{Pr}_Д\right) \tag{7.36}$$

Суюклик окимининг мажбурий ҳаракати пайтида эркин конвекцияни ҳисобга олмаса бўлади. Бу ҳолда (7.36) тенгламадан Грасгоф критерийси тушиб колади:

$$Nu_D = f\left(\mathrm{Re}, \mathrm{Pr}_D\right) \tag{7.37}$$

Критериал тенгламалардан аникланган Нуссельт критерийси кийматларидан масса бериш коэффициентини ҳисоблаб топиш мумкин:

$$\beta = \frac{Nu \cdot D}{l} \tag{7.38}$$

Масса бериш коэффициентларининг кийматлари ёрдамида масса ўтказиш коэффициенти K ни топиш мумкин.

Гидродинамик ўхшашлик асосида масса бериш коэффициенти β ни оким ўртача тезлиги w га нисбатини аниклаш мумкин. Бу ўлчамсиз катталик Стантон диффузион критерийси деб номланади ва ушбу кўринишга эга:

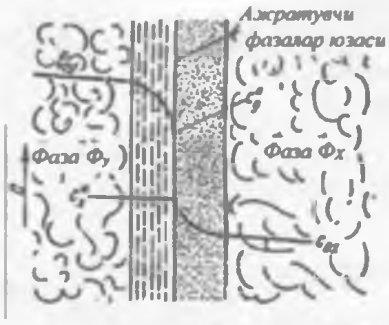
$$St_D = \frac{\beta}{w} = \frac{Nu_D}{Pe_D} = \frac{\beta \cdot l / D}{w \cdot l / D} \qquad (7.39)$$

Стантон критерийси турбулент оқимларда масса бериш жараёнида концентрация ва тезлик майдонлари ўхшашлигини характерлайди.

7.6.1. Масса алмашиниш жараёни механизми

Маълумки бирор модда массасининг иккинчи фазага ажратиб турувчи юза оркали ўтиши ***масса ўтказиш*** деб номланади. Бу жараён жуда мураккабдир, чунки масса бериш ва турбулент оқимларнинг гидродинамик қонуниятлари яхши ўрганилмаган.

7.8-расмда суюклик ва газ (буғ) ёки иккала фаза орасида масса ўтказиш жараёнини тушунтирувчи схема келтирилган.



7.8-расм. Масса ўтказиш жараёнида фазаларда концентрация таксимланиш схемаси.

Фазалар бир - бирига нисбатан турбулент режимга оид тезликда ҳаракат килмокда ва улар ўртасида ажратувчи юза мавжуд.

Таркалувчи модда массаси M фаза Φ_y (аммиакнинг ҳаво билан аралашмаси)дан суюк фаза Φ_x (сув) га ўтмокда. Шундай килиб, Φ_y фаза ядросидан фазаларни ажратиб турувчи юзага ва ажратиб турувчи юзадан Φ_x фазанинг ядросига масса бериш жараёни содир бўлади.

Ажратувчи юза қаршилигини (агар унинг миқдори сезиларли бўлса) енгиб, бир фазадан иккинчисига масса ўтади, яъни масса ўтказиш жараёни рўй беради.

Маълумки, масса алмашиниш жараёни ҳар бир фазадаги оқим турбулентлик тузилиши билан узвий равишда боғлиқ.

Гидродинамикадан маълумки, суюклик оқимининг девор якинида ҳаракат пайтида чегаравий катлам ҳосил бўлади. Ҳар бир фаза ядро ва чегаравий катламдан ташкил топган бўлади. Фаза ядросида модданинг таркалиши кўпчилик ҳолларда турбулент пульсация ёрдамида амалга ошади ва таркалувчи модданинг концентрацияси, 7.8-расмда кўрсатилгандек, ўзгармас бўлади. Чегаравий катламда эса, турбулентлик аста - секин сўниб, концентрация эса ўзгариб боради. Ажратувчи юзага якинлашган сари, концентрация ўзгариши кескинлашади. Бевосита ажратувчи юзада модданинг таркалиш тезлиги жуда кичик бўлади ва у молекуляр диффузиянинг тезлигига боғлиқ бўлиб колади. Фазалараро ишкаланиш ва сиртий таранглик кучлари таъсирида ажратувчи юза якинида концентрация кескин, тўғри чизикли қонун бўйича ўзгаради.

Шундай килиб, суюклик оқимининг турбулент ҳаракати пайтида фаза ядросидан ажратувчи юзагача ёки тескари йўналишда массанинг берилиши ҳам молекуляр, ҳам турбулент диффузиялар усулида боради. Лекин таркалаётган массанинг асосий кисми турбулент диффузия усулида ўтади.

Демак, масса алмашиниш жараёнини интенсивлаш учун оқим турбулентлик даражасини кўпайтириб, чегаравий катлам калинлигини камайтириш зарур.

Маълумки, оқим турбулентлик даражасини кўпайтириш учун суюклик тезлигини ошириш керак бўлса, чегаравий катлам калинлигини камайтириш учун аралаштириш, пульсация, тебраниш, электромагнит майдон ёки ультратовуш каби усулларни қўллаш мумкин.

7.6.2. Масса ўтказиш ва узатиш коэффициентлари ўртасидаги боғлиқлик

Ишчи ва мувозанат концентрациялари орасида чизикли боғлиқлик шароитида, бирор G фазадан L фазага масса ўтказиш жараёнини кўриб чикамиз (7.4-расм). Фазаларни ажратувчи чегарада мувозанат холатига эришилади деб кабул киламиз.

G фазадан фазаларни ажратувчи чегаравий юзага таркалган модда миқдори ушбу тенгламадан топилади:

$$dM = \beta_y \cdot (y - y_*) \cdot dF$$

Фазаларни ажратувчи чегаравий юзадан L фаза ядросига берилган модда миқдори эса қуйидаги тенгламадан аникланади:

$$dM = \beta_x (x_* - x) \cdot dF$$

Мувозанат концентрация $y_*=m \cdot x$ эканлиги маълум бўлгани учун, L фазадаги концентрация x ни G фазадаги мувозанат концентрацияси оркали ифодалаш мумкин:

$$dM = \beta_x (x_* - x) \cdot dF = \frac{\beta_x}{m} (y_{**} - y_*) \cdot dF$$

бундан:

$$y_{**} - y_* = \frac{dM \cdot m}{\beta_x dF}; \qquad y - y_* = \frac{dM}{\beta_y dF}$$

Юкорида келтирилган охирги икки тенгламаларнинг чап ва ўнг томонларининг йиғиндиси ҳамда $y_* = y_{**}$ га тенглигини ҳисобга олсак, ушбу кўринишдаги тенгламани оламиз:

$$y - y_* = \frac{dM}{dF\left(\frac{m}{\beta_x} + \frac{1}{\beta_y}\right)} \tag{7.40}$$

Масса ўтказишнинг асосий тенгламасидан:

$$y - y_* = \frac{dM}{dF} \cdot \frac{1}{K} \tag{7.41}$$

(7.40) ва (7.41) тенгламаларни ўнг томонларини тенглаштириб, ушбу кўринишга эга бўламиз:

$$\frac{1}{K_y} = \frac{m}{\beta_x} + \frac{1}{\beta_y} \qquad \text{ёки} \qquad K_y = \frac{1}{\frac{m}{\beta_x} + \frac{1}{\beta_y}} \tag{7.42}$$

Худди шу усулда L фаза учун масса ўтказиш коэффициентини аниклаш формуласини келтириб чикарамиз:

$$\frac{1}{K_x} = \frac{1}{m\beta_y} + \frac{1}{\beta_x} \qquad \text{ёки} \qquad K_x = \frac{1}{\frac{1}{m\beta_y} + \frac{1}{\beta_x}} \tag{7.43}$$

Бу тенгламаларнинг чап томонлари массанинг бир фазадан иккинчисига ўтиши учун умумий диффузион каршиликни, ўнг томонлари эса – фазалардаги масса бериш жараёнлари диффузион каршиликларнинг йигиндисини ифодалайди. Шунинг учун ҳам, (7.42) ва (7.43) тенгламалар фазавий каршиликларнинг *аддитивлик тенгламалари* деб юритилади.

K_y ва K_x коэффициентлар $K_y = K_x/m$ тенглик билан боғлиқ бўлади. Масса ўтказиш коэффициентларнинг киймати масса бериш коэффициентларининг сон кийматлари ва мувозанат чизиғининг киялик бурчаги билан белгиланади. Масса бериш коэффициентлари критериал тенгламалардан аникланади.

7.6.3. Масса алмашиниш жараёнларининг моделлари

Масса узатиш механизми бир вактда ҳам молекуляр, ҳам конвектив усулларда масса ўтиш билан характерланади. Масса ўтказиш эса, ундан ҳам мураккаб жараёндир, чунки фазаларни ажратувчи чегаранинг иккала томонида масса бериш жараёнлари рўй беради. Шу кунгача фазалар орасидаги ҳаракатчан юза чегарасида борадиган масса ўтказиш жараёнининг назарияси яратилмаган. Шунинг учун ҳам масса ўтказиш механизмининг бир катор соддалаштирилган назарий моделлари ишлаб чикилган.

Кўпчилик моделлар қуйидаги тахминлар асосида яратилган:

1. Бир фазадан иккинчисига масса ўтиш жараёнидаги умумий каршилик иккала фаза ва уларни ажратувчи юза каршиликларининг йиғиндисига тенг. Лекин кўпинча ажратувчи юзадаги каршилик нолга тенг деб ҳисобланади. Унда, умумий каршиликни фазалар каршиликлари йиғиндиси деб караш мумкин;

2. Ажратувчи юзада фазалар мувозанат ҳолатида бўлади.

Юпка катламли модель. Бу модель энг биринчиларидан бўлиб, Льюис ва Уитменлар томонидан таклиф этилган. Ушбу моделга биноан, ҳар бир фазада унинг бевосита чегарасига кўзгалмас ёки ламинар ҳаракатланувчи юпка катлам ёндашиб туради.

Юпка катламда масса факат молекуляр диффузия усулида таркалади. Масса беришга каршиликнинг ҳаммаси юпка катламда мужассамлашган. Шунинг учун, концентрациялар градиенти факат чегаравий юпка катлам ичида ҳосил бўлади, чунки фазалар ядросида концентрациялар ўзгармас ва сон жиҳатидан ўртача концентрацияларга тенгдир.

Ундан ташкари, юқорида қабул килинган тахминлар бу моделга ҳам тааллукли. Шундай килиб, ушбу модель схемасининг 7.8-расмдагидан фарки шундаки, чегаравий катламда турбулент пульсациялар ёрдамида аралаштириш тўғри чизиқ қонунига бўйсунади.

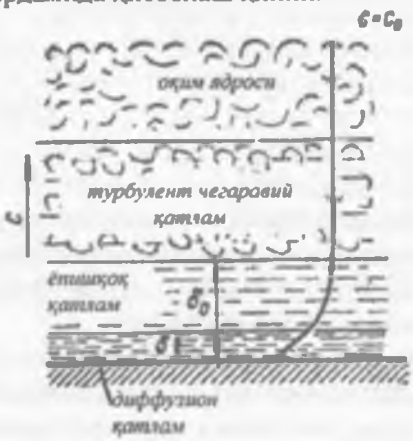
Юпка катламли моделга биноан, вакт бирлигида таркалган масса миқдори қуйидаги тенгламадан аникланиши мумкин:

$$M = \frac{D}{\delta_{эф}} (C_0 - C_c) \qquad (7.44)$$

бу ерда, C_0 ва C_c – фаза ядроси ва уларни ажратиб турувчи чегарадаги концентрациялар, δ – чегаравий юпка катламнинг эффектив калинлиги, $D/\delta_{эф}$ – масса бериш тезлигини характерловчи коэффициент

Ушбу моделда ажратувчи юза атрофидаги гидродинамик шароитлар анча соддалаштирилган. Молекуляр ва турбулент диффузияларни ажратиб турувчи чегарасида турбулент пульсацияларнинг сўниши, системанинг физик ва геометрик катталиклари ҳисобга олинмаган. Шу сабабларга кўра, кўпчилик тажрибаларда олинган натижаларда $M \sim D$ боғликлик исботланмаган.

Ундан ташкари, чегаравий катламнинг эффектив калинлигини ўлчаш ёки формулалар ёрдамида ҳисоблаш кийин.



7.9-расм. Фазадаги окимнинг тузилиши ва концентрация ўзгаришлари.

Диффузион чегаравий катламли модель. Ушбу моделда фазаларни ажратувчи чегара якинидаги шароитлар аникрок ҳисобга олинган (7.9-расм).«Каттик жисм – суюклик» системасидагига нисбатан юкори аникликка эга модель рус олимлари Ландау ва Левич томонидан яратилган. Кўриниб турибдики, фаза ядросида концентрация ўзгармас (C_0=const) бўлиб, турбулент чегаравий катламда аста-секин камайиб бошлайди. Қовушкок катламга якинлашган сари турбулент пульсациялар сўниб боради. Лекин ковушок катламда концентрация сезиларли даражада камаяди. Бу катламда ишкаланиш кучлари катта бўлгани учун суюклик ҳаракати ламинар режимга тўғри келади. Натижада молекуляр диффузия усулида таркалаётган модданинг улуши ортиб боради.

Лекин қовушок катлам δ_0 нинг катта кисмига турбулент диффузия усулида таркаладиган массанинг миқдори молекуляр диффузияникига караганда нисбатан кўп. Фақат диффузион катлам калинлиги δ бўлганда массанинг ўтиши бутунлай молекуляр диффузия йўли билан таркалади.

Диффузион катламда концентрация кескин ўзгаради ва бу ўзгариш тўғри чизик бўйича боради.

Қовушоқ катлам калинлиги ва δ_0 диффузион катлам қалинлиги δ ўртасида қуйидаги боғликлик бор:

$$\delta = \left(\frac{D}{\nu}\right)^{\frac{1}{m}} \cdot \delta_0 \qquad (7.45)$$

δ нинг кийматини (7.44) га қўйиб, ушбу тенгламани оламиз:

$$M = \frac{D^{\frac{m-1}{m}}}{\nu^{\frac{1}{m}}\delta_0}(C_0 - C_*) \qquad (7.46)$$

бу ерда, ν – кинематик қовушоқлик; m – фазаларни ажратувчи чегарада турбулент диффузия усулида масса таркалишининг сўниш конуниятини ифодаловчи даража кўрсаткичи.

Кўпинча, тажриба йўли билан аникланади ва «каттик жисм – суюклик» системаси учун m=3, «суюклик - газ», «суюклик - суюклик» системаси учун – m = 2 ва (7.46) тенгламага асосан $M \sim D^{0.66}$, ҳамда $M \sim D^{0.5}$.

Шундай килиб, турбулентлик аста-секин ва узлуксиз равишда сўниб боради ва каттик жисм юзаси якинида пульсацион тезлик нолга тенглашади, $\varepsilon_\mu = 0$.

Ҳаракатчан ажратувчи юзага эга бўлган «суюклик - газ» ва «суюклик - суюклик» системаларидаги сиртий таранглик кучлари, худди каттик юзада ишкаланиш кучи каби таъсир этади. Лекин шу кунгача турбулент пульсацияларнинг сўниш конуни топилмаганлиги учун m нинг кийматини назарий йўл билан аниклаб бўлмайди.

Юкорида кўриб чикилган моделларда модда ўтиши узлуксиз деб тахмин килинган. Лекин тўкнашиш юзасининг янгиланиш модели (Данквертс ва Кишиневскийлар томонидан яратилган) да масса алмашиниш жараёни узлукли бўлади, яъни вакт ўтиши билан ўзгариб туради.

М.Х. Кишиневский томонидан таклиф этилган моделга биноан, фазаларни ажратувчи чегарагача масса беришда молекуляр ва турбулент диффузия биргаликда боради деб кабул килинади. Шунинг учун, бу моделда ўтаётган масса миқдори қуйидаги формуладан ҳисобланади:

$$M = 2\sqrt{\frac{D + \varepsilon_д}{\pi\tau}}(C_0 - C_*) \qquad (7.47)$$

бу ерда, τ – фазаларнинг тўкнашиш вакти, C_0-C_* – фазалар чегараси ва ядросидаги концентрациялар фарки.

Данквертс моделига биноан, фазаларни ажратувчи юзалар чегарасида модданинг таркалиши фақат молекуляр диффузия ҳисобига боради деб кабул килинган. Лекин ҳар бир элемент янгиси билан алмашиш эҳтимоли бор деб каралади. Шу билан бирга, элементларнинг ажратувчи юзада бўлиш вакти бир хил эмас ва модданинг таркалиши экспоненциал конунга бўйсунади, яъни (7.47) тенглама ушбу кўринишни олади:

$$M = \sqrt{Ds}(C_0 - C_*)$$

бу ерда, s – вакт бирлиги ичида янгиланаётган юзанинг улуши, $с^{-1}$.

Маълумки, турбулент ҳаракат шу кунгача мукаммал ўрганилмаган. Шунинг учун ҳам, аник ва мукаммал масса ўтказиш моделлари ишлаб чикилмаганлиги учун (7.17) тенглама ишлатилади.

7.6.4. Масса алмашиниш жараёнларини ҳаракатга келтирувчи куч

Иссиклик алмашиниш жараёнлари каби, масса алмашинишда ҳам фазалар йўналиши параллел, карама - карши, ўзаро кесишган ва мураккаб бўлиши мумкин.

Маълумки, фазалар ҳаракатининг ўзаро йўналиши ва уларнинг таъсир килиш усули масса алмашиниш жараёнининг ҳаракатга келтирувчи куч кийматини белгилайди. Фазалар, ажратувчи юза бўйича ҳаракатланганда, уларнинг концентрацияси ўзгаради. Бу ҳол эса ўз навбатида ҳаракатга келтирувчи кучнинг ўзгаришига олиб кетади. Шунинг учун, масса ўтказишнинг асосий тенгламасида ўртача ҳаракатга келтирувчи куч катталиги ишлатилади.

Масса ўтказиш жараёнининг ўртача ҳаракатга келтирувчи кучи. Ушбу кучнинг ифодаланиши мувозанат чизиғи тўғри ёки эгри чизиқ шаклида эканлигига боғлик.

Қарама - карши йўналишли колоннада масса алмашиниш жараёнини кўриб чикамиз (7.10-расм).

Жараён қуйидаги шартларга амал килган ҳолатда юз бермокда:

1) мувозанат эгри чизиғи $y^* = f(x)$;

2) фазалар сарфларн ўзгармас ($G = const$, $L = const$), яъни ишчи чизик тўғри чизик функциясидир.

3) масса ўтказиш коэффициенти қурилманинг баландлиги бўйича ўзгармайди, яъни $K_x = const$, $K_y = const$.

Масса ўтказиш жараёнида dF элементар юзадан Φ_y фазанинг концентрацияси dy га камаяди ва таркалган масса dM нинг микдори қуйидагича аникланади:

$$dM = -Gdy$$

Тенглама ўнг томонидаги манфий ишора Φ_y фазадаги концентрациянинг камайишини ифодалайди.

Худди шу микдордаги dM масса Φ_x фазага ўтиб, унинг концентрациясини dx кийматга оширади. Унда, dF элементар юза учун масса ўтказиш тенгламасини ушбу кўринишда ёзиш мумкин:

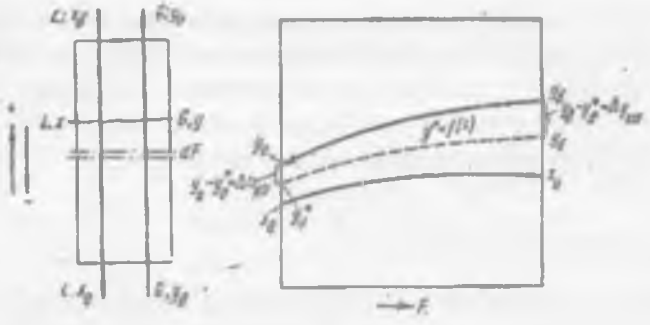
$$dM = -Gdy = K_y(y - y^*) \cdot dF \qquad (7.48)$$

Ўзгарувчи y ва F кийматларни ажратиб (7.48) тенгламани интегралласак (концентрация бўйича $y_б$ дан $y_{ох}$ гача, тўкнашиш юзаси бўйича O дан F гача), қуйидаги тенгламани оламиз:

$$\int_{y_б}^{y_{ох}} \frac{d_y}{y - y^*} = \int_{O}^{F} \frac{K_y}{G} dF$$

бундан

$$\int_{y_б}^{y_{ох}} \frac{d_y}{y - y^*} = \frac{K_y}{G} F \qquad (7.49)$$



7.10-расм. Масса ўтказиш жараёнининг ўртача ҳаракатга келтирувчи кучини аниклашга оид.

Моддий баланс тенгламасига биноан, бутун қурилма учун бир фазадан иккинчисига ўтган модда массаси қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$M = G \cdot (y_б - y_{ох})$$

Охирги ифодадаги G нинг қийматини (7.49) тенгламага қўйсак, ушбу кўринишга эришамиз:

$$\int_{y_{ох}}^{y_б} \frac{d_y}{y - y^*} = \frac{K_y \cdot F}{M}(y_б - y_{ох})$$

бундан:

$$M = K_y F \frac{y_б - y_{ох}}{\int_{y_{ох}}^{y_б} \frac{dy}{y - y^*}} \qquad (7.50)$$

(7.50) тенгламани (7.4) билан таққослаб, (7.50) тенгламанинг охирги кўпайтмаси масса алмашиниш жараённинг ўртача ҳаракатга келтирувчи кучини ифода этишини биламиз:

$$\Delta y_{ур} = \frac{y_б - y_{ох}}{\int_{y_{ох}}^{y_б} \frac{dy}{y - y^*}} \qquad (7.50а)$$

Худди шундай Φ_x фазадаги $\Delta x_{ур}$ ни қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$\Delta x_{ур} = \frac{x_{ох} - x_б}{\int_{x_б}^{x_{ох}} \frac{dx}{x^* - x}} \qquad (7.50б)$$

Мувозанат чизиғи тўғри чизик ($y^*=mx$) функцияси бўлган ҳолда ўртача логарифмик ёки арифметик катталик сифатида аниқлаш мумкин.

Шундай қилиб, Φ_y фазаси учун масса ўтказишнинг ўртача ҳаракатга келтирувчи кучи ушбу тенглама билан ифодаланади:

$$\Delta y_{ур} = \frac{(y_б - y_б^*) - (y_{ох} - y_{ох}^*)}{\ln \frac{y_б - y_б^*}{y_{ох} - y_{ох}^*}} = \frac{\Delta y_{кат} - \Delta y_{кич}}{2{,}3 \lg \frac{\Delta y_{кат}}{\Delta y_{кич}}} \qquad (7.51)$$

Φ_x фазаси учун масса ўтказишнинг ўртача логарифмик ҳаракатга келтирувчи кучини эса қуйидаги тенглама орқали топиш мумкин:

$$\Delta x_{ур} = \frac{(x_{ох}^* - x_{ох}) - (x_б^* - x_б)}{\ln \frac{x_{ох}^* - x_{ох}}{x_б^* - x_б}} = \frac{\Delta x_{кат} - \Delta x_{кич}}{2{,}3 \lg \frac{\Delta x_{кат}}{\Delta x_{кич}}} \qquad (7.52)$$

Агар $\Delta y_{кат} / \Delta y_{кич} < 2$ бўлган шароитда, техник ҳисоблашлар учун етарли аниқликда, масса ўтказишнинг ўртача ҳаракатга келтирувчи кучи, ўртача арифметик киймат сифатида топилади:

$$\Delta y_{ур} = \frac{\Delta y_{кат} + \Delta y_{кич}}{2} \qquad (7.53)$$

Худди шундай, Φ_x фазаси учун:

$$\Delta x_{ур} = \frac{\Delta x_{кат} + \Delta x_{кич}}{2} \qquad (7.54)$$

Ўтказиш бирлигининг сони. (7.50а) ва (7.50б) тенгламалари маҳражидаги интеграл ***ўтказиш бирлигининг сони*** деб номланади ва у $n_{оу}$, $n_{ох}$ билан белгиланади:

$$n_{оу} = \int_{y_{ох}}^{y_б} \frac{dy}{y - y^*} \qquad (7.55)$$

$$n_{ox} = \int_{x_б}^{x_ox} \frac{dx}{x^* - x}$$

(7.55) тенгламадан кўриниб турибдики, ўтказиш бирлигининг сони ва ўртача ҳаракатга келтирувчи куч ўртасида маълум боғлиқлик бор:

$$n_{oy} = \frac{y_б - y_{ox}}{\Delta y_{yp}} \tag{7.56}$$

$$n_{ox} = \frac{x_{ox} - x_б}{\Delta x_{yp}}$$

Шундай қилиб, ўтказиш бирлиги сони жараённинг ўртача ҳаракатга келтирувчи кучига тескари пропорционалдир.

Ўтказиш бирлигининг баландлиги. Фараз қилайлик, Φ_y фазадан Φ_x га масса ўтказиш жараёни содир бўлиб, ўртача ҳаракатга келтирувчи куч Φ_y фаза концентрациясида ифодаланганда, таркалган модда M миқдори ушбу тенгламадан аникланади:

$$M = G \cdot (y_б - y_{ox})$$

бу ерда G – Φ_y фаза сарфи

Ундан ташкари, таркалган модда миқдори ҳажмий масса ўтказиш коэффициенти оркали ифодаланган масса бериш тенгламаси ёрдамида топилиши мумкин:

$$M = K_y \cdot aSH\Delta y_{yp}$$

Агар охирги икки тенгламаларнинг ўнг томонларини тенглаштирсак, ушбу ифодани оламиз:

$$K_y \cdot aSH\Delta y_{yp} = G \cdot (y_б - y_{ox})$$

бундан, курилманинг ишчи баландлиги:

$$H = \frac{G}{K_y \cdot aS} \cdot \frac{y_б - y_{ox}}{\Delta y_{yp}} \tag{7.57}$$

(7.57) тенглама ўнг томонидаги биринчи кўпайтмасини n_{oy} деб белгилаб, (7.49) ва (7.55) тенгламаларни ҳисобга олган ҳолда қуйидагига эришамиз:

$$h_{oy} = \frac{H}{n_{oy}} = \frac{HG}{K_y F}$$

Агар фазалар тўкнашиш юзаси $F = aSH$ эканлигини инобатга олсак:

$$h_{oy} = \frac{HG}{K_y aSH} = \frac{G}{K_y \cdot aS} \tag{7.58}$$

ёки

$$h_{ox} = \frac{L}{K_x \cdot aS}$$

$K_y \cdot a = K_v$ ва $G/S = W$ – суюклик массавий тезлиги, бўлгани учун:

$$h_{oy} = \frac{W}{K_v}$$

ёки

$$h_{ox} = \frac{L}{K_v} \tag{7.59}$$

Шундай қилиб, ўтказиш бирлигининг баландлиги битта ўтказиш бирлигига эквивалент бўлган курилма баландлигини ифодалайди. Ўтказиш бирлигининг баландлиги масса ўтка-

зишнинг ҳажмий коэффициентига тескари пропорционалдир. Демак, қурилмада масса ўтказиш интенсивлиги канчалик юқори бўлса, ўтказиш бирлигининг баландлиги шунчалик кичик бўлади.

Ўтказиш бирлиги баландлиги узунлик ўлчов бирлиги (м) ёрдамида ўлчанади.

Ажратиб олиш коэффициенти. Масса алмашиниш жараёни нуқтаи назаридан қаралганда, қурилманинг самарадорлиги таркалувчи компонентни газ (ёки суюқлик) фазадан ажратиб олиш даражаси ёрдамида характерланади.

Қурилмада бир фазадан иккинчисига ўтган компонент ҳакикий массасининг максимал ўтиши мумкин бўлган компонент массасига нисбати масса алмашиниш қурилмаларининг асосий характеристикаси бўлиб, ***ажратиб олиш*** ёки ***бойитиш коэффициенти*** деб номланади.

$$\varphi = \frac{y_0 - y_{ox}}{y_0 - y_{ox}^*} \qquad (7.60)$$

7.7. Масса алмашиниш қурилмаларининг асосий ўлчамларини ҳисоблаш

Масса алмашиниш қурилмаларини технологик ҳисоблаш уларнинг асосий ўлчамлари: қурилма унумдорлигини характерловчи – диаметр ва унда рўй бераётган жараён интенсивлигини ифодаловчи – ишчи баландликлар аникланиши зарур.

Қурилма диаметри. Ушбу параметрни ҳисоблаш учун суюқлик сарфи тенгламасидан фойдаланилади:

$$V = w_0 \cdot F$$

бу ерда, V – фазанинг ҳажмий сарфи, м³/с; w_0 – фазанинг сохта тезлиги, м/с; F – қурилма кўндаланг кесимининг юзаси, м².

Думалоқ кўндаланг кесим юзаси $F = \pi D^2 / 4$. Демак:

$$V = w_0 \cdot \frac{\pi D^2}{4}$$

Бундан қурилманинг диаметри:

$$D = \sqrt{\frac{4V}{\pi w_0}} \qquad (7.61)$$

Одатда, V катталик берилган бўлади ва қурилма диаметрини аниқлаш учун тегишли фазанинг сохта тезлигини танлаш зарур. Фаза тезлигини танлаш қуйидаги талаблар асосида амалга оширилади: суюқлик оқимининг тезлиги ортиши билан масса ўтказиш коэффициенти кўпаяди; суюқлик тезлиги ортиши билан қурилманинг гидравлик каршилиги ҳам ошади; гидравлик каршилик ортиши билан жараённи ўтказиш учун зарур энергия сарфи кўпаяди. Шунинг учун газ ёки суюкликнинг оптимал тезлигини топиш техник-иқтисодий жиҳатдан максадга мувофикдир. Лекин амалиётда сохта тезликни ҳисоблаб чиқиш ва унинг максимал кийматини топиш билан чегараланади.

Қурилма баландлиги. Масса алмашиниш қурилмасининг баландлиги жараёнда иштирок этувчи фазалар тўкнашуви узлуксиз ёки поғонали бўлишига караб аникланиши мумкин.

Узлуксиз тўкнашишли қурилманинг баландлиги. Фазалари узлуксиз тўкнашувда бўлган қурилмаларда унинг баландлиги ҳажмий масса ўтказиш коэффициенти оркали ифодаланган масса ўтказиш формуласи асосида ҳисоблаш мумкин:

$$M = K_y a \cdot V \cdot \Delta y_{yp} \qquad (7.62)$$

ёки

$$M = K_x \cdot a \cdot V \cdot \Delta x_{yp} \qquad (7.63)$$

Қурилманинг ишчи ҳажми:

$$V = FH$$

бу ерда, F – қурилма кўндаланг кесими юзаси, м; H – қурилманинг ишчи баландлиги, м.

Агар V нинг кийматини (7.63) га қўйиб, тенгламани H га нисбатан ечсак, қурилманинг баландлигини топамиз:

$$H = \frac{M}{K_y \cdot a \cdot F \cdot \Delta y_{ур}} \qquad (7.64)$$

ёки

$$H = \frac{M}{K_x \cdot a \cdot F \cdot \Delta x_{ур}}$$

(7.64) тенгламадан H ни аниқлашда солиштирма юза a ва масса ўтказишнинг сиртий коэффициенти (K_y ёки K_x) ни ёки ушбу катталикларнинг кўпайтмаси бўлмиш ҳажмий масса ўтказиш коэффициенти K_V ни билиш керак.

Қурилманинг ишчи баландлигини аниқлашда ўтказиш бирлиги сони ёрдамида ҳам топиш мумкин, яъни:

$$H = h_{ок} \cdot n_{ок}$$

ёки

$$H = h_{ок} \cdot n_{ок} \qquad (7.65)$$

Поғонали тўқнашишли қурилманинг баландлиги. Бундай турдаги қурилмаларнинг, шу жумладан, тарелкали колонналарнинг баландлиги ҳажмий масса ўтказиш коэффициенти оркали ифодаланади.

Лекин K_V ни аниқлаш учун, керакли ҳаракатчан фаза ҳажмини топиш жуда қийин. Шундай учун, H ни ҳисоблашда қурилма поғоналарининг сони аналитик ёки график усулда топилиши мумкин.

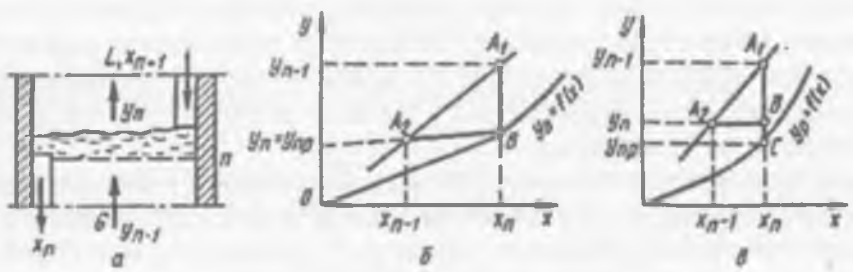
Қурилманинг ишчи баландлиги поғоналарнинг ҳақиқий сони оркали аниқланиши мумкин:

$$H = n_x \cdot h$$

бу ерда, h – поғоналар орасидаги масофа

Поғоналар сонини аниқлашнинг аналитик усули. n - поғонали, карама-қарши йўналишли, колоннали қурилмада масса алмашиниш жараёнини кўриб чиқамиз (7.11-расм).

Колонна тарелкасига y_{n-1} концентрацияли G газ фаза ва x_{n+1} концентрацияли L суюқ фаза узатилмокда. Масса алмашиниш натижасида газ фазанинг концентрацияси y_n миқдоргача пасайса, суюқ фазаники x_n миқдоргача кўпаяди. Тарелкадан чиқиб кетаётган газ y_n ва ундан окиб тушаётган суюқлик x_n таркибларининг мувозанат ҳолати концентрациялари мувозанат



7.11-расм. Тарелкада масса алмашиннш ва жараённи у-х координатларида тасвирлаш:

а- тарелкада масса алмашиниш; б – тарелка мувозанат бўлган шароитда – идеал жараён; в – тарелкада мувозанат бўлмаган шароитда - ҳақиқий жараён

чизиғида B нукта билан ифодаланади (7.11-расм).

Назарий поғонада газ фазаси концентрациясининг ўзгаришига A_1B вертикал чизик тўғри келади. Суюк фазада концентрациянинг x_n дан x_{n+1} гача ўзгариши BA_2 горизонтал чизик билан ифодаланади.

Шундай килиб, A_1BA_2 «поғона» назарий тарелкада иккала фазалар концентрацияларининг ўзгаришини тасвирлайди. Колоннали курилмаларда назарий тарелкалар сонини аниклаш

учун бошлангич ва охирги концентрациялар оралиғида кетма-кет шундай «поғоналар» курилади.

Ҳакикий тарелкалар сонини топиш учун курилманинг ф.и.к. дан фойдаланилади. Ушбу коэффициент ҳакикий тарелкадаги масса алмашиниш жараёнининг реал кинетикасини ҳисобга олади ва тарелкалар тузилишига караб η=0,5...0,8 ораликда бўлади.

Ф.и.к. ҳисобга олинган ҳолларда, тарелкаларнинг ҳакикий сони ушбу нисбатдан топилади:

$$n_x = \frac{n_n}{\eta} \tag{7.66}$$

бу ерда, n_n – назарий тарелкалар сони, η – ф.и.к.

Тарелкалар ф.и.к. унинг тузилишига, газ ва суюкликларнинг физик – кимёвий хоссаларига ҳамда окимлар гидродинамикасига боғликдир.

Шуни назарда тутиш керакки, назарий тарелкалар сони ёрдамида курилма баландлигини аниклаш тахминий усул бўлиб ҳисобланади. Бундан, факат масса ўтказиш коэффициенти ёки ф.и.к. нинг ишончли кийматлари бўлмаган ҳолатларда фойдаланиш мумкин.

Кўпинча, масса алмашиниш жараёнларида мувозанат ҳолатига эришиб бўлмайди. Шунинг учун, ҳакикий тўкнашиш поғоналарини аниклаш бу жараёнларда асосий масаладир.

Поғонанинг самарадорлиги фазанинг поғонадаги концентрациялар ўзгаришини шу фазанинг поғонага киришдаги ҳаракатга келтирувчи кучи нисбати билан белгиланади.

n – поғона тарелкасидаги концентрациянинг ўзгариши $y_{n-1}-y_n$ фарк билан (7.11в-расм, A_1B кесма), суюкликни идеал аралаштириш пайтидаги ҳаракатга келтирувчи куч эса, $y_{n-1}-y_{тр}$ (7.11в-расм, A_1C кесма) фарк билан ифодаланади.

Унда, поғоналарнинг самарадорлиги ёки ф.и.к. куйидагича ҳисобланади:

$$E_y = \frac{y_{n-1} - y_n}{y_{n-1} - y_{тр}} \tag{7.67}$$

Курилма баландлиги эса ушбу нисбатдан топилади:

$$H = \frac{n_x \cdot h_x}{\eta} \tag{7.68}$$

$y>y_p$ бўлганда, n – тарелка учун ҳаракатга келтирувчи куч куйидагича аникланади:

$$\Delta y_{тр} = \frac{(y_{n-1} - y_{тр}) - (y_n - y_{тр})}{\ln \frac{y_{n-1} - y_{тр}}{y_n - y_{тр}}} = \frac{y_{n-1} - y_n}{\ln \frac{y_{n-1} - y_{тр}}{y_n - y_{тр}}} \tag{7.69}$$

Ўтказиш бирлигининг сони эса,

$$m_y = \ln \frac{y_{n-1} - y_{тр}}{y_n - y_{тр}} \tag{7.70}$$

бундан

$$e^{m_y} = \frac{y_{n-1} - y_{тр}}{y_n - y_{тр}} \tag{7.71}$$

7.11-расмдан кўриниб турибдики, $e^{m_y} = AC/BC$ ёки $BC = ACe^{-m_y}$. Агар, e^{-m_y} маълум бўлса, BC кесма бўйича B, B_1, B_2 нукталар ўрнини топиш мумкин. B, B_1, B_2,... нукталарни бирлаштириб, ҳар бир тарелкадан чикишдаги фазанинг концентрациясини ифодаловчи жараённинг кинетик чизиғини оламиз.

Масса ўтказиш коэффициенти β_y ва β_x ларни ҳисобга олган ҳолда аникланади:

$$K_y = \frac{1}{\frac{1}{\beta_y} + \frac{m}{\beta_x}}$$

Шундай килиб, K_y ва e^{-m_y} кийматларни ҳамда CB кесмани ҳисоблаб, кинетик чизик ўрнини топиш мумкин.

Поғоналар самарадорлиги ва ўтказиш бирлигининг сони орасида эса қуйидаги боғликлик бор:

$$e^{-m_y} = 1 - \frac{y_{n-1} - y_n}{y_n - y_{np}} = 1 - E_y \qquad (7.72)$$

бундан

$$E_y = 1 - e^{-m_y} \qquad (7.73)$$

7-боб. Масса алмашиниш асослари бўйича Мустақил тайёрланиш ва қайтариш учун саволлар

1. Масса алмашиниш жараёни деб нимага айтилади?
2. Масса алмашиниш жараёнларнинг турлари.
3. Масса ўтказиш жараёнининг таърифини беринг.
4. Фазалар қоидаси нимани ифодалайди?
5. Масса ўтказишнинг асосий тенгламасини ёзинг ва унга кирувчи параметр ларни таърифланг, ўлчов бирликларини аникланг.
6. Масса ўтказиш коэффициентининг физик маъноси ва ўлчов бирлиги.
7. Фикнинг 1-конунининг физик маъносини ва формуласини ёзинг.
8. Диффузия коэффициентининг ўлчов бирлиги ва нимани билдиради ?
9. Турбулент диффузиянинг физик маъноси ва формуласини ёзинг.
10. Турбулент диффузия коэффициенти ўлчов бирлиги ва физик маъноси?
11. Фикнинг 2-конунининг физик маъноси ва формуласини ёзинг.
12. Масса бериш ва уни ифодаловчи формуласини ёзинг.
13. Масса бериш коэффициенти ва унинг ўлчов бирлиги.
14. Конвектив диффузия критериал тенгламаларини ёзинг ва изоҳланг.
15. Масса алмашиниш жараёни механизмини тушунтиринг.
16. Масса бериш ва ўтказиш орасидаги боғликлик формулаларини ёзинг.
17. Масса алмашиниш жараёни юпка катламли моделининг моҳияти?
18. Масса алмашиниш жараёни диффузион чегаравий катламли моделининг маъносини изоҳланг.
19. Масса алмашиниш жараёнларини ҳаракатга келтирувчи куч кандай аникланади?
20. Диффузион Нуссельт критерийсининг физик маъноси ва формуласини ёзинг.
21. Диффузион Прандтл критерийсининг физик маъноси ва формуласини ёзинг.
22. Диффузион Фурье критерийсининг физик маъноси ва формуласини ёзинг.
23. Диффузион Пекле критерийсининг физик маъноси ва формуласини ёзинг.?
24. Масса алмашиниш курилмаларининг кайси асосий ўлчамлари ҳисобланади?

АБСОРБЦИЯ

7.8. Умумий тушунчалар

Газ ёки буғли аралашмалардаги газ ёки буғ компонентларининг суюкликда ютилиш жараёни ***абсорбция*** деб номланади. Ютилаётган газ ёки буғ ***абсорбтив***, ютувчи суюклик эса – ***абсорбент*** деб аталади. Ушбу жараён селектив ва қайтар жараён бўлиб, газ ёки буғ аралашмаларини ажратиш учун хизмат килади.

Абсорбтив ва абсорбентларнинг ўзаро таъсирига караб, абсорбция жараёни 2 га бўлинади: физик абсорбция; кимёвий абсорбция (ёки хемосорбция).

Физик абсорбция жараёнида газнинг суюклик билан ютилиши пайтида кимёвий реакция юз бермайди, яъни кимёвий бирикма ҳосил бўлмайди. Агар суюклик билан ютилаётган газ кимёвий реакцияга киришса, бундай жараён ***хемосорбция*** дейилади.

Маълумки, физик абсорбция кўпинча қайтар жараён бўлгани сабабли, яъни суюкликка ютилган газни ажратиб олиш имкони бўлади. Бундай жараён ***десорбция*** деб номланади. Абсорбция ва десорбция жараёнларини узлуксиз равишда ташкил этиш, ютилган газни соф ҳолда ажратиб олиш ва абсорбентни кўп марта ишлатиш имконини беради.

Абсорбция жараёни саноат корхоналарида углеводородли газларни ажратиш, сульфат, азот, хлорид кислоталар ва аммиакли сувларни олишда, газ аралашмаларидан кимматбаҳо компонентларни ажратиш ва бошка ҳолларда кенг микёсда ишлатилади.

Абсорбция жараёни иштирок этадиган технологияларни қурилмалар билан жиҳозлаш мураккаб эмас. Шунинг учун, кимё, озик - овкат ва бошка саноатларда абсорберлар кўп кўлланилади.

7.9. Абсорбция жараёнининг физик асослари

Газ фаза суюклик билан ўзаро таъсири натижасида иккита фаза ($Ф=2$) ва учта компонент, яъни таркалувчи модда ва иккита модда ташувчи ($К=3$) лардан иборат система ҳосил бўлади.

Фазалар коидасига биноан, бундай система 3 та эркинлик даражасига эга:

$$C = K + 2 - Ф = 3 + 2 - 2 = 3$$

Системадаги фазавий мувозанатни белгиловчи асосий учта параметрлар қуйидагилардир: босим, температура ва концентрация. Демак, «газ -суюклик» системада иккала фазанинг босими p, температураси t ва концентрацияси x ўзгариши мумкин. Абсорбция жараёни ўзгармас босим ва температурада бораётган бўлса, бир фазада таркалаётган модданинг ҳар бир концентрациясига, иккинчи фазадаги аниқ концентрация тўғри келади.

Ўзгармас температура ($t=const$) ва умумий босимли шароитда мувозанат концентрациялари орасидаги боғлиқлик Генри конуни билан ифодаланади. Бу қонунга биноан, бирор температурада эритма устидаги газнинг парциал босими, унинг моль улушига тўғри пропорционалдир:

$$p = E \cdot x$$

ёки

$$x = \frac{p}{E} \qquad (7.74)$$

бу ерда, p – мувозанат холатидаги эритмада x концентрацияли ютилаётган газнинг парциал босими; E – Генри константаси.

Генри константаси абсорбтив ва абсорбентларнинг хоссаларига ҳамда температурага боғлиқ бўлади:

$$\ln E = -\frac{q}{RT} + C \qquad (7.75)$$

бу ерда, q – газнинг эриш иссиқлиги, кЖ/кмоль, R = 8,325 кЖ/(кмоль·К) – универсал газ доимийси, T – абсолют температура, К; C – ютаётган суюқлик ва газларнинг табиатига боғлиқ бўлган ўзгармас катталик.

(7.75) тенгламадан кўриниб турибдики, температура ортиши билан газнинг суюкликда эриши камаяди.

Дальтон қонунига биноан, газ аралашмасидаги компонентнинг парциал босими, ушбу компонент моль улушининг умумий босимга кўпайтирилганига тенгдир, яъни:

$$p = P \cdot y \qquad \text{ва} \qquad y = \frac{p}{P} \tag{7.76}$$

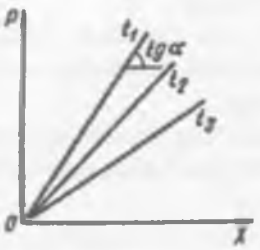
бу ерда, P – газ аралашмасининг умумий босими, y – таркалаётган модданинг аралашмадаги концентрацияси, моль улуши.

(7.74) ва (7.76) тенгламаларни таккослаб, қуйидаги ифодага келамиз:

$$y = \frac{p}{P} = \frac{E}{P} \cdot x$$

ёки фазавий мувозанат константаси E/P ни m орқали белгилаб, қуйидаги ифодани оламиз:

$$y = m \cdot x \tag{7.77}$$



7.12-расм. Турли температура ларда ($t_1>t_2>t_3$) газнинг суюкликда эриши.

(7.77) тенглама, газ аралашмаси ва суюкликда таркалаётган моддаларнинг мувозанат концентрациялари орасидаги боғлиқлик тўғри чизик билан ифодаланишини кўрсатади. Ушбу чизик координаталар бошидан ўтади ва унинг қиялик бурчаги тангенси m га тенг. Қиялик бурчак тангенси температура ва босимга боғлик. 7.12-расмдан кўриниб турибдики, босим ошиши ва температура камайиши билан газнинг суюкликда эрувчанлиги ортади (m эса камаяди). Суюқлик билан газлар аралашмаси мувозанат ҳолатида бўлганида, аралашма газ компонентининг ҳар бири Генри конунига бўйсунади.

Абсорбция жараёни нисбий моль концентрацияларда ҳам ҳисобланиши мумкин. Бунда, газ фазасининг суюкликдаги кичик концентрациялари x да Генри конуни ушбу кўринишда ёзилади:

$$Y = m \cdot X$$

Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, ўта суюлтирилган эритмалар ҳамда кичик босимларда ўз хоссалари бўйича идеал суюкликларга ўхшаш эритмалар ҳам Генри конунига бўйсунади.

Юкори концентрацияли эритмалар ва катта босимларда газ билан суюкликнинг ўзаро мувозанат ҳолати Генри конунига бўйсунмайди, чунки фазаларнинг мувозанат концентрациялари орасидаги боғлиқлик эгри чизик билан ифодаланади.

7.10. Адсорбциянинг моддий баланси ва кинетик конуниятлари

Курилма баландлиги бўйлаб фазалар сарфини ўзгармас деб кабул киламиз. Инерт газ сарфини – G (кмоль/с), газ аралашмасида абсорбтивнинг бошланғич ва охирги концентрациялари $y_б$ ва $y_ох$ (кмоль/кмоль инерт газ), абсорбент сарфини – L (кмоль/с) ва унинг концентрацияларини $x_б$ ва $x_ох$ (кмоль/кмоль абсорбент) деб белгилаб оламиз.

Унда, абсорбция жараёнининг моддий баланси қуйидаги кўринишдаги умумий тенглама билан ифодаланади:

$$G(y_б - y_ох) = L(x_ох - x_б)$$

Охирги тенгламани бошлангич ва охирги концентрациялар оралиғида интеграллагандан сўнг, ундан абсорбент сарфини (кмоль/с) аниклаш мумкин:

$$L = G\frac{y_б - y_{бш}}{x_{ох} - x_б} \qquad (7.78)$$

1 кмоль инерт газ учун зарур солиштирма сарф:

$$l = \frac{L}{G} = \frac{y_б - y_{ох}}{x_{ох} - x_б} \qquad (7.79)$$

Абсорберда концентрациянинг ўзгариши (7.8) ва (7.9) тенгламалар билан ифодаланади. Жараён ишчи чизиғи *y-x* координаталарида тўғри чизик кўринишида бўлади. Унинг киялик бурчаги тангенси $l = L/G$.

Абсорбент солиштирма сарфининг абсорбер ўлчамига ва суюк фазада таркалаётган модданинг охирги концентрациясига таъсирини кўриб чикамиз.

Абсорберда фазалар йўналиши параллел деб кабул киламиз.

y-x координаталарнинг *B* нуктасида аникланаётган суюк фазада таркалаётган модданинг бошланғич концентрацияси $x_б$, газ фазасидаги бошланғич концентрация $y_б$, охиргиси эса - $y_{ох}$ (7.13-расм).

Фазалар мувозанат ҳолати $y_м = f(x)$ тенгламага биноан турли киялик бурчаги остида бир нечта ишчи чизиклар ўтказамиз. Расмдаги A_1, A_2, A_3 нукталар газ фаза ва абсорбентдаги бошланғич ва охирги концентрацияларни характерлайди. Жараённи ҳаракатга келтирувчи кучи ишчи ва мувозанат чизиклар ўртасидаги фарк билан аникланади, яъни $\Delta y = y - y_м$. Бутун курилма учун ўртача ҳаракатга келтирувчи куч ўртача логарифмик киймат сифатида топилади. Агар ишчи чизик *BA* вертикал чизик билан устма-уст тушса, ҳаракатга келтирувчи куч энг катта кийматга эга бўлади. Агар (7.79) тенгламага $x_{ох} = x_б$ куйилса, абсорбентнинг сарфи чексиз бўлади.

Бошка ҳолатда эса, яъни ишчи чизик BA_3 мувозанат чизиғи билан туташса, абсорбентнинг сарфи минимал ва туташиш нуктасида ҳаракатга келтирувчи куч нолга тенг бўлади, чунки $y_б = y_м$.

Биринчи ҳолатда абсорбернинг ўлчамлари минимал бўлади, чунки абсорбентнинг чексиз сарфида $\Delta y_{ўр}$ максимал кийматга эгадир. Иккинчи ҳолатда эса, абсорбентнинг сарфи минимал бўлганда абсорбентнинг ўлчамлари чексиз бўлади.

Масса алмашиниш, шу жумладан, абсорбция жараёнида ҳам мувозанатга эришиб бўлмайди, чунки ҳар доим ($x_{ох} < x_м$). Демак, абсорбентнинг сарфи ҳар доим минимал кийматдан катта бўлиши керак. Абсорбентнинг минимал сарфини қуйидаги тенгламадан топиш мумкин:

$$l_{min} = \left(\frac{L}{G}\right)_{min} = \frac{y_б - y_{ох}}{x_{ер} - x_б} \qquad (7.80)$$

Абсорбентнинг оптимал сарфи техник-иқтисодий ҳисоблашлар асосида аникланади.

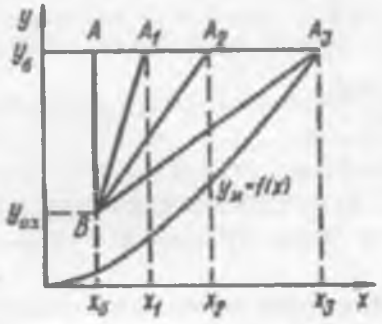
1 кмоль газни ютиш учун зарур сарфлар газ ва эксплуатация нархи S_1, амортизация ва таъмирлаш учун сарфлар, энергия нархи S_2, газни узатиш ва десорбция S_3 га кетадиган ҳаражатлар йиғиндисига тенг:

$$S = S_1 + S_2 + S_3$$

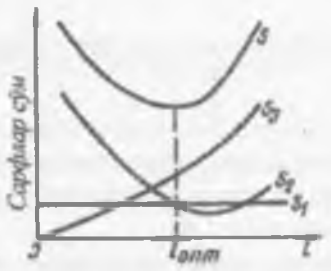
Маълумки, S_1 катталик абсорбентнинг солиштирма сарфига боғлик эмас. Агар, l ортса, абсорбернинг ишчи баландлиги ва унинг гидравлик каршилиги камаяди. Лекин бунда курилманинг диаметри катталашади.

Шундай килиб, $S_2 = f(l)$ функция минимумга эга бўлиши мумкин.

Абсорбентнинг солиштирма сарфи l ошиши билан газни узатиш ва десорбциясига кетадиган сарфлар S_3 кўпаяди. 7.14-расмда юкорида келтирилган боғликликлар характеристикалари тасвирланган. Ҳамма эгри чизиклар ординаталарини қўшсак, 1 кмоль газни абсорбция килиш учун зарур сарфлар йиғиндиси эгри чизиғини оламиз. Ушбу эгри чизикнинг минимуми, абсорбент оптимал солиштирма сарфига тўғри келади.



7.13-расм. Абсорбентнинг солиштирма сарфини аниқлашга оид.



7-14-расм. Абсорбентнинг оптимал солиштирма сарфини аниқлашга оид

Абсорция жараёнининг асосий тенгламаси абсорция жараёни икки фазали системаларнинг масса ўтказиш тенгламаси билан ифодаланиши мумкин:

$$M = K_y F \Delta y_{ур} \cdot \tau$$

ёки

$$M = K_x F \Delta x_{ур} \cdot \tau$$

Кўпинча, абсорбция жараёнининг масса ўтказиш тенгламасида, ҳаракатга келтирувчи куч $y-y_м$ босимлар фарки билан ифодаланади:

$$M = K_м (p - p_м) \cdot F\tau$$

ёки

$$M = K_м \cdot \Delta p_{ур} \cdot F\tau \qquad (7.81)$$

бу ерда, p – газ аралашмасида таркалаётган газнинг ишчи парциал босими, $p_м$ - абсорбент устидаги газнинг мувозанат босими; $K_м$ – масса ўтказиш коэффициенти, M – газ фазасидан суюқ фазага ўтган масса миқдори; $\Delta p_{ур}$ – жараённи ҳаракатга келтирувчи кучи.

Агар мувозанат чизиғи тўғри бўлса, жараённинг ўртача ҳаракатга келтирувчи кучи ушбу формуладан топилади:

$$\Delta p_{ур} = \frac{\Delta p_{кат} - \Delta p_{кич}}{2{,}3 \lg \frac{\Delta p_{кат}}{\Delta p_{кич}}}$$

бу ерда, $\Delta p_{кат} = p_б - p^*_{кир}$ ва $\Delta p_{кич} = p_{кир} - p^*_б$ абсорбернинг охирги қисмларидаги ҳаракатга келтирувчи кучлар. $p_б$ ва $p_{кир}$ – абсорберга кираётган ва чиқаётган газнинг парциал босими, $p^*_{кир}$, $p^*_б$ – абсорберга кираётган ва чиқаётган газнинг мувозанат парциал босими.

Абсорбция жараёнида масса алмашиниш механизми қуйидагича: ҳар бир фаза асосий масса ва чегаравий юпқа қатламдан иборат бўлади. Асосий массага ютилувчи компонент конвектив диффузия йўли билан ўтади.

Иккала чегаравий юпқа қатламда эса, ютилувчи компонентнинг ўтиши молекуляр диффузия усулида боради. Шунинг учун, абсорбция жараёнида масса ўтказишга бўлган каршилик чегаравий юпқа қатламлар йиғиндисидан иборат бўлади. Суюқ, юпқа қатламдаги масса ўтказишга бўлган қаршилик $1/\beta_y$, газдаги эса m/β_x бўлса, масса ўтказиш коэффициенти ушбу тенгламадан ҳисобланади.

$$K_y = \frac{1}{\frac{1}{\beta_y} + \frac{m}{\beta_x}} \qquad (7.82)$$

$$K_x = \frac{1}{\frac{1}{\beta_x} + \frac{1}{\beta_y m}} \qquad (7.83)$$

бу ерда, β_y – газ оқимидан фазаларни ажратувчи юзасига масса бериш коэффициенти; β_x – фазаларни ажратувчи юздан суюқлик оқимига масса бериш коэффициенти; m – пропорционаллик коэффициенти, абсорбтив ва абсорбент хоссаларига ҳамда температурага боғлиқ.

Коэффициент m нинг катталиги масса ўтказиш тенгламасининг тузилишига ҳам таъсир этади. Яхши эрийдиган газлар учун m нинг киймати жуда кичик бўлади. Шунинг учун, суюклик фазасидаги диффузион каршилик ҳам кичикдир. $1/\beta_y >> m/\beta_x$ бўлгани учун, (7.82) тенглама қуйидагича ёзилади:

$$K_y \cong \beta_y$$

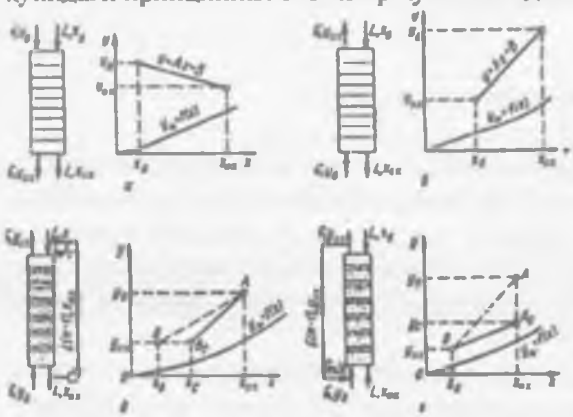
Қийин эрийдиган газлар учун пропорционаллик коэффициент m нинг киймати жуда каттадир. Шунинг учун газ фазасидаги диффузион каршиликни инобатга олмаса ҳам бўлади. $1/\beta_x >> 1/\beta_y m$ бўлгани учун, (5.83) тенглама қуйидагича ёзилади:

$$K_x \cong \beta_x$$

яъни ҳамма диффузион каршилик суюк фазада мужассамланган бўлади.

7.11. Абсорбция жараёнини олиб бориш усуллари

Халк хўжалигининг турли тармокларида абсорбция жараёнини ташкил этишда қуйидаги принципиал схемалар қўлланилади:



7.15-расм. Абсорбция схемалари ва жараённи у-х координатларда тасвирлаш:
а - параллел; б - карама - карши;
в - абсорбент рециркуляцияси билан;
г - абсорбтив рециркуляцияси билан.

– параллел йўналишли;
– карама - карши йўналишли;
– бир поғонали, кисман рециркуляцияли;
– кўп поғонали, кисман рециркуляцияли.

Параллел йўналишли схема 7.15а-расмда кўрсатилган. Бунда газ оқим ва абсорбент параллел (бир хил) йўналишда ҳаракатланади. Абсорберга киришда, абсорбтив концентрацияси катта бўлган газ фаза, абсорбтив концентрацияси паст бўлган суюк фаза билан тўкнашувда бўлса, қурилмадан чикишда эса абсорбтив концентрацияси кичик бўлган газ фаза, абсорбтив концентрацияси юкори бўлган суюклик билан ўзаро таъсирда бўлади.

Қарама - карши йўналишли схема 7.15б-расмда кўрсатилган.

Ушбу схемали абсорберларнинг бир учида абсорбтив концентрацияси юкори газ ва суюклик тўкнашувда бўлса, иккинчи учида эса концентрациялари паст фазалар ўзаро таъсирда бўлади.

Қарама-карши йўналишли схемаларда параллел йўналишлига караганда, абсорбентдаги абсорбтив энг юкори кийматига эришса бўлади. Лекин жараённинг ўртача ҳаракатга келтирувчи кучи параллел йўналишлига нисбатан кам бўлгани учун, карама-карши йўналишли абсорбернинг габарит ўлчамлари катта бўлади.

Абсорбент ёки газ фазанинг рециркуляцияли схемалари (7.15в,г - расм). Бундай схемаларда абсорбент кўп марта ўтади.

7.15в - расмда абсорбент бўйича рециркуляцияли схема келтирилган. Бунда, газ фаза абсорбернинг тепа кисмидан кириб, паст кисмидан чикиб кетса, суюк фаза эса қурилмадан бир неча марта кайтариб ўтказилади. Абсорбент қурилманинг тепа кисмига узатилади ва газ фазасига карама - карши йўналишда ҳаракатланади. Янги, $x_б$ концентрацияли абсорбент абсорбердан чикаётган суюк фаза билан аралашиши натижасида унинг концентрацияси x_c га кўтарилади. Жараённинг ишчи чизиги у-х диаграммада AB тўғри чизиғи билан ифодалана-

ди. Абсорбтивнинг аралаштиришдан кейинги концентрацияси x_c ни моддий баланс тенгламасидан топиш мумкин:

Агар абсорберга киришдаги абсорбент миқдорини янги абсорбент миқдорига нисбатини n деб белгиласак, моддий баланс тенгламаси ушбу кўринишда ёзилади:

$$G\cdot(y_б - y_{ак}) = L\cdot(x_{ак} - x_б) = Ln\cdot(x_{ак} + x_c)$$

бундан

$$x_c = \frac{x_{ак}(n-1) + x_б}{n} \qquad (7.84)$$

Газ фазаси рециркуляцияли абсорбция схемаси 7.15г-расмда келтирилган. Ишчи чизиқ ҳолати A_c (y_c, $x_{ак}$) ва B ($y_{ак}$, $x_б$) нукталари билан белгиланади. y_c концентрация моддий баланс тенгламасидан аниқланади:

$$y_c = \frac{y_{ак}(n-1) + y_б}{n} \qquad (7.85)$$

Абсорбент ҳаракат тезлиги ортиши билан масса бериш коэффициенти кўпаяди, бу эса ўз навбатида масса ўтказиш коэффициентини ўсишига олиб келади.

Қийин эрувчан газларни абсорбция қилиш пайтида абсорбентни рециркуляция қилиш усулини қўллаш максадга мувофиқдир. Агар абсорбтив рециркуляция қилса, газ фазасида масса бериш коэффициенти кўпаяди. Бу усул яхши эрийдиган газларни абсорбция қилишда юқори самара беради.

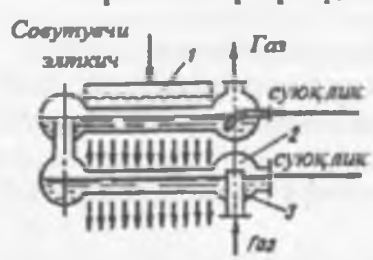
7.12. Абсорберлар конструкциялари

Кимё, нефть-газни қайта ишлаш ва бошқа саноатларда абсорбцион қурилмаларининг эволюцияси технологияларнинг умумий ривожланиши, яъни чиқиндисиз ёки кам чиқиндили катта қувватли системалар яратилиши билан бевосита боғлиқдир. Қурилмалар қувватини ошириш ва саноат корхоналарини шаҳарга якин жойлашган майдонларга йиғиш янги, самарали ва чиқинди газларни чуқур ва тўлиқ тозаловчи абсорбцион қурилмалар яратишни тақозо этади.

Агар 25...35 йил аввал битта технологик линиядан чиқаётган газлар миқдори, чунончи оддий ёки қўшалоқ суперфосфат ишлаб чиқариш корхонасиники 30...40 минг м^3/соатни ташкил этса, ҳозирги кундаги азотли, фосфорли ва калийли ўғитлар ишлаб чиқариш технологияларидан чиқаётган чиқинди газлар ҳажми 150-200 минг м^3/соатдан ортиқдир.

Абсорбция жараёни фазаларни ажратувчи юзада содир бўлади. Шунинг учун ҳам, суюқлик ва газ фазалар тўқнашувда бўладиган абсорберлар юзаси иложи борича катта бўлиши керак. Масса алмашиниш юзаларини ташкил этиш ва лойиҳалаш бўйича абсорберлар 4 гуруҳга бўлинади: сиртий ва юпка катламли абсорберлар; насадкали абсорберлар; барботажли абсорберлар; пурковчи абсорберлар.

Сиртий абсорберларда ҳаракатланаётган суюқлик устига газ узатилади. Бундай қурилмаларда суюқлик тезлиги жуда кичик ва тўқнашув юзаси кам бўлган учун бир нечта қурилма кетма - кет қилиб ўрнатилади.

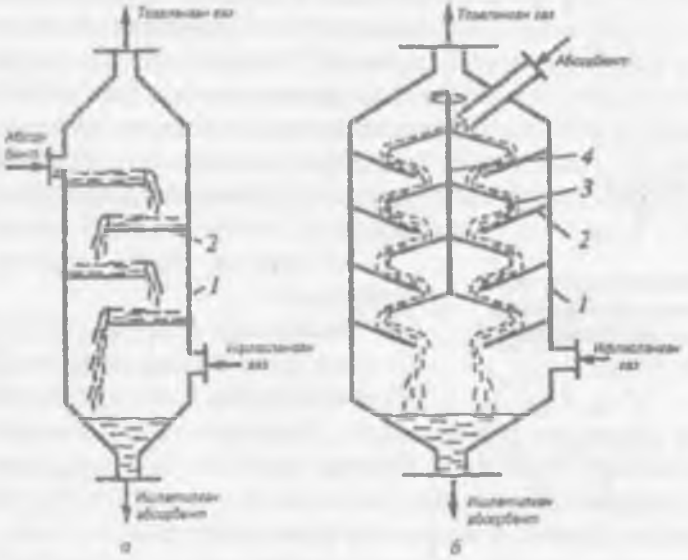


7.16-расм. Сиртий абсорбер.
1 - таксимлагич;
2- труба; 3- остона.

Суюқлик ва газ карама - карши йўналишда ҳаракатлантирилади. 7.16 - расмда горизонтал трубалардан таркиб топган ювилиб турувчи абсорбер тасвирланган. Трубалар ичида - суюқлик оқиб ўтса, унга тескари йўналишда газ ҳаракат қилади. Трубалар ичидаги суюқлик сатҳи остона 3 ёрдамида бир хил баландликда ушлаб турилади.

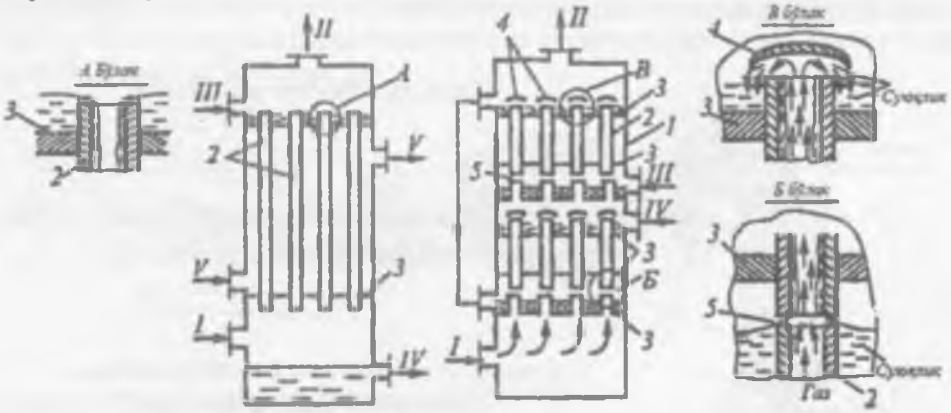
Абсорбция жараёнида ҳосил бўлаётган иссиқликни ажратиб олиш учун трубалар таксимлаш мосламаси 2 дан оқиб тушаётган сув билан ювилиб туради. Совутувчи сувни бир меъёрда таксимлаш учун тишли таксимлагич 1 қўлланилади. Бу турдаги абсорберлар яхши эрийдиган газларни ютиш учун ишлатилади.

Юпка катламли абсорберлар ихчам ва юкори самаралидир (7.16а-расм). Бу абсорберларда фазаларнинг тўкнашиш юзаси окиб тушаётган суюклик юпка катлами ёрдамида хосил бўлади. Агар газ окими суюклик юпка катламини ёриб, яхлитлигини бузса, кўпикли катлам хосил бўлади ва натижада масса алмашиниш юзаси ортади. Юпка катламли курилмалар гурухига трубали, лист-насадкали, кўтариладиган катламли абсорберлар киради.



7.16а-расм. Юпка катламли абсорбер:
а-токчали каскадли: 1-кобик, 2-горизонтал токча,
б-конус системали абсорбер: 1-кобик, 2-ташки конус, 3-ички конус, 4-ўк.

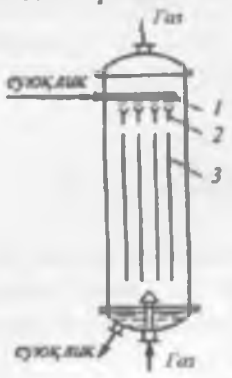
Трубали абсорберларда суюклик вертикал трубаларнинг ташки юзасидан пастга караб окиб тушса, газ фаза эса карама - карши йўналишда юкорига караб харакатланади (7.17-расм). Колган турдаги абсорберларда хам фазаларнинг харакат йўналиши трубали абсорберларникига ўхшашдир.



7.17-расм. Трубали абсорбер.
а-бир боскичли, карма-карши йўналишли; б-икки боскичли, карама-карши йўналишли. 1-кобик, 2-трубалар, 3-труба тешикли панжараси, 4-томчи кайтаргич, 5-абсорбентни труба йўналтириш тирқишлари.
I-ифлосланган газ, II-тозаланган газ, III-янги абсорбент, IV-ишлатиб бўлинган абсорбент, V-совутувчи элткич. А –пастга караб харакатланганда суюкликни киритиш, Б – юпка катлам юкорига караб окканда фазаларнинг трубага киришдаги харакати, В - трубадан чикишда фазаларнинг харакати.

Трубали абсорберлар тузилишига караб кобик - трубали иссиклик алмашиниш курилмасига ўхшайди. Курилмада хосил бўлган иссикликни ажратиб олиш учун трубалар ичига сув ёки бошка совуклик элткич юборилади.

Газнинг сарфи юкори, яъни трубадаги тезликлар 10-15 м/с бўлганда, карама-карши йўналишда жараённи давом эттириш кийинлашади. Бундай ҳолларда абсорбент ва газ аралашмасининг тепага йўналган ҳаракати ташкил этилади (7.17б-расм). Юкори тезликда ҳаракатланаётган ўзи билан суюклик юпка катламини тортиб бошлайди (7.17б-расмдаги Б бўлак). Трубадан чикаётган газ-суюклик аралашмаси томчи кайтаргич 4 га урила бошлайди (7.17б-расмдаги В бўлак). Газ суюкликдан ажралиб тепага караб чикиб кетади, суюклик эса трубали панжара 3 да йиғилади ва пастда жойлашган кейинги боскичга (курилмага) ўтказилади. Ажратиш даражасини ошириш учун кўп боскичли трубали абсорберларни қуллаш максадга мувофик.



7.18-расм. Юпка катламли текис параллел насадкали абсорбер:
1-труба, 2-таксимлаш мосламаси, 3-текис параллел насадка

7.18-расмда текис, параллел насадкали абсорбер тасвирланган.

Насадкалар вертикал листлар кўринишида бўлиб, абсорбер ҳажмини бир нечта секцияга бўлади. Абсорберга суюклик труба оркали узатилади ва таксимлаш мосламаси ёрдамида насадкага таксимланади. Натижада текис листнинг иккала томони ҳам суюклик билан ювилиб туради. Газ ва юпка катламли суюкликларнинг нисбий ҳаракат тезлигига караб, суюклик юпка катлами пастга окиб тушиши ёки газ окимига илашиб, тепага ҳам ҳаракатланиши мумкин. Агар фазалар окимининг тезлиги кўпайса, масса бериш коэффициентининг киймати ва фазалар тўкнашиш юзаси ошади. Бунга сабаб, чегаравий катламнинг турбулизацияси ва унда уюрмалар ҳосил бўлишидир.

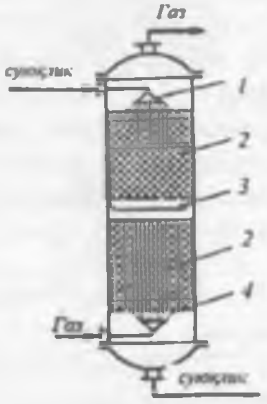
Юпка катламнинг ўртача тезлиги ушбу тенгламадан топилиши мумкин:

$$w_{yp} = \sqrt[3]{\frac{gL_c^2}{3\rho\mu}} \qquad (7.86)$$

бу ерда, L_c – тўкиш мосламаси периметрининг суюклик билан солиштирма пуркалиш зичлиги, кг/(м·с), ρ – суюклик зичлиги, кг/м^3; μ – суюклик динамик ковушоклиги, Па·с.

Юпка катлам якинидаги суюкликнинг тезлиги:

$$w = 1{,}5 \cdot w_{yp} \qquad (7.87)$$



7.18а-расм. Насадкали абсорбер:
1 - таксимлагич; 2 - насадка; 3 - суюкликни кайта таксимлаш мосламаси; 4 - тешикли панжара.

Юпка катламнинг калинлиги:

$$\delta = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot L_c \cdot \mu}{g\rho^2}} \qquad (7.88)$$

Юпка катламнинг ҳаракат тезлиги Рейнольдс критерийсидан аникланади:

$$\mathrm{Re} = \frac{w_{yp} \cdot d_э \cdot \rho}{\mu} \qquad (7.88а)$$

бу ерда, $d_э$ – юпка катламнинг эквивалент диаметри, м.

Юпка катламнинг эквивалент диаметри:

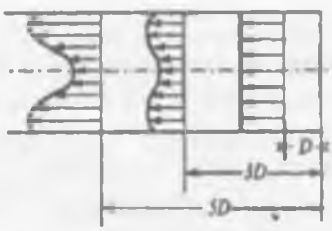
$$d_э = \frac{4П \cdot \delta}{П} = 4\delta \qquad (7.89)$$

бу ерда, $П$ – суюклик окиб чикаётган тўкиш мосламасининг периметри, м.

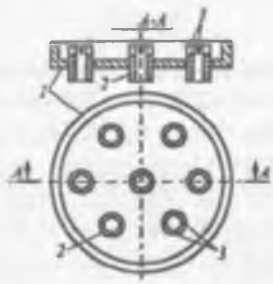
Насадкали абсорберлар. Турли шаклли каттик насадкалар билан тўлдирилган вертикал цилиндрсимон колонналарнинг тузилиши содда, ихчам ва юкори самарадор бўлгани учун саноатда кўп ишлатилади. Одатда, насадкалар катлами тешикли панжараларга жойлаштирилади. Газ фаза тешикли панжара остига юборилади ва ундан ўтиб, катлам оркали юкорига караб ҳаракатланади (7.18а-расм).

Суюклик фаза абсорбернинг юкори кисмидан таксимлаш мосламаси 1 ёрдамида пуркалади ва насадка катламида газ фазаси билан ўзаро таъсир этади. Курилма самарали ишлаши учун суюк фаза бир текисда пуркалиши ва таксимланиши зарур. Бу турдаги абсорберларда насадкалар хам суюкликни бир меъёрда таксимлашга салмокли ҳисса қўшади.

Насадкали абсорберларда таксимлагич 1 ёрдамида суюклик бир меъёрда курилма кўндаланг кесими буйича пуркалади. Лекин бу турдаги колонналарнинг энг асосий камчилиги шундаки, курилма кўндаланг кесими бўйлаб юпка катламли суюклик бир текис окиб тушмайди. Бунга сабаб девор олди эффектидир. Пастга окиб тушиши билан ушбу камчилик янада ортиб боради (7.18б-расм). Суюклик сарфи кичик бўлгани учун колонна ўкида абсорбернинг самарадорлиги ёмонлашади. Курилма кўндаланг кесими бўйлаб суюклик окими нотекислигини бартараф килиш учун насадка секциялари орасига кайта таксимлаш мосламаси ўрнатилади (7.18в-расм). Ушбу мослама суюкликни ўртага йиғиб, насадкага бир текисда таксимлаб, суюклик билан яхши ювилишини таъминлайди.



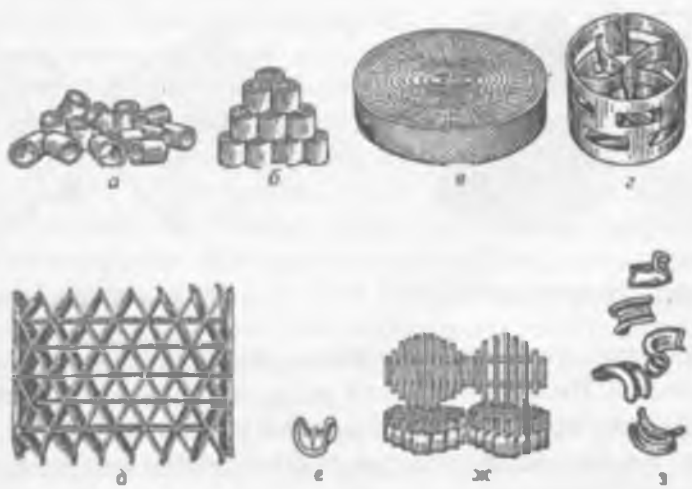
7.18б-расм. Колоннали курилмада баланд катламли насадка оркали окиб тушаётган суюклик текислигининг эпюралари.



7.18в-расм. Қайта таксимлаш тарелкаси.
1-тарелка, 2-патрубок, 3-патрубка тиркишлари

Насадкалар ушбу талабларга жавоб бериш керак: катта солиштирма юзага эга бўлиши; газ окимига кўрсатадиган гидравлик каршилиги кичик бўлиши; ишчи суюклик билан яхши ҳўлланилиши; абсорбер кўндаланг кесим юзаси бўйлаб суюкликни бир текисда таксимлаши; иккала фаза таъсири остида емирилмайдиган бўлиши; енгил ва арзон бўлиши керак.

Саноатда қўлланиладиган насадкаларнинг баъзи бир турлари ва уларни курилмада жойлаш усуллари 7.19-расмда келтирилган.



7.19-расм. Насадка турлари.
а - Рашиг халкаси (тартибсиз жойлашган), б - тўсикли халка (тартибли жойлашган), в - Гудлое насадкаси, г - Пал халкаси, д - «Спрейпак» насадкаси, е - Бёрл эгари, ж - ватарли насадка, з - «Инталлокс» эгари



Рашиг халкалари

Бу насадкаларнинг ичида энг кенг таркалган насадка Рашиг халкаларидир. Ундан ташкари, керамик жисм, кокс, майдаланган кварц, полимер халка, металл тўр ва панжара, шар, пропеллер ва паррак, эгарсимон элемент ва бошка жисмлар ишлатилади.

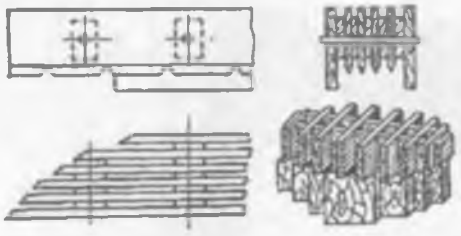
Рашиг халқалари 15х15х2,5; 25х25х3; 50х50х5 мм ўлчамли килиб ясалади. Шар ва цилиндрга караганда 30% кўпрок юзага эга. Насадкаларнинг геометрик характеристикаси бўлиб эквивалент диаметр ҳисобланади:

$$d_э = \frac{4V_{бк}}{a} \qquad (7.90)$$

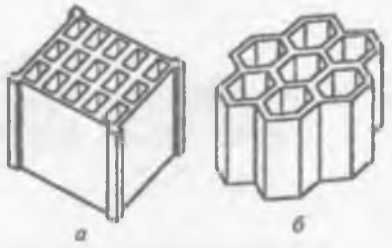
бу ерда, $V_{бк}$ – бўш хажм, м³/м³, a – солиштирма юза, м²/м³.

Рашиг халқаларининг ўлчамлари катталашиши билан солиштирма юзаси 300; 204; 87,5 м²/м³ ва бўш ҳажми 0,7; 0,74; 0,785 м³/м³ миқдорларга тенг бўлади. Уларни углеродли ва легирланган пўлат ҳамда рангли металл трубалардан тайёрлаш мумкин. Труба деворининг калинлиги 0,4-1,5 мм. Ҳозирги кунда фарфор, шамот, керамика, шиша, полиэтилен, полипропилен ва бошкалардан Рашига ҳалкалари тайёрланмокда. Рашиг ҳалкаларининг гидравлик қаршилиги кичик ва газларнинг юкори тезликларда ҳаракатини таъминлайди

Ватарли насадка. Ушбу насадка ковургасига қўйилган калинлиги 10-13 мм ли ва баландлиги 100-150 мм ли ёғоч тахта 1 лардан иборат бўлиб, ўзаро темир чивиқ 2 лар ёрдамида маҳкамланган ва панжара кўринишига эга (7.19ж-расм). Тахталар орасидаги масофа 10-15 мм. Панжаралар бир-бирининг устига 90° буриб тахланади. Бундай конструкция насадканинг ҳамма элементларида суюкликнинг бир текисда юпка катламли ҳаракати таъминланади. Шундай килиб, ватарли насадка ўрнатилган абсорберларни юпка катламли бошкариладиган абсорберлар каторига қўшса бўлади. Ватарли насадкалар графит, пластмасса, металл ва кўпинча махсус эритма шимдирилган ёғочдан тайёрланади. Пастки панжарага ортиқча юклама тушмаслиги учун панжаралар 15-20 дона килиб тахланади. Пастки катор насадкаларга катта оғирлик тушмаслиги учун ҳар бир секция алоҳида ўзининг таянч мосламасига ўрнатилади.



7.19ж-расм. Ватарли насадка.



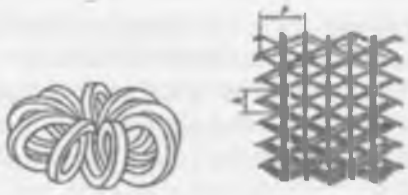
7.19и-расм. Блокли насадка.

Ватарли насадка жуда қулай бўлгани сабабли, иссиқ газларни совитиш ёки тозалаш учун жуда кўп ишлатилади. Насадканинг асосий афзаллиги бу конструкциясининг соддалигидир. Камчиликлари: солиштирма юзаси ва бўш ҳажми кам.

Блокли насадка. Блокли насадка пластмасса ёки керамика тайёрланади ва уларни катор-катор килиб куйилади (7.19и-расм).

Суюкликни тақсимлаш учун махсус мослама йўклиги, суюкликнинг бир текисда тақсимланишини таъминламайди ва самарадорлигини пасайтиради. Ушбу турдаги насадкалар газ окимининг тезлиги жуда юкори бўлганда ва газ аралашмасини тозалашга талаблар юкори бўлмаган ҳолларда ишлатилади.

Абсорберлар самарадорлигини ошириш учун қўлланиладиган насадкалар солиштирма юзаси ($м^2/м^3$) катта бўлиши керак. Солиштирма юза миқдорини анча оширса бўлади, агар насадкаларнинг кичик ўлчамлиги қўлланилса. Лекин бунда гидравлик каршилик газ оқими бўйича кўпайиб кетади ва газни узатиш учун энергия сарфи ортиб кетади. Шунинг учун, кичик гидравлик каршилик ва юқори самарадорликка эга насадкалар яратиш шу кунда ҳам долзарб муаммо бўлиб колмокда. Ушбу насадкалар каторига симдан ясалган спираллар (масалан, сим диаметри 3 мм, спирал диаметри 30 мм ва спираллар орасидаги масофа 5 мм ли), Теллер розеткаси (7.19к-расм) ва металл тўр пардалар киради.



7.19к-расм. Теллер розеткаси.
а - Теллер розеткаси; б - «Спрейпак» панжарали насадкаси



7.19л-расм. Фасонли насадкалар.

Пал ҳалқаси. Ушбу турдаги насадка металл, керамика, полипропилен ёки бошка пластмассалардан ясалиши мумкин (7.19г-расм). Уларнинг гидравлик каршилиги нисбатан кичик, газ фазаси бўйича юқори ўтказувчанлик хоссасига эга ва перфорация қилинган конструкциясини яхши ҳўлланиши ҳисобига ва газларни юқори даражада ажратиш қобилияти бор. Газ фазасининг тезлиги юқори бўлгани учун масса алмашиниш жараёни самарали кечади. Пал ҳалкалари ҳозирги кунда этилен ажратиш колонналари, H_2S ва CO_2 ларни ажратиш абсорберлари, «суюқлик-суюқлик» системалари экстракторлари, CO нинг конвекторлари, диметилтерефталатни ҳайдаш колонналари, техник аммиак олиш колонналари ва нефть-кимёси ва медицина саноатидаги қурилмаларида кенг кўламда қўлланилмокда.

«Спрейпак» насадкаси. Бу насадка листни ҳажмий киркиш бир ёки бир неча симли ячейкалар ўлчами 3...4 мм ли йигилган тўр парда катламидан иборат. Тўр парда гофрирланади ва ўзаро бирлаштирилганда ромб шаклидаги ячейкалар ҳосил бўлади. Ромб учларининг орасидаги максимал масофа 250 мм. Колонналарда ушбу насадкалар секция кўринишида монтаж қилинади. Бу турдаги насадкалар ўрнатилган колонналарда буғ фазаси юқори тезликларда ҳаракатланади ва босим йўкотилиши кам.

Буғ фазаси ушбу насадканинг ромб шаклидаги тешиклар оркали ҳаракатланганда, улар буг оқимини турбулизация қилади ва окибатда масса алмашинишни жадаллаштиради.

Бу тарелканинг афзалликлари: қуйилиш трубасиз ишлаши мумкин; буғ фазасининг тезлиги жуда юқори; катта ҳажмий сарфларда юқори самарали ишлайди.

«Инталлокс» эгари. Ушбу насадка юзаси тор шаклининг бир қисми кўринишида (5.19з-расм). Эгарсимон насадка гидравлик каршилиги кичик ва ажратиш самарадорлиги Рашиг ҳалқасига караганда кўпрок. «Инталлокс» эгари ва Рашиг ҳалкаларининг ўлчамлари бир хил бўлганда, эгарсимоннинг юзаси 25% га ва ғоваклилиги бирмунча ортиқ бўлади. Ундан ташкари, эгарсимон насадкалар суюклик билан ҳўлланиши Рашиг ҳалкаларинникига нисбатан яхши ва ўта тартибсиз жойлашишни таъминлайди. Бундай ҳолат суюклик фазаси учун кенг каналлар ҳосил бўлмаслигига олиб келади.

Бёрл эгари. Бу насадка шакли эгарсимон кўринишга эга (7.19е-расм). Бёрл эгари ва Рашиг ҳалкаларининг ўлчамлари бир хил бўлганда, эгарнинг юзаси 25% га ва ғоваклилиги бирмунча ортиқ бўлади. Ундан ташкари, эгарсимон насадка гидравлик каршилиги кам ва самарадорлиги Рашиг ҳалкаларинникига нисбатан юкори. Ҳўлланиш даражаси яхши ва ўта тартибсиз жойлаштириш мумкин. Насадкани бундай жойлаштириш суюклик фазаси учун кенг каналлар ҳосил бўлмаслигини таъминлайди. Бу турдаги насадкалар самарадорлиги (Рашиг ҳалкасига нисбатан) 30% га кўпрок ва узок муддат давомида бенуксон ишлайди.

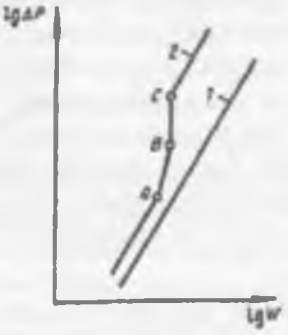
Гудлое насадкаси. Бу насадка гофрирланган лентани ўраб ҳосил килинади (7.19в-расм). Гидравлик каршилиги нисбатан юкори ва бўш ҳажми кам. Афзаллиги: насадканинг солиштирма юзаси бошка насадкаларга караганда анча юкори. Камчилиги: гидравлик каршилик катта ва тайёрлаш технологияси мураккаб.

Фасонли насадкалар. Ушбу насадкалар хилма-хил бўлиб, солиштирма юзасининг микдори билан фаркланади (7.19л-расм). Одатда, бу насадкалар колоннали курилмаларга тартибсиз равишда юкланади.

Фасонли насадкалар керамика, пластмасса, шиша, углеродли ва легирланган ҳамда рангли металлардан тайёрланади.

Колоннали курилмаларда ишлатиладиган насадкалар катта солиштирма юза ва катта эркин бўшликка эга бўлиши керак. Ундан ташкари, насадка катламининг газ окимига каршилиги иложи борича кичик бўлиши, суюкликни яхши таксимлаши ва тегишли муҳитларга коррозион бардошлиги юкори бўлиши керак. Курилма девори ва насадка катламини кўтариб турган мосламаларга тушаётган юкламасини камайтириш максадида унинг ҳажмий оғирлиги имкон доирасида кичик бўлиши даркор.

Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, курилманинг бирлик ҳажмида насадка юзаси катта бўлгани учун, нисбатан кичик ҳажмда жуда катта масса ўтказиш юзаларини барпо килиш мумкин. Исталган турдаги насадкани кўллашдан максад иссиклик ва масса алмашиниш жараёнларни интенсивлашдир.



7.20-расм. Насадка гидравлик каршилигининг колоннадаги газ тезлигига богликлиги.
1 - курук насадка;
2 - намланган насадка

Насадкали абсорберларда таксимловчи мослама оркали пуркалаётган суюклик, газнинг кичик тезликларида, насадка устида юпка катлам кўринишида окади. Насадканинг ҳўлланган юзаси фазаларга тўкнашиш юза вазифасини бажаради. Шунинг учун, насадкали абсорберларни юпка катламли курилмалар деб караш мумкин. Суюк фаза курилмалар девори атрофида йиғилиб колмаслиги учун насадка бир неча секцияга юкланади. Суюкликни бир текисда таксимлаш учун секциялар орасида кайта таксимлаш мосламалари ўрнатилади. Насадкали колонналарда газ ва суюклик карама - карши ҳаракат килади.

Гидродинамик режимлар. Абсорбция жараёнининг самарадорлиги гидродинамик режимларга боғлик. Бу режимлар узатилаётган суюклик микдори (намлаш зичлиги) ва газ окимининг тезлиги билан белгиланади. Курилмада рўй берадиган режимлар насадка гидравлик каршилигини газ окимининг сохта тезлигига боғликлик функцияси сифатида тасвирланади (7.20-расм).

1 - режим ***юпка катламли режим*** – газ окимининг тезлиги кичик ва узатилаётган суюклик микдори кам бўлганда рўй беради. Суюклик насадка бўйлаб юпка катлам кўринишида окиб тушади. Юпка катламли режим биринчи ўтиш нуктаси (А нукта, 7.20-расм) да тамом бўлади ва у ***осилиб туриш нуктаси*** деб номланади. Бу режимда фазалараро тўкнашиш юзаси кичик ва жараён самарадорлиги камрок бўлади.

2 - режим ***осилиб туриш режими***. Бунда фазалар карама - карши йўналиши ҳаракати туфайли газ ва суюклик орасидаги ишкаланиш кучлари ортади. Бу ҳол суюкликни насадкадан окиб тушиш тезлигини секинлаштиради, юпка катлам калинлиги ва ундаги суюклик микдори ортади. Шу билан бирга фазалар орасидаги тўкнашиш юзаси кўпаяди, жараённинг самарадорлиги бирмунча каттарок бўлади. Бу режим иккинчи ўтиш нуктаси (В) да тамом бўлади.

Шуни таъкидлаш керакки, осилиб туриш режимида катламнинг секин окиши бузилади; уюрма ва томчилар ҳосил бўлади, яъни барботаж ҳолатига ўтиш шароитлар туғилади. Юкорида кайд этилган масса алмашиниш жараёнини интенсивлаштиради.

3 - режим ***эмульгацион режим*** – насадканинг бўш ҳажмида суюклик йиғилиши натижасида пайдо бўлади. Суюклик йиғилиши кўтарилаётган газ ва окиб тушаётган суюклик

орасидаги ишқаланиш кучи билан оғирлик кучи тенг бўлгунга қадар давом этади. Натижада «газ - суюқлик» дисперс системаси ва ташқи кўриниши бўйича барботажли (кўпикли) қатлам ёки газ суюқликли эмульсия ҳосил бўлади. Маълумки, курилма кўндаланг кесимида юкланган насадка қатламининг зичлиги бир хил эмас. Шунинг учун, қатламнинг энг тор жойларида эмульгацион режим пайдо бўлиб бошлайди. Газ узатишни ўта аниқ ростлаш йўли билан насадка қатламининг бутун баландлигида эмульгацион режим ўрнатиш мумкин. Колоннанинг гидравлик қаршилиги кескин равишда ортади (ВС кесма).

Шунинг учун, юқори босимда ишлайдиган абсорберларда гидравлик қаршиликнинг таъсири суст ёки бўлмагани учун абсорбция жараёни эмульгацион режимда олиб борилади.

Эмульгацион режим самарали режим деб ҳисобланади. Бу режимда фазалар тўқнашиш юзаси катта бўлгани учун жараён жуда интенсив кечади.

Атмосфера босимида ишлатиладиган абсорберларда гидравлик қаршилик жуда юқори бўлгани учун, уларни юпқа қатламли режимда ишлатиш максадга мувофиқдир.

Шундай қилиб, ҳар бир аниқ шароит учун, энг оптимал гидродинамик режим техник - иқтисодий ҳисоблашлар асосида топилади.

Агар газ оқими тезлигини эмульгацион режим тезлигидан ошгина оширсак, тўқилиб қолиш ҳодисасига дуч келамиз.

Тўқилиб қолиш ҳолатига тўғри келадиган газ тезлиги проф. А.Г.Касаткин томонидан келтириб чиқарилган формула ёрдамида ҳисобланади:

$$\lg\left(\frac{w_T^2 \cdot a}{gV^3_{бо}} + \frac{\rho_г}{\rho}\mu^{0,16}\right) = 0,076 - 1,75\left(\frac{L}{G}\right)^{0,25} \cdot \left(\frac{\rho_г}{\rho}\right)^{0,125} \qquad (7.91)$$

бу ерда, a – насадканинг солиштирма юзаси, м²/м³; $V_{бо}$ – насадканинг бўш ҳажми, м³/м³; L ва G – суюқлик ва газнинг массавий сарфлари; кг/с; w_T – тўқилиб қолиш тезлиги, м/с.

Колоннадаги газ ёки буғнинг оптимал тезлигини ушбу критериал тенгламадан аниқлаш мумкин:

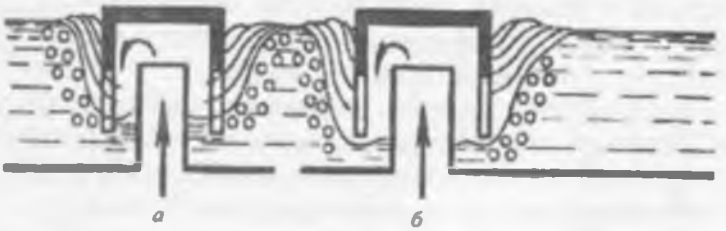
$$\mathrm{Re} = 0,045 \cdot Ar^{0,57} \cdot \left(\frac{G}{L}\right)^{0,43} \qquad (7.92)$$

бу ерда

$$\mathrm{Re} = \frac{w d_э \rho_г}{\mu_г}, \qquad Ar = \frac{g d_э^3}{\upsilon_г^2} \cdot \frac{\rho - \rho_г}{\rho_г}$$

w – газ (ёки буғ) оптимал тезлиги; $d_э$ – насадканинг эквивалент диаметри, ρ ва $\rho_г$ – суюқлик ва газнинг зичлиги, $\mu_г$, $\upsilon_г$ – газ (ёки буғ) динамик ва кинематик қовушқоқлик коэффициенти; G ва L – газ (ёки буғ) ва суюқлик массавий тезликлари.

4 – режим ***учиб чиқиш режимида*** суюқ фаза колоннадан газ оқими билан ташқарига чиқа бошлайди. Ушбу режим саноатда ишлатиладиган курилмаларда қўлланилмайди.



а *б*

7.21-расм. Барботаж жараёни схемалари:
а - кичик тезликда калпокчали насадкадан газнинг чиқиши,
б - катта тезликда калпокчали насадкадан газнинг чиқиши.

Насадкаларни танлашда уларнинг ўлчамларига катта аҳамият бериш керак. Агар насадка элементлари қанчалик кичик бўлса, гидравлик каршилик шунчалик кам ва газнинг тезлиги юқори бўлади. Бундай насадкали абсорберлар нархи нисбатан арзон бўлади.

Агар абсорбер юқори босим остида ишлайдиган бўлса, кичик ўлчамли насадкалар қўлланилади. Чунки, бу турдаги курилмаларда гидравлик каршиликнинг аҳамияти йўқ.

Ундан ташкари, насадкаларнинг ўлчами кичик бўлганда, унинг солиштирма юзаси нисбатан катта бўлади ва абсорбция жараёнида бир фазадан иккинчисига ўтган масса миқдори кўп бўлади.

Абсорберларда газлар ютилиши пайтида ажралиб чикадиган иссикликни нейтраллаш кийин. Бундай курилмалардаги иссикликни камайтириш ва насадкалар хўлланишини ошириш максадида суюкликни насос ёрдамида рециркуляция килиш зарур. Бу усулда ишлайдиган абсорберлар тузилиши мураккаблашади ва нархи ортади. Ундан ташкари, ифлосланган суюкликларни ажратиш учун кайновчи абсорберларда пластмассадан ясалган шарлар ишлатилиб, газ тезлиги ошиши билан мавхум кайнай бошлайди. Одатда, кайновчи абсорберларда газнинг тезлиги жуда катта бўлади, аммо катламнинг гидравлик каршилига жуда оз миқдорга ортади.

Тарелкали абсорберлар самарали ва энг кенг таркалган курилмалардан бўлиб, унинг ичида бутун баландлиги бўйича бир хил масофада бир нечта тарелкалар ўрнатилган. Тешикли тарелкалар оркали хам газ, хам суюклик харакатланади ва ундан ўтиш пайтида бир фазадан иккинчисига масса ўтади. Газ фазанинг суюклик катламидан ўтиши даврида пуфакча ва кўпикларнинг хосил бўлиш жараёни ***барботаж*** деб номланади. Суюклик ва газ (ёки буг) ни бир-бири билан тўкнашиши зарур бўлган холларда барботаж кўлланилади. 7.21-расмда калпокчали насадкадан газ ёки бугнинг ўтиши тасвирланган.

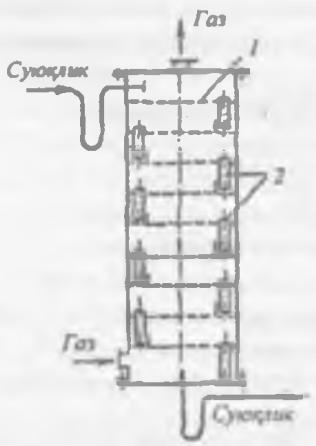
Баробатаж асосан икки режимда кечиши мумкин: пуфакчали ва окимчали. Газ ёки бугнинг сарфи кичик бўлса, пуфакчали режимни кузатиш мумкин. Бунда, газ пуфакчалари суюклик катламини битта-битта бўлиб ёриб чикади. Пуфакчалар ўлчами барботёр тузилишига, суюклик ва газ хоссаларига боғлик.

Агар газ тезлиги ошириб берилса, окимчали режим пайдо бўлади. Барботёрдан чикаётган газ окими шакли ва ўлчами ўзгармайдиган «машъала» хосил бўлади. Одатда, машъала баландлиги 30...40 мм дан ошмайди.

Тарелкали колонналар калпокчали, клапанли, пластинали ва элаксимон тарелкали бўлади. Фазаларнинг бир тарелкадан иккинчисига ўтишига караб куйилиш мосламали ва куйилиш мосламасиз абсорберларга бўлинади.

7.22-расмда куйилиш мосламали, тарелкали абсорбер конструкцияси тасвирланган.

Кўриниб турибдики, куйилиш трубасининг пастки кисми куйида жойлашган тарелка устидаги остонага тушиб туради ва гидравлик тамба вазифасини бажаради. Одатда, суюк фаза курилманинг тепа кисмидан тарелкага узатилади ва унинг пастки кисмидан чикарилади. Газ фаза эса, курилманинг пастидан узатилиб, тарелкалар оркали пуфакчалар кўринишида чикиб кетади. Тарелкада хосил бўладиган газ – суюклик кўпик катламида асосий иссиклик ва масса бериш жараёнлари юз беради. Абсорбция жараёнида тозаланган газ курилманинг тепа кисмидан чикиб кетади. Тарелка, куйилиши трубаси ва остона шундай жойлаштириладики, суюк фаза албатта карама - карши йўналишда харакат килади.



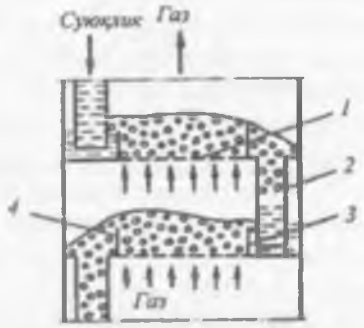
7.22-расм. Куйилиш мосламали, тарелкали абсорбер.

Тарелкали абсорберлар гидродинамик режими маълумки, исталган конструкцияли тарелкаларнинг самарадорлиги унинг гидродинамик режимларига узвий боғликдир.

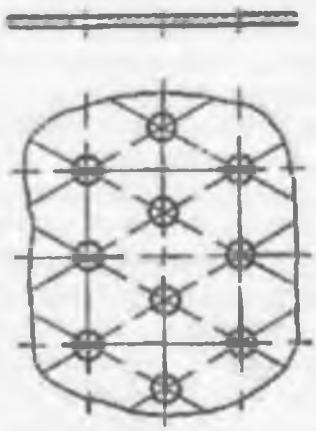
Газнинг тезлигига ва суюкликни пуркаш зичлигига караб барботажли тарелкаларнинг 3 та асосий гидродинамик режими бўлади: пуфакчали, кўпикли ва окимчали (ёки инжекцион).

Пуфакчали режим. Газнинг тезликлари жуда кичик ва суюклик катламидан алохида пуфакчалар холатида ўтиш даврида пуфакчали режимни кузатиш мумкин. Бу режимда тарелкадаги фазалар тўкнашиш юзаси кам бўлади.

Кўпикли режим. Газ фазасининг тезлиги ортиши билан тешиклардан чиқаётган пуфакчалар қўшилиб окимча ҳосил килади. Тарелкадан маълум бир масофада қатлам каршилиги туфайли окимча бузилади ва кўп миқдордаги пуфакчаларга ажраб кетади. Натижада, «газ - суюклик» дисперс система, яъни кўпик пайдо бўлади. Ушбу режимда газ ва суюк фазалар тўкнашиши пуфакчалар ва газ окимчаси ҳамда суюк томчилар сиртига тўғри келади. Кўпикли режимда барботажли тарелкаларда фазаларнинг тўкнашиш юзаси максимал миқдорга эгадир.

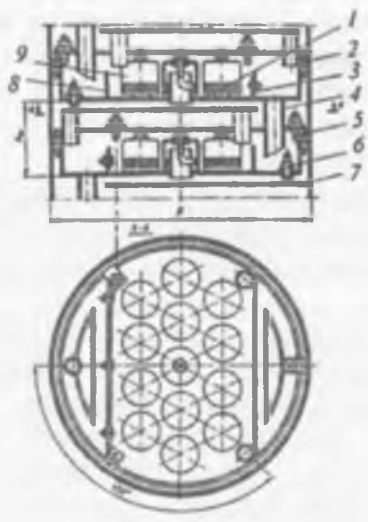


7.23-расм. Элаксимон тарелкали колонна:
1 - тарелка; 2 - куйилиш мосламаси; 3, 4 - остоналар



Элаксимон тарелка элементи.

Окимчали (инжекцион режим). Агар газ тезлиги янада оширилса, газ окимчасининг узунлиги кўпаяди ва у барботаж катламидан чикиб колади. Шу билан бирга, барботаж катлам бузилмайди ва кўп миқдорда йирик томчилар ҳосил бўлади. Бундай режимда фазаларнинг тўкнашиш юзаси кескин равишда камайиб кетади. Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, бир режимдан кейингисига ўтиш аста-секин бўлади. Барботажли , тарелкалар гидравлик режимлари чегарасини ҳисоблашнинг умумий усуллари шу кунгача яратилмаган. Шунинг учун ҳам, тарелкали абсорберларни лойиҳалашда тарелка ишлашининг пастки ва тепа ораликлари ҳисоблаш йўли билан топилади. Сўнг эса, газни ишчи тезлиги топилади.



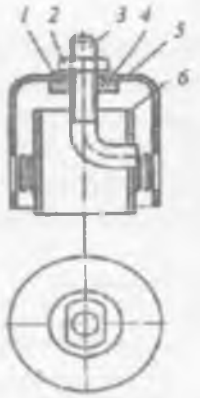
7.24-расм. Қалпокчали тарелка:
1-тарелка; 2-кистирма; 3-ростловчи куйилиш остонаси; 4-куйилиш патрубкаси; 5-болт; 6-ростловчи болт; 7-халка; 8-куйилиш остонаси; 9-калпокча

Элаксимон тарелкали абсорбер. Бу турдаги курилма 7.23-расмда тасвирланган. Бу колонна горизонтал тарелка куйилиши ва остоналардан таркиб топган бўлади.

Одатда, бу турдаги тарелка калинлиги 2...3 мм ли листдан ясалади ва юзаси 1...6 мм ли тешиклардан иборат. Бу турдаги тарелкалар колонна диаметри 400...4000 мм ораликда қўлланилади. Тарелкалар орасидаги масофа 200...450 мм. Тарелкадан тушаётган кўпикни парчалаш учун остона тарелкадаги суюклик сатҳини бир хил баландликда ушлаб туриш учун эса, остона 3 хизмат килади. Суюк фаза тепадаги тарелкага узатилади ва куйилиши мосламаси 2 дан, ўтиб, курилманинг пастки кисмидан чиқиб кетади. Газ фаза ҳар доим курилманинг пастки кисмига киритилади ва тарелкалардан пуфакча шаклида ўтиб, юкори кисмидаги штуцердан чиқади.Элаксимон тарелка афзалликлари: тешиклар юзаси тарелка юзасининг катта кисми (30% ва ундан ортик)ни ташкил этади; тайёрлаш осон; кам металл сарфланади; буғ бўйича унумдорлиги салмокли: калпокчали тарелкаларга нисбатан 30...40% га (буғ бўйича) унумдорлиги юкори;

таъмирлаш ва монтаж осон;

Камчиликлари: ўрнатиш аниклигига жуда сезгир; каттик фазаси бор, ифлосланган суюкликларда ёмон ишлайди, чунки тешиклари беркилиб колади; газ келиши тўхтаганда, суюклик тарелка тешиклари оркали тўкилиб кетади ва кайтадан ишга туширишга тўғри келади.



7.25-расм. Капсулали калпокча:
1-шайба, 2- гайка, 3- болт,
4- втулка, 5- калпокча,
6- патрубка

Калпокча тарелкали абсорбер. Бу турдаги курилма капсула калпокча ва сегмент куйилиш мосламасидан таркиб топган (7.24-расм). Тарелка куплаб дисклардан иборат бўлиб, таянч халкага кистирма ёрдамида болтлар билан махкамланади.

Суюк фаза юкорида жойлашган тарелкадаги остона 3 дан ўтиб, куйида ўрнатилган тарелкага тушади. Тарелка юзасида суюкликни бир меъёрда таксимлаш учун остона 8 хизмат килади. Суюкликни тарелка юзасида бир хил баландликда ушлаб туриш учун ростловчи остона 3 дан фойдаланилади. Газ тарелкаларга патрубка 6 оркали кириб, бир неча окимчалар холида калпокчалар тешигидан чика бошлайди.

Калпокчадаги хаво тешиклари тишли ёки тиркишли килиб, тўғри учбурчак шаклида ясалади. Калпокча диаметри 50…80 мм ли ва тиркиш ўлчами 15…30 мм ли бўлиши мумкин. Суюклик катлами оркали ўтаётган газ ёки буг окими алохида-алохида пуфакчаларга бўлиниб кетади. Тарелкалардан суюклик куйилиш патрубкаси 4 оркали тўкилади. Бу турдаги тарелкаларда газ кўпиклари ва пуфакчаларнинг хосил бўлиш интенсивлиги буг (ёки газ) тезлиги ва тарелкадаги суюклик катлами баландлигига боглик.

Тарелкада катта масса алмашиниш юзасини барпо килиш учун ўрнатиладиган калпокчалар сони кўпайтирилади. Капсулали калпокчанинг бўйлама киркими 7.25-расмда келтирилган. Тарелка ва калпокчанинг пастки кисми орасидаги масофа втулка 4 ва гайка 2 ёрдамида амалга оширилади. Бу турдаги тарелкалар саноатда кенг кўламда кўлланилади. Ушбу тарелкалар чўян, мис, керамика, кўмир-графит, пластмасса ва бошка материаллардан тайёрланиши мумкин. Калпокча тарелкалар ф.и.к. η=0,75...0,80.

Элаксимон тарелкали абсорберларга караганда калпокчали курилмалар газ аралашмалари ифлос бўлганда хам узок муддатда баркарор ишлай олади. Ундан ташкари, газ ёки суюк фазалар бўйича юклама катта микдорда ўзгарса хам, калпокчали тарелка бир текисда яхши ишлайди. Ушбу тарелка камчиликлари: конструкцияси мураккаб, тайёрлаш кийин, металл сарфи кўп, киммат, тозалаш кийин ва гидравлик каршилиги юкори. Ундан ташкари, газ фаза сарфи кам бўлганда, курилма самарадорлиги кескин равишда камайиб кетади.



7.26-расм. Клапанли тарелка:
1 - клапан; 2 - кронштейн-чеклагич;
3 - тарелка

Клапанли ва балластли тарелкалар. Бу турдаги тарелкалар газ фазасининг тезлиги ўзгариб турадиган жараёнларда кўлланиши максадга мувофикдир.

Клапанли тарелкалар элаксимон ва калпокчали тарелкаларнинг яхши хоссаларини ўзида мужассам килган (7.26-расм). Клапанлар 1 думалок пластина шаклида, диаметри эса 40...50 мм бўлади. Кронштейн-чеклагич 2 даги тешик диаметри эса 30...50 мм ва улар орасидаги масофа эса 70...150 мм га тенг. Клапанларнинг кўтарилиш баландлиги 6...8 мм. Клапанлардан ўтадиган газ окимининг тезлигига караб, клапан тепага силжийди. Ф.и.к. η=0,70...0,85.

Газ ёки буг бўйича юклама кенг кўламда ўзгарганда хам, клапанли тарелкалар бир меъёрда, баркарор ишлайди. Лекин уларнинг гидравлик каршилиги нисбатан юкори. Оптимал иш режимларида тарелканинг гидравлик каршилиги нисбатан кичик.

Клапанли тарелкалар унумдорлигини ва турғун ишлаш оралиғини ошириш учун улар балластли килиб тайёрланади. 7.27-расмда балластли тарелка конструкцияси келтирилган.

Балластли тарелкалар клапанли тарелкалардан клапандан анча оғир балласт 3 ўрнатилгани билан фаркланади.

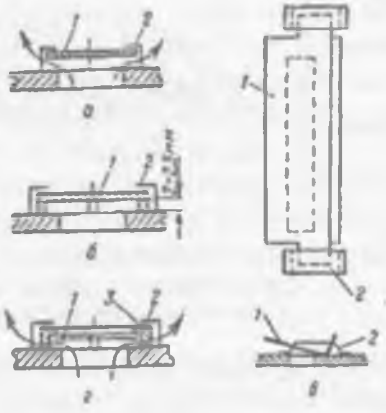
Одатда балласт клапан 1 ва кронштейн чегаралагич 2 орасига тарелкага таянган киска оёкчаларга ўрнатилади. Клапан кичик тезликларда хам кўтарилиб бошлайди. Тезлик ортиши билан клапан кўтарилиб балластга тиралади ва тезлик янада ортса балласт билан бирга тепага кўтарилади. Балласт тарелкаларда хар кандай тезликда хам суюклик пастга окиб тушмайди.

Клапанли ва балластли тарелкалар афзалликлари: газ бўйича унумдорлиги жуда юкори; газ фаза бўйича бутун тезликлар оралиғида гидродинамик турғун ишлайди.

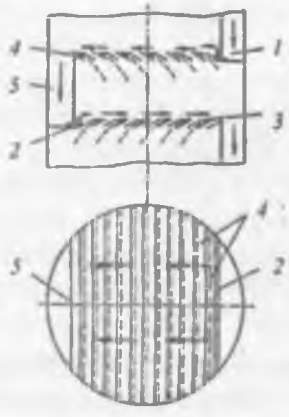
Клапанли ва балластли тарелкалар камчиликлари: балластнинг оғирлиги ортиши билан гидравлик каршилик кўпаяди.

Окимчали (ёки пластинали) тарелкалар. Бу турдаги тарелкалар кия, параллел пластиналар кўринишида тайёрланади (7.28-расм).

Қалпокчали, клапанли ва окимчали тарелкаларда фазаларнинг йўналиши ўзаро кесишган бўлади. Газ ёки буғ тарелкадаги тешиклардан ўтади, суюклик эса, горизонтал ҳаракатланиб, тарелкадан тарелкага куйилиш мосламаси 5 оркали ўтади.



7.27-расм. Балластли тарелка:
1 - клапан, 2 - кронштейн чегаралагич, 3 - балласт



7.28-расм. Окимчали тарелка:
1-гидравлик затвор, 2-тўкилиш тўсиғи, 3-тарелка, 4-пластиналар, 5-куйилиш патрубкаси

Бошка тарелкаларга караганда, ушбу тарелкалар фазаларнинг параллел ҳаракатида ишлайди, яъни ҳар бир секцияда газ ва суюклик фазалари бир хил йўналишда бўлади. Бу эса, суюклик ва газ фазалари бўйича юкламани кескин равишда ошириш мумкинлигидан далолат беради. Лекин колонна микёсида эса, фазалар карама-карши, яъни суюклик тепадан пастга, газ фаза эса пастдан юкорига караб ҳаракатланади. Газнинг тезлиги 20…40 м/с гача бўлиши мумкин. Пластиналарнинг киялик бурчаги кичик бўлгани учун (α=10…15°) у оркали ўтаётган газ тарелка текислигига параллел йўналишга якин ҳаракатланади. Шунда суюклик эжекцияга учрайди ва газ окими ёрдамида майда дисперс томчиларга айланиб, тарелка бўйлаб ва кейинги тиркишга улоктирилади. Бу ерда газ ва суюклик фазаларининг ўзаро таъсири яна кайтарилади. Натижада суюклик юкори тезликда тарелка устидан параллел йўналишда куйилиш трубкаси томон ҳаракат килади.

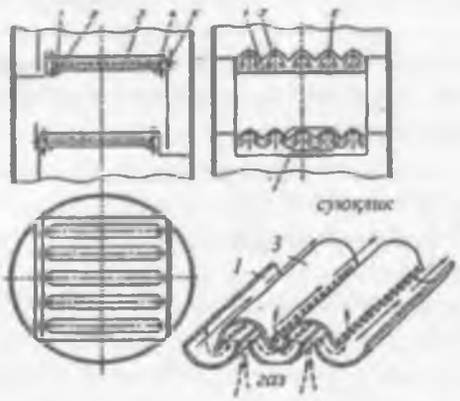
Газ ёки буғни суюклик билан тўкнашувини амалга ошириш учун турли конструкциядаги тарелкалар қўлланилади: клапанли, калпокчали, элаксимон, панжарали, тиркишли, пластинали ва ҳ.к. Юкорида кайд этилган тарелкалардан факат биттаси, калпокчали тарелка барботажли режимда ишлай олади.

Нефтни кайта ишлаш корхоналарида туннелли калпокчали тарелкалар ректификацион колонналарда ишлатилади (7.29-расм). Бу турдаги тарелкаларнинг

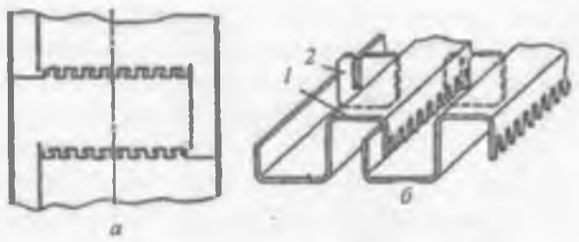
штампланган тарнов 1 лари таянч бурчак 2 ларга ўрнатилади ва устига калпокча 3лар қўйилиб йиғилади. Буғ фазани бир текисда таксимлаш учун калпокча 2 нинг остки кисмида трапеция шаклидаги тешиклар килинган. Қалпокчалар горизонтал тахтага шпилька 4 ёрдамида маҳкамланади. Суюк фазани бир меъёрда таксимлаш учун қуйилиш тарелка планкаси 5 ҳам тўғри тўртбурчак шаклидаги тешикли килиб тайёрланади.

Бу турдаги тарелка афзалликлари – калпокчалар сони кам ва уларни тозалаш осон. Тарелканинг колган кўрсаткичлари паст, шу сабабли улар бошка конструкциядаги тарелкаларга алмаштирилмокда.

S-шаклидаги элементли тарелка 1 лар ҳам абсорбцион ва ректификацион колонналарда кенг кўламда ишлатилмокда (7.30-расм). Ушбу элемент суюк фаза ҳаракат йўналишига перпендикуляр ҳолатда ўрнатилади. Тарелканинг икки чети ва S-шаклли элемент мустаҳкамлигини ошириш учун элементлар орасига тиркишли пластина 2 лар ўрнатилади.



7.29-расм. Туннелли калпокчали тарелка:
1-тарнов; 2-таянч бурчак;
3-калпокча; 4-шпилка.

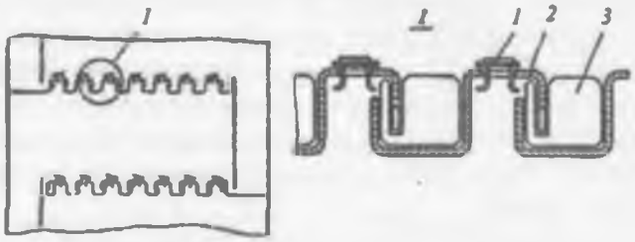


7.30-расм. S-симон элементли тарелка:
а - умумий кўриниш, б - схема.
1 - S-симон элемент; 2-пластиналар.

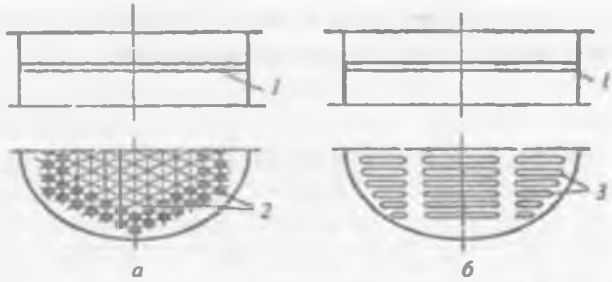
Колонна диаметрига караб тарелкалар битта ёки кўп қуйилиш мосламали бўлиши мумкин. Ушбу турдаги тарелкаларнинг афзалликлардан бири шундаки, тарелкалардан чиккан буғ суюк фаза томон караб йўналганлигидир. Ушбу ҳолат тарелканинг қуйилиш ва тўкилиш тўсиклари олдидаги суюклик сатҳининг камайишига олиб келади.

S-шаклли элементли тарелкалар массаси 2 баробар кам ва капсула калпокчали тарелкаларга караганда 20...30% га кўп. Солиштирилаётган тарелкаларнинг самарадорлиги тахминан бир хил, яъни ф.и.к. 0,6…0,8. Ушбу тарелканинг газ фазаси бўйича унумдорлиги калпокчали тарелканикига нисбатан 10...25% кичик.

S-шаклдаги элементли тарелкалар турғун ишлаш оралиғини ва унумдорлигини ошириш учун тарелка тепасига тўртбурчак шаклидаги клапан 1 ўрнатилади (7.31-расм).



7.31-расм. S-симон элементли ва клапанли тарелка:
а - умумий кўриниш, б - схема.



7.32-расм. Суюклик оқиб тушадиган тарелкалар:
а - тешикли; б - панжарали; 1-тарелка; 2-тешиклар, 3-тиркишлар

Тарелка мустаҳкамлигини ошириш учун пластина 3 қўйилади. Иш унумдорлиги бўйича ушбу тарелкалар клапанли тарелкаларга караганда 10% га кўпрок.

Юқорида кайд этилган тарелкалар самарадорлиги гидродинамик режимларга боғлик. Газ (ёки буғ) тезлиги ва суюклик сарфига караб 3 хил режимлар мавжуд: пуфакчали, кўпикли ва оқимчали. Ҳар бир режимда барботажли қатлам ўзига хос тузилишига эга бўлиб, катламнинг гидравлик каршилиги ва масса алмашиниш юзаси катталигини характерлайди. Бундай тарелкаларнинг гидравлик каршилиги кам, уларни ясаш учун металл кам сарфланади ва таркибида ифлосликлар бўлган суюкликларни ҳам ишлатиш мумкин. Ундан ташкари, тарелкали курилмаларда жараённи ҳаракатга келтирувчи куч катта бўлади.

Оқимчали тарелкалар камчиликлари: тарелкага иссиклик бериш ва ажралиб чиккан иссикликни ажратиб олиш мураккаб; суюклик сарфи нисбатан кам бўлгани учун, унинг самарадорлиги пастрок.

Тешикли тарелкалар. Тузилиши бўйича элаксимон тарелкаларга ўхшаш бўлиб, факат куйилиш трубаси йўклиги билан фаркланади (7.32-расм). Тешиклар диаметрлари 4-10 мм ораликда ва улар юзасининг улуши 10-25% ни ташкил этади.

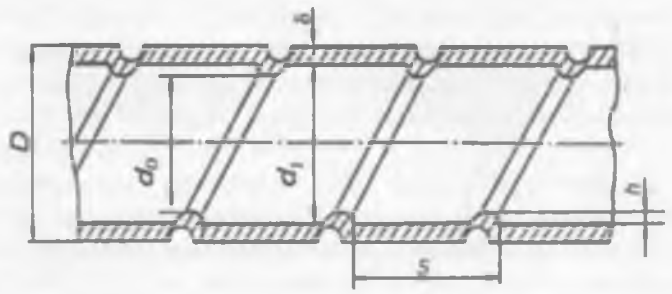
Панжарали тарелкалар – эни 3...8 мм ли тиркишлар штамповка ёки фрезерлаш усулида килинган бўлади (7.32б-расм). Тешикли ва панжарали тарелкалар конструкцияси содда, нархи арзон, гидравлик каршилиги нисбатан кичик ва монтаж килиш осон.

Тешикли ва панжарали тарелкалар конструкцияси соддалиги, металл сарфи камлиги, монтаж осонлиги ва кичик гидравлик каршилиги билан ажралиб туради.

Трубали тарелкалар. Бу турдаги тарелкалар, коллекторга уланган параллел трубалар каторидан иборат бўлиб, трубали панжара кўринишида бўлади (7.28в-расм). Труба панжарали насадкаларнинг энг асосий афзалликларидан бири, бу барботаж катламида ҳосил бўлган реакция иссиклигини ажратиб олиш учун трубалар ичига совуклик элткич юбориб осонгина олиш мумкин. Лекин бу тарелкаларни йиғиш анча мураккаб ва ишчилардан юкори малака талаб этади.

ТДТУ ва ТКТИ олимлари ҳамкорлигида юкори самарадор колоннали курилмаларининг энергия тежамкор, янги авлодини яратиш устида илмий тадкикот ишлари олиб борилмокда [142,143,144]. Кимёвий жараёнлар кечадиган колоннали курилмаларда реакция иссиклигини ажратиб олиш муаммоси шу куннинг энг долзарб масалаларидан биридир. Бунинг учун олимлар гуруҳи ушбу колонналарнинг совитиш бўлимидаги труба (сода ишлаб чикариш технологиясидаги абсорбер ва карбонизацион колонналарда 2300 та) лар ўрнига самарадор иссиклик алмашиниш юзали трубаларни қўйиб жараённи 1,5…3,5 маротабагача интенсивлашга эришишди. Бунга сабаб, трубанинг ташки томонида силлик арикчалар (кўндаланг ёки спиралсимон) ва ички томонида силлик турбулизаторлар махсус ускунада килинганидир. Натижада, трубанинг ташки юзасида окаётган суюклик тартибсиз, хаотик, яъни турбулент режимга хос ҳаракатланади. Лекин шуни алоҳида таъкидлаш керакки, ҳаракат тартибсиз, суюклик заррачалари ўзаро аралашиб ҳаракатланса ҳам, Рейнольдс сони ўтиш соҳасига мос кийматлардир, яъни $Re<10^4$. Ундан ташкари, иккинчи сабаб – бу самарадор юзали труба ичида совуклик элткич ҳаракатланганда иссиклик бериш жараёни интенсивлашади, чунки

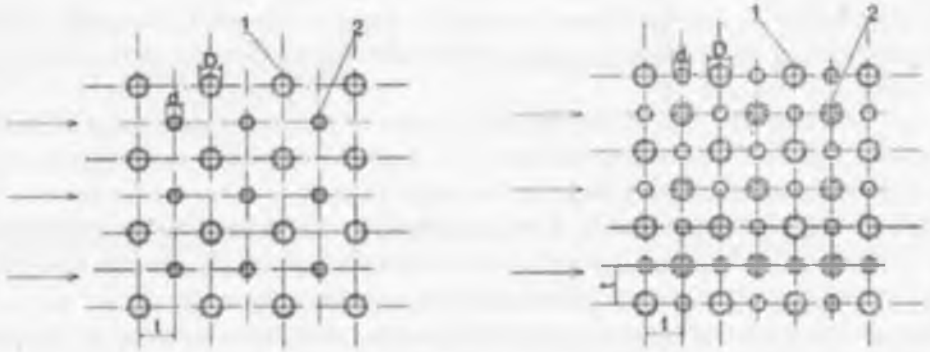
силлик турбулизатор (5.33-расм) лар девор якинидаги юпка катламнинг бузилишини таъминлайди ва суюклик аралашиши ва иссиклик таркалиши ортади.



7.33-расм. Спиралсимон турбулизаторли труба:
D - ташки диаметр; d_1 - ички диаметр; d_0 - спиралсимон бўртиклардан ҳосил бўлган диаметр; *S* - бўртиклар жойлашиш кадами; *δ* - труба калинлиги; *h* - халкасимон арикчалар чукурлиги

Кальцинацияланган сода ишлаб чикариш технологиясида қўлланиладиган абсорбция ва карбонизация колонналарининг пастки кисмида трубали панжаралар жойлаштирилади (7.34-7.35-расмлар).

а) б)



1- текис труба; 2-спиралсимон арикчали труба *S/D* =0,25, *t/D* =1,5.

1- текис труба; 2-спиралсимон арикчали *S/D* =0,25, *t/D* =1,5.

7.34-расм. Текис ва спиралсимон арикчали трубаларни карбонизацион колонна совитиш зонасининг труба-панжарали насадкада жойлаштириш схемаси:
а) шахматли, турли кўндаланг кесимли текис ва спиралсимон арикчали трубалар каторма-катор, *d/D*=0,75;
б) коридорли, турли кўндаланг кесимли текис ва спиралсимон арикчали трубалар каторма-катор, *d/D*=0,75.

Ушбу трубали панжаранинг функцияси ҳам суюклик газ фазаларининг яхши аралашиши ва тўкнашишини таъминлаш ҳамда ўзаро таъсир окибатида кимёвий реакция иссиклик ажралиши билан кечади. Трубалар ичида ҳаракатланаётган совук сув реакция иссиклигини ажратиб олиши керак. Демак, ушбу насадка бир вактнинг ўзида 2 та функцияни бажаради. Жараён самарали бўлиши учун аралашиш ва иссиклик алмашинишни интенсивлаш зарур. Текис ва самарали иссиклик алмашиниш юзали трубаларни 7.34-расмда келтирилган схемада жойлаштирилса, газ-суюклик системасининг аралашишини интенсивлаштиради, бу эса ўз навбатида иссиклик алмашиниш жараёнини жадаллаштиради.

Абсорбцион ва карбонизацион колонналарнинг самарали ишлаши реакция иссиклигини атроф-мухитга ажратиб олиш билан белгиланади. Маълумки, ламинар ва турбулент ҳаракат режимларида конвектив иссиклик алмашинишни интенсивлаш жуда чуқур ўрганилган ва амалиётда кенг кўламда қўлланилади. Лекин суюкликнинг ўтиш режимларда ҳам ҳаракат даврида оким турбулентлиги юкори бўлишига карамай, кам эътибор берилган ва уни интенсивлашга бағишланган изланишлар етарли эмас.

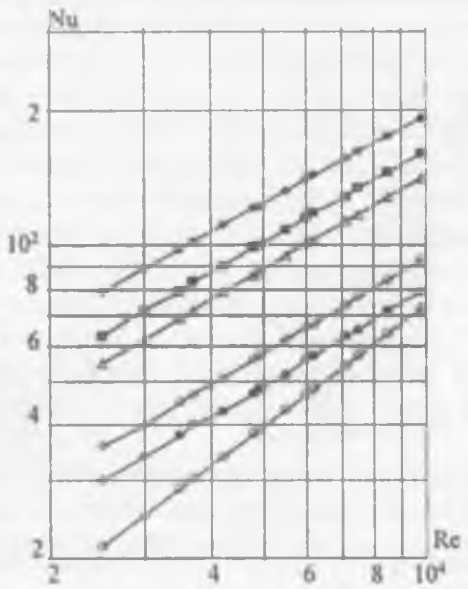
7.35-расмда сувнинг текис труба ва 4та спиралсимон турбулизаторли трубаларда ҳаракатланганда иссиқлик алмашиниш интенсивлиги бўйича тажриба натижалари келтирилган. Тажрибалар ўтиш режимида, яъни Re=2500...9800 да ўтказилган. Олинган конвектив иссиқлик алмашиниш бўйича бирламчи тажриба маълумотлари маълум усуллар ёрдамида умумлаштирилган[11-16]. Иссиқлик алмашиниш интенсивлиги Nu бўйича олинган кийматлар шу соҳада изланиш олиб борувчи олимлар томонидан келтирилган маълумотлар билан юкори аникликда мос тушади[2,4,6,9].

Спиралсимон турбулизаторли трубаларда иссиқлик алмашиниш интенсивлиги бўйича тажриба натижалари текис трубаларникига караганда анча юкори жойлашган, яъни катталиги билан белгиланади. Спиралсимон турбулизаторли трубада диафрагма баландлиги h=1,5ммда ўлчамсиз параметр h/S=0,021, суюклик тезлиги Re=2500 да – Nu=48, Re=5500 да Nu=92 ва Re=9800 да – Nu=129. Суюклик тезлиги Re=2500 дан Re=9800 гача ортганда иссиқлик алмашиниш интенсивлиги Nu 2,7 маротабагача ортади.

Спиралсимон силлик диафрагмали турбулизаторларнинг иссиқлик алмашиниш таркалишни бундай даражада интенсивлашиши куйдаги омиллар билан белгиланади: биринчидан, суюклик окими нафакат илгарилама, балки айланма ҳам ҳаракат килади; иккинчидан, спиралсимон силлик диафрагмалар суюклик окимини кўшимча турбулизация килади; учинчидан, окимнинг айланма ҳаракатланувчи кисми девор атрофидаги чегаравий катлам калинлигини ва окибатда тезлик каршилигини камайтиради.

Тажриба натижалари ушбу турдаги турбулизаторлар самарадорлиги жуда юкори бўлгани учун ўтиш режимида тургун турбулент режимга хос окимнинг интенсив, хаотик ҳаракатни олиш мумкин. Ундан ташкари, девор ва суюклик чегарасида кўзғалмас чегаравий ковушкок катлам умуман колмайди, яъни микро ғадир-будирликли девор суюклик билан самарали ювилиб туради.

Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, трубадаги спиралсимон силлик диафрагмалар геометрик ўлчамлари окимда аник ўлчамли, йўналтирилган локал ва уюрмали эффектлар ҳосил килиш мумкин. Бу эса ўз навбатида зарур таркибли окиб барпо килиши ва суюклик окими ҳаракатини бошкариш имкониятини беради.



7.35-расм. Спиралсимон турбулизаторли трубада сув ҳаракатланганда иссиқлик алмашинишн интенсивлиги Nu нинг Re сонига боғлиқлиги.
●- текис труба; $S_э/d=1,4$; ♦ - $h/S_э=0,077$; ■- $h/S_э=0,029$;
△- $h/S_э=0,021$; ◇- $h/S_э=0,01$; □- $h/S_э=0,007$

Ушбу самарадор труба ва шароитларда иссиқлик таркалиш интенсивлиги текис трубаларникига қараганда юкорирок. Спиралсимон турбулизаторли трубалардан ясалган

иссиклик алмашиниш курилмалари ва мосламалари юкори иссиклик кувватга эга ясаш осон, кўшимча металл талаб килмайди ва х.

Тўлкинсимон тарелкалар. Бу турдаги тарелкалар тешиклари 4-8 мм тешикли гофрирланган металл листдан иборат.

Трубали тарелкалар афзалликларига реакция иссиклигини олиш осонлиги, яъни труба ичидан совук элткич юбориш йўли билан ажратиш мумкин. Аммо бундай тарелкалар нисбатан (тешикли ва панжаралига караганда) мураккаброк ва монтаж килиш кийин.

Тешикли, панжарали ва трубали тарелкалардан ясалган колонналарнинг асосий камчилиги шундаки, курилманинг турғун ва самарали ишлаш режими суюк ва газ фазаларнинг жуда кичик оралиғига тўғри келади.

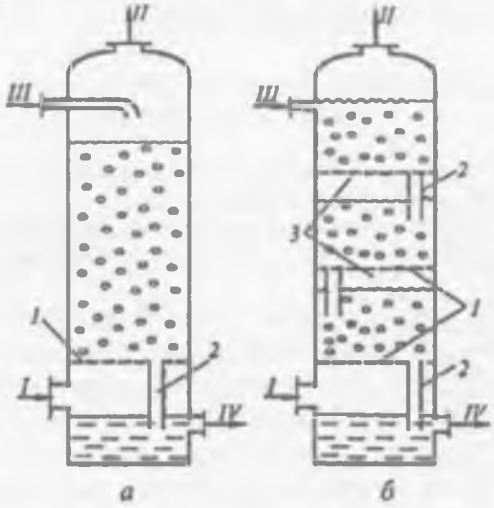
Ушбу камчиликдан тўлкинсимон тарелкалар холи бўлгани билан, тешикли ва панжаралига караганда тузилиши ва монтаж килиниши мураккаброк.

Суюклик окиб тушадиган тарелкаларнинг асосий камчилиги шундан иборатки, турғун ва самарали ишлаши газ ва суюклик тезликларининг жуда кичик ўзгариш оралиғига тўғри келади.

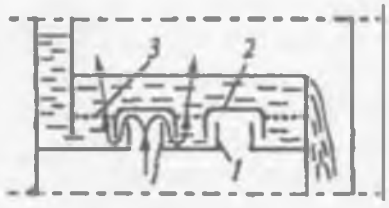
Барботажли абсорберлар. Бу турдаги курилмалар ичида энг оддийси тўлик барботаж катламли абсорбердир (7.36а-расм). Бу ерда газ таксимлаш панжарали тарелка 1 оркали ўтиб, суюклик катламида кўтариладиган майда пуфакчаларга бўлинади. Ушбу курилма камчилиги, вертикал йўналишда интенсив циркуляция хосил бўлади ва у масса алмашиниш жараёнининг харакатга келтирувчи кучини пасайтиради.

Вертикал йўналишда циркуляция туфайли рўй берган зарарли таъсирни курилмани секцияларга ажратиш оркали бартараф килиш мумкин (7.36б-расм). Бунинг учун бир нечта элаксимон тарелка 1 лар ўрнатилади ва окибатда хар бир секцияда барботаж катламининг баландлиги чегараланади. Натижада хар бир тарелка остида газ пуфакчалари йиғилиб, бир бутун газ фазасини хосил килади.

Газ фазасидаги босим шундай бўлиши керакки, тарелка устидаги суюклик катламидан барботаж килиб ўтишини таъминлаш даркор. Бундай тарелка конструкцияларининг энг кенг таркалгани 7.37-расмда келтирилган, яъни элаксимон-калпокчали тарелка. Фазаларнинг тўкнашиш юзасини ошириш учун газ фазасини икки маротаба суюклик катламидан ўтади.



7.36-расм. Барботажли абсорбер:
а - бир секцияли, карама-карши окимли; б - секцияларга ажратилган карама-карши окимли
1-панжарали тарелка, 2-қуйилиш трубаси, 3-газ катлами
I-ифлосланган газ, II-тозаланган газ,
III-янги абсорбент, IV-ишлатиб бўлинган абсорбент

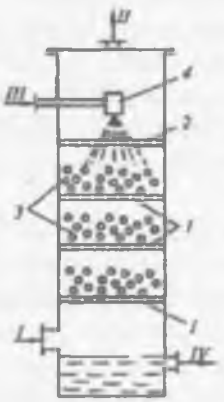


7.37-расм. Элаксимон-калпокчали тарелка:
1-патрубок, 2-калпокча,
3- элаксимон тарелка элементи

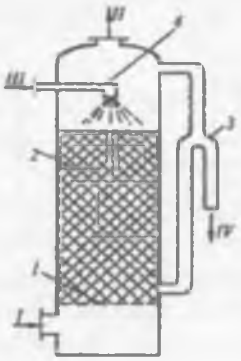
Бу ерда газ окими патрубок 1 оркали ва калпокча 2 дан чикишда суюклик катламини барботаж килади. Бунда хосил бўлган пуфакчалар тарелка 3 элементлари оркали ўтаётганда

қўшимча барботажга учрайди. Лекин тўкнашиш ошган ва янгиланган юзали тарелкаларнинг ф.и.к. 20% дан ортиқ эмас. Шунинг учун ҳам абсорбция жараёнида бошқа масса алмашиниш жараёнларига қараганда фазаларнинг тўкнашиш юзаси кўпроқ юпқа қатламли ёки насадкали қурилмалар қўлланилади.

Нисбатан содда ва ўта самарали қурилма бўлиб, насадкали мавҳум қайнаш қатламли тарелкали абсорбер ҳисобланади (7.38-расм).



7.38-расм. Шарсимон насадкали мавҳум қайнаш қатламли абсорбер:
I-таянч панжараси; 2-чегараловчи панжара; 3- шарсимон насадка; 4-суюқлик таксимлагич. I-ифлосланган газ; II-тозаланган газ; III-янги абсорбент; IV-ишлатиб бўлинган абсорбент



7.39-расм. Насадкали эмульгацион абсорбер:
I-таянч панжараси; 2-насадка; 3- гидравлик затвор; 4-суюқлик таксимлагич. I-ифлосланган газ; II-тозаланган газ; III-янги абсорбент; IV-ишлатиб бўлинган абсорбент

Таянч панжара 1 га жойлаштирилган насадка 3 лар зичлиги суюқлик зичлигидан кам бўлиши шарт. Диаметри 10…30 мм ли шарсимон насадкалар ичи бўш бўлиб, одатда полиэтилен, полипропилен ва бошқа полимер материаллар ҳамда металл ёки резинадан тайёрланади. Газнинг критик тезликдан юқори бўлган тезликларида тарелка устида зичлиги суюкликникидан кам бўлган насадкалар мавҳум қайнаш ҳолатига ўтади. Тезлик ўсиши билан насадка қатламининг баландлиги кўпаяди, яъни қатлам ғоваклилиги ортади. Интенсив аралашиш даврида насадкалар билан суюқлик фаол ҳаракат қилади. Ушбу ҳол суюкликнинг кўндаланг нотекисликни камайтиради ва қурилма самарадорлигини оширади.

Газ оқими билан кўтарилиб кетаётган суюкликнинг майда томчиларининг кўп қисми мавҳум қайнаш ҳолатидаги ҳўлланган шарлар билан ушланиб қолинади ва насадка пастга тушганда суюқлик қатламига қайтадан қўшилади. Энг тепадаги секциядан шарсимон насадкалар учиб кетмаслиги учун тешикли панжарага 2 ўрнатилган. Ушбу қурилмада энг юқори тезликларда ишлаш имконияти мавжуд. Суюкликни пуркаш зичлиги 0,05 $м^3/(м^2 \cdot с)$ гача бўлганда газнинг ишчи тезлиги 4…5 м/с ташкил этади. Ушбу турдаги абсорберлар афзалликлари:

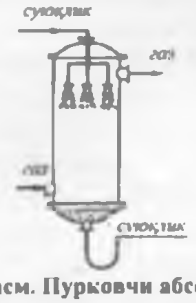
– бир боскичнинг масса алмашиниш юзаси катта ва суюқлик юпқа қатламининг қалинлиги кичиклиги сабабли масса бериш коэффициентининг қийматлари ва ф.и.к. жуда юқори;

– абсорбер самарадорлигининг ортиши: газ фазаси бўйича 4…6 маротаба, суюқлик бўйича эса ундан ҳам кўп;

– таркибида каттиқ фазали, ифлосланган суюқлик ва газларни ҳам тозалаш мумкин.

Камчиликлари: қурилманинг бўйлама йўналишида концентрациянинг бир хил бўлиши масса ўтказиш жараёнининг ўртача ҳаракатга келтирувчи кучининг камайишига олиб келади. Бўйлама аралашишни бартараф қилиш учун қурилма секцияларга бўлиниши керак (7.38-расм).

Турғун иш режимини ушлаб туриш жиҳатидан мураккаб деб насадкали эмульгацион абсорбер ҳисобланади (7.39-расм).



7.40-расм. Пурковчи абсорбер.

Ушбу абсорбер эмульгация режимида ишлайди, яъни гидравлик затвор ёрдамида ҳар доим бир хил ҳажмда суюклик бўлишини таъминлайди. Фазаларнинг ўзаро таъсири бўйича ушбу турдаги қурилмалар барботажли, лекин конструкцияси бўйича эса – типик насадкали қурилма.

Пурковчи абсорберлар. Бундай қурилмаларда фазаларнинг тўқнашиши суюк фазани – газ окимига пуркаб бериш усули ёрдамида амалга оширилади. Пурковчи абсорберларнинг энг содда конструкцияси 7.40-расм келтирилган.

Бу абсорбер ичи бўш кобик ва суюкликни пурковчи механик форсункадан таркиб топган бўлади.

Суюкликни пуркаш пайтида масса ўтказиш коэффициенти энг катта микдорга эга. Вакт ўтиши ва фазалар ўзаро таъсир юзаси камайганлиги сабабли жараён самарадорлиги пасаяди. Шунинг учун ҳам, кўпинча форсункалар қурилманинг бутун баландлиги бўйича ўрнатилади.

Одатда, пурковчи абсорберлар яхши эрийдиган газларни абсорбция килиш учун ишлатилади. Пурковчи абсорберлар каторига механик абсорберларни ҳам киритиш мумкин. Бундай қурилмаларда суюклик айланма механизм ёрдамида сочиб берилади. Суюкликдаги тешикли дисклар қўзғалмас цилиндрик кобик ичида айланади. Натижада, диск ёрдамида суюклик майда томчилар шаклида атрофга сочилади.

Пуркагичли абсорберларда газнинг тезликлари 1…1,5 м/с ва суюкликни пуркаш зичлиги 0,003 $м^3/(м^2 с)$ бўлади. Тузилиши содда, нархи арзон, гидравлик қаршилиги катта эмас ва ифлосланган суюкликларни ҳам тозалай олишига карамасдан, пурковчи абсорберлар қўлланиши чегараланган. Бунга сабаб қурилманинг кичик самарадорлигидир. Ушбу камчилик қурилманинг бўйлама йўналишида концентрациянинг бир хил бўлиши масса ўтказиш жараёнининг ўртача ҳаракатга келтирувчи кучини камайиши туфайли ҳосил бўлади. Агар газнинг тезлиги 5 м/с ва суюкликни пуркаш 0,01…0,015 $м^3/(м^2 с)$ гача оширилса, қурилма самарадорлиги кўпаяди. Лекин шу билан бирга суюклик майда томчиларининг газ билан чикиб кетиши салмокли ортади.

Механик пуркагичли абсорберлар ихчам ва конструкцияси содда бўлади.

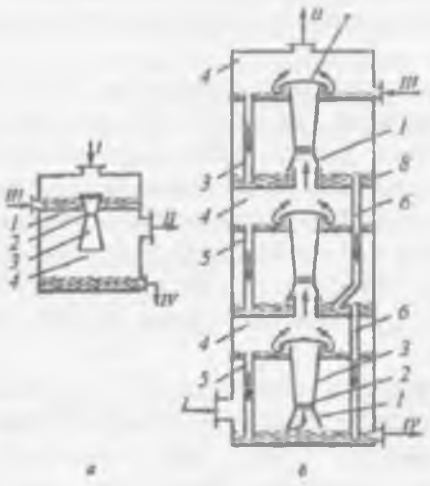
Вентури абсорбери. Турли конструкцияларда бажарилишига карамасдан Вентури абсорберлари ўзининг юкори самарадорлиги билан ажралиб туради (7.41-расм). Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, диффузор-конфузорда газ ва суюклик окимлари параллел йўналишда ҳаракатланади.

7.41а-расмда суюкликни юпка катламга кирувчи бир боскичли Вентури абсорбери келтирилган. Суюкликнинг юпка катлами мослама энг тор жойида 20…30 м/с тезликда ҳаракатланаётган газ окими ёрдамида майда томчиларга айлантирилади. Газ ва суюкликни фазаларга ажралиши сепарацион бўшлик 4 да рўй беради. Бу абсорберлар иш унумдорлиги юкори бўлишига карамай, фазалар бир йўналишда ҳаракатлангани учун масса алмашиниш жараёни суст кечади.

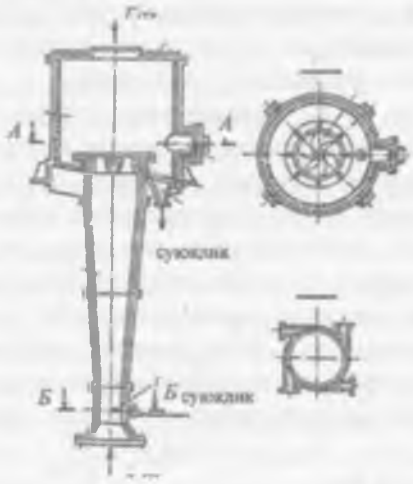
Кўп боскичли, карама-карши йўналишли Вентури абсорберини қўллаш учун суюклик, албатта, эжекция килиниши шарт (7.41б-расм). Бу ерда, ҳар бир секцияда конфузор 1 нинг пастки учи ва суюклик юзаси орасидаги ингичка тиркиш оркали ўтаётган газ суюкликнинг юпка катламини ўзи билан илаштириб кетади. Суюкликнинг юпка катлами мосламанинг энг тор жойи 2 да газ окими ёрдамида майда томчиларга парчаланади ва масса ўтказиш учун катта юза ҳосил килади. Суюклик ва газ фазаларининг ҳаракатини карама-карши жараённинг ҳаракатга келтирувчи кучи ҳисобига қурилманинг масса алмашиниш қобилиятини ортишига олиб келади.

Чикинди газлар таркибидаги фторли бирикмаларни ажратиб олиш учун горизонтал пурковчи жували абсорбер ва вертикал ичи бўш пуркагичли абсорберлар қўлланилади Ҳозирги кунда юкори самарали ва унумдорликка эга бўлган пуркагичли Вентури

абсорберлари кенг кўламда кўлланилмокда. Бу турдаги абсорберлар газ фазасининг тезлиги 20...30 м/с.



7.41-расм. Вентури абсорбери:
1-конфузор, 2-мослама энг тор жойи, 3- диффузор, 4-сепарацион бўшлик, 5-циркуляцион труба, 6-қуйилиш трубаси, 7-томчи қайтаргич, 8-кобик. I- газ кириши, II- газ чикиши, III-суюклик кириши, IV-суюклик чикиши.



7.42-расм. Вентури трубаси (аэромикс) типидаги абсорбер:
1-тор, текис труба, 2-диффузор, 3-сепаратор, 4-сепаратор копкоғи, 5,7-тўкиш штуцерлари, 6-томчи ажратгич

Газ ва суюклик фазалари параллел йўналишда ҳаракатланади. Суюклик оқими ўртадан ёки четдан киритилиши мумкин. Вентури абсорберларининг ишчи ҳажми торайиш (конфузор), тор, ингичка текис труба ва аста-секин кенгайиш (диффузор) кисмлардан таркиб топган. Газ-суюклик аралашмаси аввал диффузорга узатилади, у ерда унинг тезлиги пасаяди. Сўнг, у сепарацион бўлимга ўтади ва у ерда суюк фаза газдан ажратилади. Вентури абсорберлари форсункасиз ҳам бўлиши мумкин ва уларнинг гидравлик қаршилиги 1,2...1,5 кПа (120...150 мм.сув.уст.), фторни ажратиш даражаси 75...85%. Абсорбцион курилмалар ўз ичига бир нечта Вентури абсорберлари ва сепарацион камераларини олади ва катта майдонларни эгаллайди. Ушбу абсорберлар камчилиги шундаки, катта ҳажмдаги пуркаладиган суюкликларни узатиш учун, хусусан, юкори коррозион фаолликка эга бўлган гексафторкремний кислотасини узатиш учун насос қўлланишидир.

Тезкор, пурковчи Вентури абсорберларининг яна бир тури – бу *аэромикс* лардир. Бу турдаги абсорберларда суюклик фазасини узатиш учун насос қўлланилмайди (7.42-расм). Ушбу конструкцияли абсорберлар соатига 50 минг $м^3$ гача бўлган чикинди газларни тозалаш учун мўлжалланган.

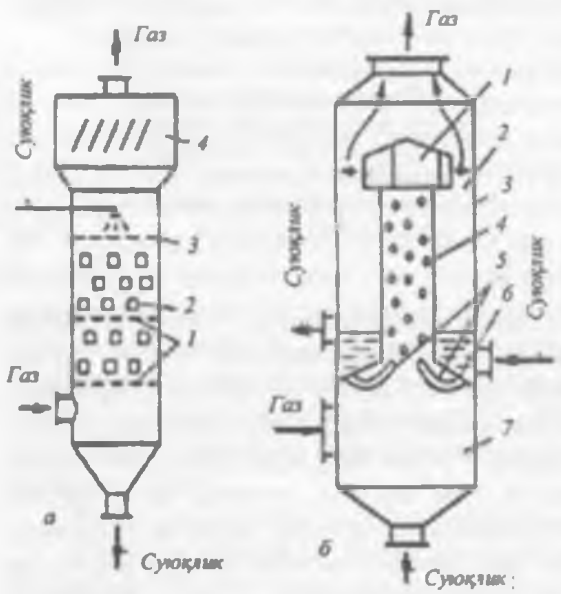
Аэромикс типидаги абсорберларда газ пастдан юқорига ҳаракатланади, пуркаладиган суюклик эса тангенциал йўналишда энг тор, текис труба жойидан узатилади. Газ фазасининг тезлиги 25...40 м/с ни, гидравлик қаршилиги 1,4...1,6 кПа ва фторсимон бирикмаларни ажратиш даражаси 80% ни ташкил этади. Диффузор оркали чикаётган газ-суюклик оқими томчи ушлагичга ва сўнг сепараторга йўналтирилади. Сепараторда газ-суюклик оқимининг тезлиги 1,4...2 м/с гача пасаяди. Ушбу тезликда суюкликни газдан ажралиши тўлик бўлади. Пуркалаётган суюк фаза сепараторнинг пастки кисмида тўпланади. Суюк фаза тўкиш штуцери оркали йиғгичга ва пуркаш учун абсорберга ёки системадан чикарилади. Одатда, аэромиксда суюк фазанинг 1 $м^3$ газга бўлган сарфи 3...5 $дм^3$ ни ташкил килади.

Катта ҳажмдаги чиқинди газлар (100 минг $м^3$/соат) ни тозалаш учун интенсив ва самарали абсорбцион қурилмалар: ҳаракатчан (масалан, ҳалқасимон) насадкали ёки тезкор кўпикли абсорберлар қўлланилади [137,138].

Ҳаракатчан (ҳалқасимон) насадкали абсорбер учта камерага бўлинган цилиндрик кобикли курилмадир (7.43а-расм).

Газ фаза қурилманинг пастки камерасига узатилади ва у ерда бир текисда таксимланади. Пастки ва юкори камераларни тешикларининг улуши 50% бўлган таянч-таксимловчи панжара ажратиб туради. Ушбу панжара устига ҳалқасимон насадка жойланади. Насадка ҳалқаларини ясаш учун суюк фаза бардош турли полимер материал (масалан, полипропилен, пенопласт ва ҳ.)лар ишлатилади. Қўзғалмас катламли насадка баландлиги 0,15...0,2 м ни ташкил этади. Газнинг тезлиги 4...5 м/с бўлганда ўрта камерада насадка катлами мавҳум кайнаш ҳолатига келади. Насадкалар қурилмадан учиб кетмаслиги учун ўрта камера юкори камерадан тешикларининг улуши 80-85% ли чегараловчи панжара билан ажратилган.

Газ ва пуркалаётган суюклик карама-карши йўналишда ҳаракатланади ва контакт юзаси катта бўлган ўрта камерада ўзаро тўқнашади. Сўнг, газ сепараторли юкори камерага ўтади ва ундан атмосферага чикарилади ёки кейинги тозалаш боскичига узатилади. Суюк фаза қурилманинг пастки қисмидаги штуцер оркали тўкилади. Қурилманинг ишчи камерасида газ фазасининг тезлиги 4,5...11 м/с, абсорберни суюклик билан пуркаш зичлиги 50...70 $м^3/(м^2 \cdot соат)$. Ушбу турдаги қурилмалар насадкасиз ишлаганда ҳам абсорбция жараёнининг юкори самарадорлигини таъминлайди.



7.43-расм. Ҳаракатчан насадкали (а) ва тезкор (б) абсорберлар:

а - ҳаракатчан, ҳалқасимон насадкали; 1-таянч-таксимловчи панжара, 2-ҳалқа насадка, 3-чегараловчи панжара, 4-томчи ушлагич;

б - тезкор кўпикли абсорбер; 1 – марказдан кочма уюрмалагич, 2 - ҳалқасимон камера;

3 - кобик, 4 - контакт патрубкаси, 5 - куйилиш трубаси, 6 – конуссимон тўсиқ, 7 - пастки камера

Кўпинча ҳаракатчан (ҳалқасимон) насадкали абсорберлар мустакил пуркаш циклли, кўп боскичли колонна (2...3 та тозалаш боскичли) кўринишида тайёрланади. Ушбу турдаги қурилмалар насадкасиз ишлаганда ҳам абсорбция жараёнининг юкори самарадорлигини таъминлайди. Бунинг учун суюкликни пуркаш зичлигини (кўпикли катлам ҳосил килиш) ва суюклик циркуляциясининг карралагини ошириш керак. Бундай қурилмаларда газсимон турли жинсли системалар (масалан, фторли бирикмалар) ни ажратиш даражаси 98...99%.

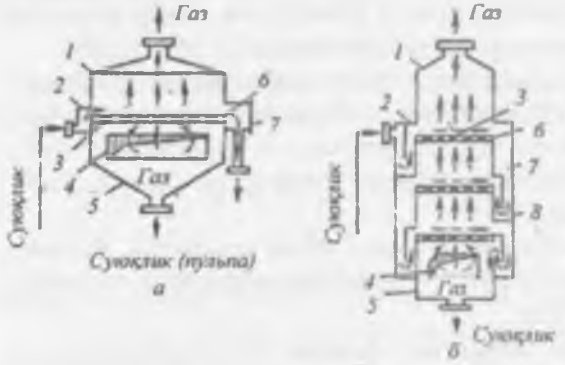
Тезкор кўпикли абсорбер цилиндрик кобикли бўлиб, унда куйилиш трубкали ва контакт патрубкали цилиндрик тўсиқ ҳамда марказдан кочма уюрмалагич ўрнатилган (7.43б-расм).

Газ абсорбернинг пастки камера (газ таксимлаш) сига, суюк фаза эса ҳалқасимон камерадан куйилиш трубалари оркали пастга тушаётганда газ фазаси билан тўқнашади. Ушбу тўқнашувда ҳосил бўлган газ-суюклик аралашмаси кўпикли катламни эслатади. Суюкликни газдан ажратиш марказдан кочма уюрмалагичда амалга оширилади, чунки суюклик

тангенциал оқим билан сепарацион камеранинг ички деворига улоктирилади ва пастга қараб оқиб тушади, газ эса кейинги тозалаш боскичига ёки атмосферага чикариб юборилади.

Контакт патрубкасида суюклик пуркалиш зичлиги 150...250 $м^3/(м^2 \cdot соат)$ бўлади. Бу турдаги абсорберлар қўшимча суюкликнинг кичик сарфи ва циркуляцион насоссиз ҳам ишлаши мумкин, чунки эритманинг ички циркуляцияси жуда интенсив..

Бундай абсорберлар ҳам кўп боскичли килиб тайёрланади. Контакт патрубкасининг кўндаланг кесимидаги газнинг тезлиги 14...25 м/с ораликда бўлиши мумкин.

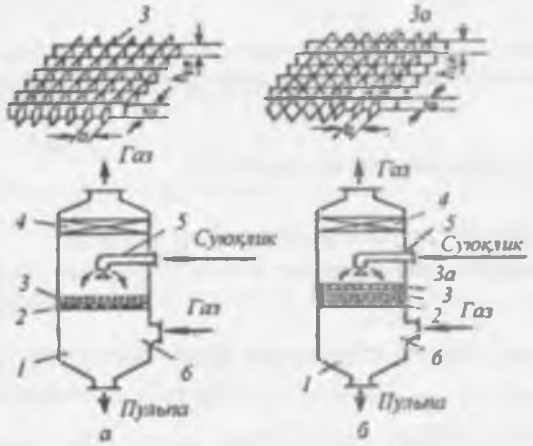


7.44-расм. Бир (а) ва кўп (б) токчали кўпикли абсорберлар:
1-кобик, 2-кабул қутиси, 3-панжара, 4-диффузор, 5-конуссимон днишче, 6-остона-тўсик, 7-тўкиш остонаси, 8-гидравлик затвор

Бир боскичли абсорбернинг гидравлик каршилиги 1,25...1,55 кПа, фторни ажратиш даражаси 98...99%.

Тезкор кўпикли абсорберларда газ-суюклик окимининг динамик кўпикли катлам ҳосил бўлади ва у контактли патрубкада циркуляция қилади. Ушбу абсорбер самарали бўлгани билан, саноат микёсида мўътадил кўпик катламли абсорберлар кенг кўламда ишлатилмокда [139]. Бу турдаги абсорберларда газ ва суюклик оқимлари ўзаро кесишган ёки карама-карши йўналишларда ҳаракат қилади.

Кўпикли абсорберларнинг асосий конструктив элементи тешикли панжара бўлиб, устидаги кўпик катлами билан бирга токча деб номланади [140]. Токчалар сонига қараб бир ёки кўп токчали кўпикли, тешикли панжарадан суюкликни олиш бўйича қуйилиш мосламали ва карама-карши йўналишли абсорберлар бўлади.



7.45-расм. Интенсивланган кўпикли курилма:
а - битта мўътадиллагичли, б - иккита мўътадиллагичли; 1-кобик, 2-карама-карши йўналишли панжара, 3-кўпик мўътадиллагич, 3а-қўшимча мўътадиллагич, 4-томчи ушлагич, 5 - пуркаш мосламаси, 6 - диффузор

Қуйилиш мосламали кўпикли абсорбер вертикал кобикли, ичида битта ёки бир нечта горизонтал тешикли панжаралар бўлади (7.44-расм. Тешикли панжарада тешиклар юзасининг бутун панжара юзасига нисбати ~10...40% ораликда бўлиши мумкин.

Тешикли панжара устида кўпикли газ-суюклик катлами ҳосил бўлади. Бунда газ пастдан юкорига, суюклик эса панжара бўйлаб горизонтал йўналишда ҳаракатланади. Кўпикли курилмаларда суюклик фазасининг панжара тешиклари оркали пастга оқиб тушиш ва газ оқими билан томчиларнинг учиб чиқиш эҳтимоли бор.

Газ ва суюклик фазаларининг карама-карши йўналишли кўпикли абсорберларида суюкликнинг бир тарелкадан иккинчисига ўтиши учун қуйилиш трубкалари йўк. Бу турдаги курилмаларда панжарага бериладиган суюклик тешиклар оркали оқиб тушади.

Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, кўпикли катлам баландлиги фақат гидродинамик омиллар (газ тезлиги ва суюкликни пуркаш зичлиги) ва тешикли панжара характеристикалари билан ростланади.

Бу турдаги курилмалар конструкциялари 7.45-расмда келтирилган.

Интенсивланган кўпикли курилмаларда асосан икки турдаги панжаралар қўлланилади: тешикли ва тиркишли.

Кўпикли қурилмаларда жараённи жадаллаштириш учун панжара тешиклари ўлчамларини катталаштириш даркор деб ҳисоблашади [9]. Катта тешикли панжараларда фазаларнинг ўзаро тўкнашиши алоҳида эътиборга сазовор. Газ фазасининг тезлиги ортиши билан панжара тешигида фазаларнинг уюрмавий ўзаро таъсири туфайли иккиламчи кўпик ҳосил бўлади.

Қатламни мўътадилловчи панжарали кўпикли қурилма вертикал кобикли бўлиб, унинг ичида карама-карши йўналишли горизонтал панжара ўрнатилган. Тешикли панжарада кўпикни мўътадилловчи мослама, яъни вертикал ўрнатилган пластиналардан ячейкали панжара кўринишида бўлиб, оддий панжара устига ўрнатилади.

Газ одатда панжара ости бўшлиққа узатилади, сўнг панжарадан ўтади ва пуркалаётган суюқлик ўзаро таъсири ҳисобига кўпикли катлам барпо бўлади.

Тозаланган газ томчи ушлагич қурилмасига йўналтирилади ва қурилманинг тепа штуцери оркали атмосферага чикарилади. Суюқлик панжара тешиклари оркали ўтиб, қурилманинг остидаги штуцер оркали чикарилади.

Кўпикли қурилмаларда тешикли панжара бирлик юзасига тўғри келадиган фазалар тўкнашиш юзаси катта. Лекин ушбу ижобий хосса катта тешикли панжараларда ва юкори тезлик (3 м/с ва ундан ортик) ларда намоён бўлади.

Тешикли панжара бирлик юзасига тўғри келадиган фазалар тўкнашиш юзаси A ($м^2/м^2$) қуйидаги формулалардан аниклаш тавсия этилади [140]:

– майда тешикли панжара учун

$$A = 496 \cdot w_г^{0,15} \cdot L^{0,4} \cdot S^{-2,15} \cdot d_o^{0,14} \cdot \rho_ж^{-1} \qquad (7.93)$$

– трубали панжара учун

$$A = 809 \cdot w_г^{0,15} \cdot L^{0,45} \cdot S^{-2,4} \cdot d_{TP}^{0,14} \cdot \rho_ж^{-1,25} \qquad (7.94)$$

– йирик тешикли панжара учун

$$A = 19,6 \cdot 10^3 \cdot w_г^{0,135} \cdot L^{0,5} \cdot S^{-2,47} \cdot d_E^{0,8} \cdot \rho_ж^{-1,25} \qquad (7.95)$$

бу ерда, $w_г$ – қурилма тўлик кўндаланг кесимидаги газ тезлиги, м/с; L – пуркаш зичлиги, $м^3/(м^2 \cdot ч)$; S – панжара тешиклари юзасининг улуши, %; d_o, $d_{тр}$, $d_э$ – панжара тешиклари диаметри, трубаси диаметри ва тешикларининг эквивалент диаметри; $\rho_ж$ – суюқлик зичлиги, $кг/м^3$

7.12.1. Абсорбцион қурилмалар гидравлик қаршилиги

Тарелкали қурилмаларнинг битта погонасининг гидравлик каршилиги умумий ҳолатда ташкил этувчиларнинг йиғиндиси сифатида аникланади:

$$\Delta P = \Delta P_{сух} + \Delta P_\sigma + \Delta P_{г-ж} \qquad (7.96)$$

бу ерда, $\Delta P_{сух}$ – қурук тарелка каршилиги, ΔP_σ – сирт таранглик кучлари туфайли ҳосил бўлган каршилик; $\Delta P_{г-ж}$ – тарелкадаги газ-суюқлик катламининг каршилиги

Абсорбцион қурилмаларни саноат миқёсида қўллаш шуни кўрсатдики, ΔP_σ нинг киймати тарелканинг умумий каршилигига сезиларли таъсир кўрсатмайди. Шунинг учун, тарелка гидравлик каршилиги ушбу формуладан аниклаш мумкин:

$$\Delta P = \Delta P_{сух} + \Delta P_{г-ж} \qquad (7.97)$$

Қурук тарелка гидравлик каршилиги контакт мослама деворидаги напорнинг йўқотилиши оркали ифодалаш мумкин

$$\Delta P_{сух} = \xi \cdot (\frac{w^2}{2g}) \cdot \rho_г \qquad (7.98)$$

бу ерда, ξ – қурук тарелка гидравлик каршилик коэффициенти; $w_г$ – тарелка тешикларидаги газнинг тезлиги, м/с; g – эркин тушиш тезланиши, $м/с^2$; $\rho_г$ – газнинг зичлиги, $кг/м^3$

Вентури труба (тор жойи диаметри $d_г$=20 мм ва диффузорнинг конуслик бурчаги $\alpha_э$=8) си учун $\Delta P_{г-ж}$ қуйидаги формула ёрдамида ҳисоблаб топилади [104]:

бир текисдаги режим учун

$$\Delta P = \Delta P_{суз} + \Delta P_{с-ж}\ \Delta P_{с-ж} = 0{,}008 \cdot w_г^{2,2} \cdot (\frac{L}{G})^{1,1L} \qquad (7.99)$$

пульсацион режим учун

$$\Delta P_{с-ж} = w_г^{1,93} \cdot (\frac{L}{G})^{0,55} \qquad (7.100)$$

бу ерда, $w_г$ – Вентури трубасининг энг тор кисмида газнинг тезлиги, м/с; L/G –суюкликнинг солиштирма сарфи, дм³/м³.

Инжекцион контакт мосламалар учун ΔP ни ҳисоблаш учун газ ва суюклик окимларининг ҳаракати даврида ишкаланиш туфайли ҳосил бўладиган каршиликни ҳам инобатга олиш зарур:

$$\Delta P = \frac{\xi w_г}{2g} \cdot (B \cdot L_у \cdot \gamma_ж + G_г \cdot \gamma_г) \qquad (7.101)$$

бу ерда, $w_г$ – контакт тиркишдаги газнинг тезлиги, м/с; $G_г$ – газнинг ҳажмий сарфи, м³/соат, $B = w_{г.ж}/w_г$ ($w_{г.ж}$ – контакт тиркишдаги суюкнинг тезлиги, м/с), $L_г$ – суюкликнинг ҳажмий сарфи, м³/соат.

Секцияли курук тарелка гидравлик каршилигини аниклаш учун куйидаги формула тавсия этилади:

$$Eu_{суз} = \frac{\Delta P_{суз}}{\rho_г w_{кз}} = 426 \cdot (\frac{d_э}{d_{кз}}) \qquad (7.102)$$

бу ерда, $d_э$ – газ оқими ўтадиган тиркишнинг эквивалент диаметри, м; $d_{кз}$ – контакт тиркишининг эквивалент диаметри, м; f – контакт тиркишлар юзасининг колонна тўлик кўндаланг кесимига нисбатининг улуши, %.

Бир текисдаги режимда тарелка учун гидравлик каршилик $\Delta P_{с-ж}$ куйидаги формуладан топилади:

$$Eu = 0{,}955 \cdot (\frac{La}{G})^{0,8} \qquad (7.103)$$

бу ерда, a – тарелка секцияларн сони.

Юкори зичликда пуркалаётган контакт мосламанинг газ-суюклик аралашмаси катламининг гидравлик каршилигини ушбу формуладан аниклаш тавсия этилади:

$$\Delta P_{с-ж} = 2{,}2 \cdot G^{0,65} \cdot L^{1,45} \cdot H^{0,36} \cdot d_{тешк}^{0,75f-1,95} \qquad (7.104)$$

бу ерда, G – газнинг ҳажмий сарфи, м³/(м²·с); L – пуркаш зичлиги, м³/(м²·с), H – контакт труба узунлиги, м. $d_{тешк}$ – тешик диаметри, м; f – контакт труба кўндаланг кесим юзаси , % (колонна кесимига нисбатан).

Вентури абсорберининг тўлик гидравлик каршилиги ташкил этувчиларнинг йиғиндиси сифатида аниклаш мақсадга мувофик [137]:

$$\Delta P = \Delta P_{тр} + \Delta P_{уск} + \Delta P_к \qquad (7.105)$$

$\Delta P_{уск}$ нинг киймати труба ўлчамига боғлиқ бўлмагани учун ва умумий гидравлик каршилик ΔP нинг бир неча ўндан бир улушига тенг бўлгани учун ҳисоблашларда инобатга олмаса ҳам бўлади.

Вентури трубаси учун газ-суюклик окимининг кўтарилиши ҳисобига босимнинг йўкотилиши $\Delta P_к$ умумий каршилик ΔP нинг 1...2% ни ташкил этади ва ушбу формула ёрдамида аникланади [104]:

$$\Delta P_к = (1 + \frac{L}{G}) \cdot \rho_г \cdot g \cdot H \qquad (7.106)$$

бу ерда, H – труба баландлиги, м.

(7.106) формулани инобатга олган ҳолда Вентури трубаси учун босимнинг умумий йўкотилиши ушбу формулада ҳисобланади:

$$\Delta P = (a + b \cdot d_г) \cdot (\frac{L}{G})^{p+nd_г} + (1 + \frac{L}{G}) \cdot \rho_г \cdot g \cdot H \qquad (7.107)$$

бу ерда, a, b, p, n – ўзгармас коэффициентлар, $d_г$ – Вентури трубасининг энг тор жойи диаметри, м.

Худди шу усулда, трубадаги ишқаланиш туфайли босимнинг йўқотилиши $\Delta P_{йўқ}$ ни аниқлаш мумкин [104]:

$$\Delta P_{йўқ} = \Delta P - \Delta P_{тез} \qquad (7.108)$$

Вентури трубасида (пуркагичсиз) $\Delta P_{тез}$ аниқлаш учун ушбу формулалар таклиф этилади:

$$\Delta P_{йўқ} = 465 \cdot w_г^{1,11} \cdot d_г^{0,4} \cdot (\frac{L}{G})^{0,65 d_г^{0,36}} \qquad (7.109)$$

$$\Delta P_{йўқ} = (840 \cdot d_г^{1,74} - 0,6) \cdot w_г^{0,54 d_г^{-0,33}} \cdot (\frac{L}{G})^{\frac{d_г}{1,73 d_г - 0,0107}} \qquad (7.110)$$

Айрим олимлар босимнинг бир қисми суюкликни пуркаш ($h_{дисп}$) учун сарфланади деб ҳисоблашади ва пуркагичсиз Вентури труба учун умумий каршиликни ушбу тенгликдан топишни тавсия этади [104]:

$$\Delta P = \frac{\xi \cdot (\gamma + l) \cdot w_г^2}{2 \cdot g} + (\gamma + l) \cdot h + h_{дисп} \qquad (7.111)$$

бу ерда, γ – газнинг солиштирма сарфи, кг/м^3; l – суюкликнинг солиштирма сарфи, кг/м^3; $w_г$ – энг тор жойдаги газ тезлиги, м/с.

(7.111) тенгламадаги $h_{дисп}$ ни ҳисоблаш учун қуйидаги формула тавсия қилинади:

$$h_{дисп} = 1,8 \cdot w_г^{1,08 l^{0,63}} \qquad (7.112)$$

Вентури трубали инжекцион тарелканинг умумий гидравлик қаршилигини ҳисоблаш учун ушбу формула қўлланилади [104]:

$$\Delta P = \frac{\xi_{ор} \cdot w^2 \cdot \rho_г}{2 \cdot g} \qquad (7.113)$$

бу ерда, $\xi_{ор}$ – суюклик билан пуркалаётган тарелка гидравлик коэффициенти.

$$\xi_{ор} = 3,3 \cdot \left[\frac{Q_ж \cdot \rho_г}{Q_г \cdot \rho_ж}\right]^{0,46}$$

бу ерда, $Q_ж, Q_г$ – контакт патрубкадаги суюклик ва газ сарфлари, м^3/с.

Газ ва суюқлик фазаларининг сарфига ҳамда сопло диаметрига қараб Вентури трубали инжекцион тарелканинг умумий гидравлик қаршилиги ушбу формуладан аниқланади:

$$\Delta P = 3720 \cdot L^2 \cdot d_c^{-4} \cdot (\frac{L}{G})^{-1,54} \qquad (7.114)$$

бу ерда, d_c – сопло диаметри, м; L, G – газ ва суюклик фазалар сарфлари, кг/ч.

Пурковчи-уринма тарелкаларнинг тўлик гидравлик қаршилиги қуйидагича топилади:

$$\Delta P = 0,416 \cdot 10^{-6} \cdot w_0 \cdot d^{-4} \cdot h^{-2,31} \cdot L^{0,38} \qquad (7.115)$$

бу ерда, w_0 – патрубкадаги тезлик, м/с; d –патрубка диаметри, м; h – патрубка баландлиги, м; L – пуркаш зичлиги, м^3/(м^2·с).

Газ фазасининг ҳақиқий тезлигини ушбу формуладан топилади [138]:

$$w_э = \frac{w_0 \cdot S}{S - \frac{q}{H}} \quad (7.116)$$

бу ерда, w_0 – патрубканинг тўла кўндаланг кесимига нисбатан тезлиги, м/с; S – патрубканинг тўла кўндаланг кесими, м^2; q – суюклик захираси, м^3; H – патрубка баландлиги, м.

$$\rho_{г-ж} = 9514 \cdot w^{-0,78} \cdot L^{0,92} \cdot H^{0,26} \quad (7.117)$$

$$\rho_{г-ж} = 0,023 \cdot L^{0,58} \cdot H^{0,24} \quad (7.118)$$

Кўпикли курилмаларинг гидравлик каршилиги ушбу формуладан аникланади:

$$\Delta P = \Delta P_{сух} + \Delta P_{сл} + \Delta P_{\sigma} + \Delta P_{к} \quad (7.119)$$

бу ерда, $\Delta P_{сл}$ – кўпик катламининг каршилиги; ΔP_{σ} – сиртий таранглкнн енгиш каршилиги; $\Delta P_{к}$ – курилма кобигининг каршилиги.

Панжара тешнкларннинг юзаси панжара S≥0,18 м^2/м^2 бўлганда $\Delta P_{сух}$ ни ҳисоблаш учун ушбу формуладан фойдаланиш мумкин [104]:

$$\Delta P_{сух} = \frac{\xi_P \cdot \rho_г \cdot w_г^2}{2 \cdot g \cdot S^2} \quad (7.120)$$

бу ерда ξ_P – курук панжаранинг маҳаллий каршилик коэффициенти.

Кўпикли газ-суюклик катламининг гидравлик қаршилиги $\Delta P_{сл}$ куйидаги формула оркали аниқланиши мумкин:

– майда тешикли панжара учун

$$\Delta P_{сл} = 4,38 \cdot H_{п} \cdot \rho_{ж} \cdot w_г^{-0,15} \quad (7.121)$$

– трубали панжара учун

$$\Delta P_{сл} = 4,10 \cdot H_{П} \cdot \rho_{ж} \cdot w_г^{-0,5} \quad (7.122)$$

– йирик тешикли панжара учун

$$\Delta P_{сл} = 3,97 \cdot H_{П} \cdot \rho_{ж} \cdot w_г^{-0,5} \quad (7.123)$$

Сиртий таранглик кучларини енгиш учун сарфланадиган босим йўқотилишларини ҳисоблаш учун ушбу формула тавсия этилади [140]:

– тешикли панжара учун

$$\Delta P_{\sigma} = \frac{4\sigma}{d_0} \quad (7.124)$$

– трубали панжара учун

$$\Delta P_{\sigma} = \frac{2 \cdot \sigma}{b_{т}} \quad (7.125)$$

бу ерда, $b_{т}$ – тиркиш эни.

Одатда, каршилик ΔP_{σ} нинг киймати унча катта эмас.

Курилма кобиғининг каршилиги:

$$\Delta P_{к} = \frac{\xi_к \cdot w_г^2 \cdot \rho_г}{2} \quad (7.126)$$

бу ерда, $\xi_к$ – курилманинг маҳаллий каршилик коэффициенти (контакт погонасиз).

Қарама-карши йўналишли пуркалувчи курилмаларнинг катта тешикли панжараларининг S≥0,18 м^2/м^2 бўлганда умумий гидравлик қаршилиги ΔP ни ушбу формула ёрдамида ҳисоблаш мумкин [9]:

$$\Delta P = \frac{\xi_P \cdot \rho_г \cdot w_г^2}{2 \cdot g \cdot S^2} + 3,97 \cdot H_{П} \cdot \rho_{ж} \cdot w_г^{-0,5} + \frac{\xi_к \cdot w_г^2 \cdot \rho_г}{2} \quad (7.127)$$

Абсорбцион курилмаларининг гидравлик қаршилигига караб нафақат энергия сарфи бўйича фикр юритса бўлади, балки жараённинг интенсивлигини ҳам аниқлаш мумкин,

чунки қурилманинг асосий йўқотилишлари газ ва суюқлик фазалари ўртасидаги контакт юзасини шакллантиришга сарфланади. Масалан, саноат миқёсидаги кўпикли қурилмаларда $\Delta P_{сух}$ нинг қиймати 100 дан 200 Па гача, $\Delta P_{св}$ ники эса 200 дан 1500 Па гача.

7.13. Абсорберларни ҳисоблаш

Абсорберларни ҳисоблашда қуйидаги параметрлар аниқланади: абсорбент сарфи, қурилманинг диаметри, баландлиги ва гидравлик каршилиги. Бунинг учун эса қуйидаги параметрлар маълум ёки берилган бўлиши керак: газ сарфи, газ аралашманинг таркиби, бошланғич ва охирги концентрациялари, абсорбентдаги газнинг бошланғич концентрацияси.

Абсорбентнинг сарфи моддий баланс тенгламаси (7.7) дан топилади.

Абсорбернинг гидравлик каршилиги қурилманинг конструкцияси ва унинг гидродинамик режимига боғлик. Одатда гидравлик каршилик газнинг оптимал тезлиги бўйича ҳисобланади, у эса ўз навбатида техник-иқтисодий ҳисоблашлар асосида аниқланади.

Абсорбер диаметри газнинг чизикли тезлигига биноан (7.61) тенгламадан ҳисобланади.

Абсорбер баландлиги эса, масса ўтказишнинг модификациялашган тенгламаси (7.65) дан топиш мумкин.

Юпка қатламли ва насадкали абсорберларни ҳисоблаш схемалари бир хилдир.

Юпка қатламли абсорберларни ҳисоблашда гидравлик каршилик Дарси - Вейсбах тенгламасидан аниқланади:

$$\Delta p = \lambda \frac{H}{d_э} \frac{\rho w_н^2}{2}$$

бу ерда, λ – гидравлик каршилик коэффициенти; H – юпка қатлам оқиб тушаётган юзанинг баландлиги, м; $d_э$ – газ ҳаракатланаётган каналнинг эквивалент диаметри, м; $w_н = w + w_{ур}$ – газнинг нисбий тезлиги, м/с; $w_{ур}$ – юпка қатлам ҳаракатининг ўртача тезлиги, м/с; ρ – газ зичлиги, кг/м^3.

Юпка қатлам ҳаракатининг ўртача тезлиги $w_{ур}$ (7.86) тенгламадан аниқланади.

Гидравлик каршилик коэффициенти, газ ва юпка қатламлар, Рейнольдс критерийининг қийматларига боғлик. Суюқлик юпка қатламининг ҳаракат режимини аниқловчи Рейнольдс критерийси (7.88а) тенгламадан топилади.

Трубали абсорберлар диаметри газнинг сарфи ва тезлиги оркали (труба ички диаметрини маълум қийматига тенг деб қабул қилинади) аниқлаш мумкин.

Трубалар сони эса:

$$n = \frac{G}{0{,}785 w d^2 \rho_Г} \qquad (7.128)$$

бу ерда, G – газнинг массавий сарфи, кг/с.

Трубалар сони маълум бўлса, улар орасидаги масофа $t = (1{,}25...1{,}5) \cdot d_т$ ва трубанинг қалинлиги δ ни аниқлаб, абсорбернинг диаметри секундли сарф тенгламасидан аниқланади.

Трубалар баландлиги ҳамма трубаларнинг ички юзалари оркали аниқланади:

$$H = \frac{F_т}{n \cdot \pi \cdot d_{вн}} \qquad (7.129)$$

бу ерда $F_т = n \pi d_{вн} \cdot H$.

Модификациялашган масса ўтказиш тенгламаси (7.63) ни ҳисобга олсак:

$$H = \frac{\mu}{n \pi d_{вн} \cdot K_{ух} \cdot \Delta y_{ур}}$$

Газ фазасидаги масса бериш коэффициентини ҳисоблаш учун қуйидаги критериал тенглама таклиф этилади:

$$Nu_{ДГ} = 0{,}023 \cdot \mathrm{Re}_Г^{0{,}83} \cdot \mathrm{Pr}_{ДГ}^{0{,}43} \qquad (7.130)$$

бу ерда, $Re_Г$ – газ оқими учун Рейнольдс критерийси; $Pr_{ДГ}$ – газ учун Прандтл критерийси.

Ушбу тенгламада аниқловчи ўлчам сифатида газ оқими ҳаракатланаётган каналнинг эквивалент диаметри қўлланилади.

Суюк фазасидаги масса бериш коэффициентини ушбу тенглама ёрдамида ҳисоблаш мумкин: *суюқлик*

$$Nu_{ДС} = 0{,}069\,\mathrm{Re}_c^{0{,}33} \cdot \mathrm{Pr}_{ДС}^{0{,}3} \cdot Ga^{0{,}167} \left(\frac{h}{d_э}\right)^{-0{,}5} \qquad (7.131)$$

бу ерда, Re_c – суюқлик юпка катлами учун Рейнольда: критерийси; Pr_c – суюқлик учун Прандтл критерийси; Ga – Галилей критерийси; h – қурилма ишчи қисмининг баландлиги, м; $d_э$ – юпка катламнинг эквивалент диаметри, м.

Re_c ни ҳисоблашда суюқлик юпка катламининг окиб тушиш тезлиги ишлатилади.

Насадкали абсорберларни хисоблашда курук насадкадаги напорнинг йўқотилиши ушбу тенгламадан аникланади:

$$\Delta p = \lambda \frac{H}{d_э} \frac{\rho_Г w^2 г}{2}$$

Маълумки, напорнинг йўқотилиши насадка характери, газ тезлиги ва намланиш зичлигига боғлик.

Ҳўлланган насадка каршилигини проф. А.Н.Плановский томонидан таклиф этилган формула ёрдамида ҳисоблаш мумкин:

$$\Delta p = \Delta p_к \left[1 + 8{,}4 \cdot \left(\frac{L}{G}\right)^{0{,}4} \cdot \left(\frac{\rho_Г}{\rho_c}\right)^{0{,}23}\right] \qquad (7.132)$$

бу ерда, $\Delta p_к$ – курук насадка гидравлик каршилиги.

Абсорбер диаметри эса куйидаги формуладан топилади:

$$D = \sqrt{\frac{G}{3600 \pi \rho_Г \cdot w}}$$

бу ерда, G – газ сарфи, кг/соат; ρ – газ зичлиги, кг/м^3; w – колонна бўш кўндаланг кесимидаги тезлик, м/с. Газ тезлиги (7.92) тенгламадан ҳисоблаб топилади.

Абсорбер баландлигини модификацнялашган масса ўтказиш тенгламаси (7.65) дан аниклаш мумкин.

Газ фазасидаги масса бериш коэффициентини ҳисоблаш учун куйидаги критериал тенгламани қўллаш мумкин:

$$Nu_{ДГ} = 0{,}407\,\mathrm{Re}_Г^{0{,}655}\,\mathrm{Pr}_{ДГ}^{0{,}33} \left(\frac{h}{d_{эк}}\right)^{-0{,}47}$$

Ушбу тенгламада аникловчи ўлчам сифатида насадканинг эквивалент диаметри $d_{эк}$ хизмат килади. $Re_Г$ критерийсига насадка бўш каналларидаги газнинг тезлиги қўйилади.

Суюк фазадаги масса бериш коэффициентини ҳисоблаш ушбу формулани қўллаш мумкин:

$$Nu_{ДС} = 0{,}00216\,\mathrm{Re}_c^{0{,}77} \cdot \mathrm{Pr}_{ДС}^{0{,}5} \qquad (7.133)$$

Формуладаги $Nu_{ДС}$ – юпка катлам келтирилган калинлигида ҳисобланган:

$$\delta_{кел} = \left(\frac{\mu_c^2}{g\rho_c^2}\right)^{0{,}33} \qquad (7.134)$$

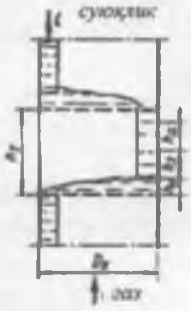
Тарелкали абсорберларни ҳисоблашда курилманинг гидравлик каршилиги, диаметри, баландлиги ва тарелкалар сони аникланади.

Тарелка тури танлангандан сўнг, буғ ёки газнинг рухсат этилган энг катта тезлиги аникланади. Бунинг учун Киршбаум томонидан таклиф этилган формуладан фойдаланнш мумкин:

$$w_к = 0{,}05 \sqrt{\frac{\rho_c}{\rho_Г}} \qquad (7.135)$$

Колонна бўш кўндаланг кесимидаги газнинг тезлиги $(0{,}8...0{,}9) \cdot w_к$ га тенг деб кабул килинади. Замонавий курилмаларда тарелкалар орасидаги масофа иложи борича кам бўлиши

керак. Тарелкалар орасида керакли гидравлик тамба ҳосил қилувчи минимал масофа ушбу ифодадан топилади (7.46-расм).



7.46-расм. Тарелкалар орасидаги минимал масофани ҳисоблашга оид.

$$h_T \geq h_Д + h_3 + h_0 \qquad (7.136)$$

бу ерда, $h_Д$ – суюқлик тезлигини ҳосил қилиш учун қўйилиш патрубкасидаги суюқлик устунининг баландлиги, м², h_3 – гидравлик тамба ҳосил қилиш учун қўйилиш патрубкасидаги суюқлик устунининг баландлиги, м, h_0 – тарелкадан қўйилиш патрубкасининг пастки учигача бўлган масофа, м.

Қўйилиши патрубкасидаги суюқлик устунининг баландлиги:

$$h_Д = \frac{w^2}{2g}\left(1 + \xi_1 + \xi_2\right) \qquad (7.137)$$

бу ерда, w – қўйилиш патрубкасидаги суюқлик тезлиги, одатда 0,02...0,06 м/с оралиқда бўлади, ξ_1 – патрубкадан чиқишдаги қаршилик коэффициенти, ξ_2 – қўйилиш патрубкасининг қаршилигини ифодаловчи коэффициент.

Ушбу коэффициентни қуйидаги формуладан топиш мумкин:

$$\xi_2 = \lambda \frac{l_к}{d_к}$$

бу ерда, λ – гидравлик қаршилик коэффициенти, $L_к$ – қўйилиш патрубкаси ишчи узунлиги, $(h_Д + h_3)$ м, $d_к$ – қўйилиш патрубкаси диаметри, м.

Суюқлик устунининг баландлиги h_3 тарелкалар орасидаги босимни тенглаштириб туради. Элаксимон тарелканинг гидравлик қаршилиги (Па) қуйидаги тенгламадан аниқланиши мумкин:

$$\Delta p = \Delta p_к + \Delta p_σ + \Delta p_c \qquad (7.138)$$

бу ерда, $\Delta p_к$ – курук тарелка қаршилиги, $\Delta p_σ$ – сиртий таранглик кучларини енгиш учун зарур босимлар фарқи, Δp_c – тарелкадаги суюқлик устунининг қаршилиги.

$\Delta p_σ$ суюқликнинг сиртий таранглик катталигига караб аниқланади:

$$\Delta p_σ = \frac{4\sigma}{d_0} \qquad (7.139)$$

бу ерда, σ – фазалар чегарасидаги сиртий таранглик, Н/м, d_0 – тарелка тешигининг диаметри, м.

Курук тарелка $\Delta p_к$ ва ундаги суюқлик устунининг қаршилиги Δp_c лар проф. А.Н.Плановский тавсия этган формулалардан ҳисоблаб топилиши мумкин:

$$\Delta p_к = 1{,}83 \frac{w_0^2 \cdot \rho_Г}{2} \qquad (7.140)$$

$$\Delta p_c = 1{,}3\, k\, h + \sqrt[3]{k \cdot \Delta h} \qquad (7.141)$$

бу ерда, w_0 – тарелка тешикларидаги газ оқимининг тезлиги, м/с; k=0,5 – тарелкадаги кўпик зичлигининг суюқлик зичлигига нисбати; h – қўйилиш остонаси баландлиги, м, Δh – остона атрофидаги барботаж бўлмаган суюқлик баландлиги, м;

$$\Delta h = \sqrt{\left(\frac{4}{\varphi b}\right)^2} \qquad (7.142)$$

бу ерда, L – суюқлик массавий сарфи, кг/соат; φ – қўйилиш тўсиғидан ўтаётган суюқликнинг сарф коэффициенти (φ=6400...10000); b – қўйилиш тўсиғининг эни, м.

Қалпоқчали тарелканинг гидравлик қаршилиги ушбу тенгликдан аниқланади:

$$\Delta p = \Delta p_к + \Delta p_{кор} + \Delta p_c \qquad (7.143)$$

бу ерда, $\Delta p_к$ – қалпоқчали тарелкадан газ оқими ўтишидаги босимнинг йўқотилиши, Па; $\Delta p_{кор}$ – қалпоқчали тарелка тирқишидан газ ўтиши пайтидаги босимнинг йўқотилиши, Па; Δp_c – тарелкадаги суюқлик устунининг қаршилиги, Па.

Қалпоқчали тарелканинг гидравлик каршилиги $\Delta p_к$ ни, маҳаллий каршиликларни енгиш пайтидаги босимлар йўқотилишларнинг йиғиндиси оркали топиш мумкин. Одатда калпоқчанинг ҳамма кўндаланг кесимларида газ окими тезликлари тенг бўлса, гидравлик каршилик минимал бўлади:

$$\frac{\pi d_п^2}{4} = \pi d_п \cdot h_к = \frac{\pi}{4}\cdot\left(d_к^2 - d_п^2\right) \qquad (7.144)$$

бу ерда, $d_п$ – патрубка диаметри, м; $d_к$ – калпоқча диаметри, м; $h_к$ – калпоқча ва патрубка орасидаги масофа, м.

Диаметри 40...60 мм ва буғ патрубкаларининг кесим юзалари колонна кўндаланг кесим юзасига нисбати 0,1...0,15 бўлган калпоқчалар энг яхши гидродинамик характеристикаларга эга.

Қалпоқчанинг каршилиги ушбу формуладан топилиши мумкин:

$$\Delta p_к = \sum\xi \cdot \left(\frac{w^2 \rho_Г}{2}\right)$$

бу ерда, w – патрубкадаги газ тезлиги, м/с; $\sum\xi$ – ҳамма каршиликлар йиғиндиси.

Қалпоқча тиркишларининг каршилиги эса:

$$\Delta p_{тир} = \xi_{тир}\left(\frac{w_{тир}^2 \cdot \rho_Г}{2}\right) + \Delta p_\sigma$$

бу ерда, $\xi_{тир}$=1,5 – тиркишдан газ ўтишидаги маҳаллий каршилик коэффициенти; $w_{тир}$ – тиркишдаги газ тезлиги, м/с; Δp_σ – сиртий таранглик кучлари туфайли ҳосил бўлган каршилик.

Ушбу ҳолатда:

$$\Delta p_\sigma = \frac{4\sigma}{d_Г}$$

бу ерда, $d_г$ – тиркиш очик тешигининг гидравлик диаметри, м.

Суюклик устунининг каршилиги (5.102) формуладан ҳисоблаб топиш ҳам мумкин.

Абсорбер даиаметри (5.62) тенгламадан ҳисобланади.

Агар тарелкалар сони n ва улар орасидаги масофа $h_т$ маълум бўлса, абсорберлар баландлиги ушбу формуладан топилади:

$$H = h_Г n + h_в \qquad (7.145)$$

бу ерда, $h_в$ – энг юкори тарелка ва абсорбер копқоғи орасидаги масофа, м.

Масса ўтказиш коэффициентлари (5.82), (5.83) формулалардан аниқланади.

Тарелкали абсорберларда газ фазасида масса бериш коэффициенти проф. Г.П.Саламаха томонидан келтириб чикарилган тенглама оркали ҳисоблаб топилиши мумкин:

калпоқчали тарелкалар учун:

$$Nu_{Дг} = 0{,}265 \cdot \mathrm{Re}_г \cdot \mathrm{Pr}_{Дг}^{0{,}5} \cdot We^{-0{,}32} \qquad (7.146)$$

қуйилиш мосламали элаксимон тарелкалар учун:

$$Nu_{Дг} = 2{,}5 \cdot \mathrm{Re}_г^{0{,}72} \cdot \mathrm{Pr}_{Дг}^{0{,}5} \cdot We^{-0{,}25} \qquad (7.147)$$

пластинали ва элаксимон тарелкалар учун:

$$Nu_{Дг} = 1{,}53 \cdot \mathrm{Re}_г^{0{,}72} \cdot \mathrm{Pr}_{Дг}^{0{,}5} \cdot We^{-0{,}25} \qquad (7.148)$$

бу ерда, $We = \sigma / g\rho_с h_{ст}^2$ – Вебер критерийси. Бу ерда σ – сиртий таранглик, Н/м; $\rho_с$ – суюклик зичлиги, кг/м^3; $h_{ст}$ – тарелкадаги статик суюклик катламининг баландлиги, м.

$Nu_{Дг}$ ва Re критерийларида чизикли ўлчам бўлиб капилляр константа χ ҳисобланади ва $\chi = \sqrt{(\sigma/\rho_с \cdot g)}$ ифода оркали аниқланади. Суюк фазадаги масса бериш коэффициентини ҳисоблаш учун ушбу формуладан фойдаланиш тавсия этилади:

$$Nu_{Д_э} = 540 \cdot \mathrm{Re}_c^{0,33} \cdot \mathrm{Pr}_{Дк}^{0,45} \qquad (7.149)$$

Тенгламадаги ***Re*** критерийсини ҳисоблашда ***w*** параметр ўрнига колонна бўш кўндаланг кесимидаги газнинг тезлиги қўйилади.

7.13.1. Насадкали абсорбер ҳисоби

Ҳаво таркибидаги SO_2 сув ёрдамида ажратиб олиш учун насадкали абсорбер ҳисоблансин .

Бошланғич маълумотлар:

1. Нормал шароитда газ бўйича унумдорлик - V_0=4 м^3/с.
2. Нормал шароитда газдаги SO_2 нинг концентрацияси:
   - абсорберга киришда - $y_н$ = 8%;
   - абсорбердан чиқишда - $y_к$ = 0,4%.
3. Абсорбент ортиқчалиги - 20%,
   демак,
$$c = \frac{100+20}{100} = 1,2$$
4. Абсорбция жараёни босими - $П$ = 1013 кПа.
5. Абсорбция жараёни температураси - t = 25°С.
6. Ютувчи мой таркиби таркибидаги SO_2 миқдори - $x_н$=0%.
7. Кокс насадканинг диаметри - D= 25мм.

Аниқлаш керак:

1. Ютилаётган газ миқдорини – G_{SO_2}, кг/ с.
2. Абсорбент сарфини – L, кг/ с.
3. Абсорбер диаметрини – $D_к$, м.
4. Колонна баландлигини – $H_к$, м.
5. Гидравлик каршиликни – Δp, кПа.
6. Қурилма асосий деталларнинг механик ҳисоби.

1. Ютилаётган SO_2 газининг миқдорини аниқлаш

Ютилаётган SO_2 газининг миқдорини қуйидаги формуладан топилади:

$$G_{SO_2} = (V \cdot y_H \cdot M_{SO_2} \cdot \alpha) / 22,4 \ кг/с$$

бу ерда, $y_н$ –газ аралашмадаги SO_2 нинг концентрацияси, моль улушларда, кмоль SO_2/ кмоль аралашма; M_{SO_2} –SO_2 молекуляр масса, кг/кмоль ; α – SO_2 ни ажратиш коэффициенти; 22,4 – 1 кмоль газ эгаллаган ҳажм, м^3.

Газ аралашмасидаги SO_2 нинг бошланғич концентрацияси ушбу формуладан аниқланади:

$$Y_H = (y / M_{SO_2}) / M_{SO_2} + (100 - y) / M_{ҳаво}, \ кмоль SO_2 / кмоль аралашма$$

бу ерда, $Y_н$=8% – SO_2 нинг аралашмадаги бошланғич концентрацияси; молекуляр масса SO_2 – $M_{SO_2} = 64 кг/кмоль$ – ва ҳавонинг молекуляр массаси – $M_{ҳаво} = 29 кг/кмоль$ [130]

$$Y_H = (8/64)/(8/64 + (100-6)/29) = 0,038 кмоль \ SO_2 / кмоль \text{ арал.}$$

SO_2 ни ажратиб олиш коэффициенти ушбу формуладан топилади:

$$\alpha = (Y_H - Y_K) / Y_H = \frac{8 - 0,4}{8} = 0,95$$

Унда, ютилаётган SO_2 нинг миқдори қуйидаги формуладан аниқланади:

$$G_{SO_2} = (4 \cdot 0,038 \cdot 64 \cdot 0,95) / 22,4 = 0,41 \ кг/с$$

2. Абсорбент сарфини аниқлаш

Абсорбент сарфи ушбу формуладан топилади:

$$L = G_{SO_2}\varepsilon/(X_K - X_H), кг/с$$

бу ерда, $X_н$, $X_н^*$ – абсорбентдаги SO_2 нинг бошлангич ва охирги концентрациялари, нисбий массавий бирликларда ифодаланган, кг·SO_2/кг·H_2O.

Газ аралашмасидаги SO_2 нинг охирги концентрацияси ушбу формуладан топилади:

$$X_K^* = (M_{SO_2}x_K^*),/M_{H_2O}(1-x_K^*), кгSO_2/кгH_2O$$

бу ерда, $x_н^*$ – газ фазадаги SO_2 нинг бошлангич концентрацияси билан мувозанатда бўлган абсорбентдаги SO_2 нинг моль миқдори, кмольSO_2/кмоль(SO_2+H_2O).

$x_к^*$ ни ушбу ифодадан аниқлаш мумкин:

$$X_K^* = y_H\Pi/K, \text{ кмоль/кмоль}(SO_2 + H_2O)$$

бу ерда, К – сувли эритмалар учун Генри коэффициенти [128]. Температура t = 25°С да SO_2 нинг сувли эритмалари учун Генри коэффициенти К = 4093 кПа, П = 1013 кПа –абсорбция босими.

Аввал, адсорбентдаги SO_2 нинг мувозанат моль улушинн ушбу формуладан аниқлаймиз:

$$X_K^* = 0.038\cdot1013/4093 = 0.0094 \text{ кмоль } SO_2/\text{кмоль}(SO_2 + H_2O).$$

Сўнг, адсорбентдаги SO_2 нинг охирги мувозанат концентрациясини ушбу формуладан аниқлаймиз:

$$X_к^* = (64\cdot0{,}0094)/18\cdot(1-0.0094)кгSO_2/кгH_2O.$$

Ниҳоят, адсорбент сарфини қуйидаги тенгламадан топамиз:

$$L = (G_{SO_2}\varepsilon)/(X_к^* - X_H) = 0.41\cdot1{,}2/(2{,}46\cdot10-3) = 14{,}47\ кг/с$$

Адсорбент таркибидаги SO_2 нинг ҳакикий концентрацияси ушбу формуладан топилади:

$$X_K = G_{SO_2}/L.$$

Унда, абсорбердан чикаётган адсорбент таркибидаги SO_2 нинг концентрацияси қуйидагига тенг бўлади:

$$X_K = 0{,}41.14{,}47 = 0{,}028\ кгSO_2/кгH_2O.$$

3. Абсорбер диаметрини аниқлаш

Насадка материали ва турини танлаймиз [128]. Насадка сифатида нотўғри шаклли, бўлак ҳолатидаги коксни танлаймиз. Кокс ҳалкалари арзон ва тузилиши содда бўлгани учун жуда кўп ишлатилади.

Насадка тури - кокс донасимон;
Солиштирма юза - σ=120 м^2/м^3;
Бўш ҳажм - $V_{св}$=0,532 м^3/м^3;
Тўкма зичлиги - $G_{нас}$=600 кг/м^3;

Эквивалент диаметр куйидагига тенг:

$$d_э = 4V_{св}/\sigma = 4\cdot0{,}532/120 = 0{,}0177\ м$$

Абсорбер ҳисоби оптимал гидродинамик режим учун бажарилади. Абсорбердаги ишчи тезлик куйидаги тенгламадан фойдаланиб аниқлаш мумкин.

$$\mathrm{Re}_y' = 0{,}045\cdot Ar^{0.57}\cdot(G_yL)^{0.43}$$

Газнинг тезлиги ушбу формуладан топилади:

$$w = (\mathrm{Re}_y'\mu_y)/(d_э\rho_y),$$

бу ерда, $\mu_г$ –газ аралашмасининг ковушкоклик коэффициенти, Па с.

Ишчи тезликни аниқлашнинг бошқа усули ҳам мавжуд ва ушбу кўринишга эга [128, 292-бет]:

$$w = (0,6 - 0,85) \cdot w_0$$

Эмульгацион режим ҳосил бўлишига тўғри келадиган тезлик w_0 (колонна тўлиқ кўндаланг кесимига ҳисобланганда), қуйидаги тенгламадан топилади [128, 292-бет]:

$$\lg[w_0^2 \sigma \rho_y \mu_x^{0.16} / g V_{cv}^3 (\rho_x - \rho_y)] = 0.022 - 1.75 \cdot (L/G)^{0.25} \cdot (\rho_y / \rho_x - \rho_y))^{0.125}$$

бу ерда, ρ_y – ишчи шароитда газ фазасининг ўртача зичлиги, кг/м^3; μ_x – сувнинг қовушқоқлиги, мПа·с; ρ_x – ишчи шароитда сувнинг ўртача зичлиги, кг/м^3; L – абсорбент зичлиги, кг/с; G_y – газ сарфи, кг/с.

Газ аралашмасининг ўртача зичлиги ушбу формуладан топилади:

$$\rho_y = \rho_{ap}^{xp} \cdot T_0 П / (T \cdot П_0),$$

бу ерда, $\rho^{xp}_{см}$ – ишчи шароитда газ аралашмасининг ўртача зичлиги, кг/м^3; T_0 = 0°С = 273 К; T – температура, К; $П_0$ = 760 мм сим. уст. = 101300 Па.

Газ аралашмасида SO_2 нинг моль улушлардаги охирги концентрацияси ушбу формуладан топилади:

$$У_к = (y_к / M_{SO_2} + (100 - y_к) / M_{возд}, \text{ кмоль } SO_2/\text{кмоль арал.}$$

бу ерда $y_к$=6% (масс.) –аралашмадаги SO_2 нинг охирги концентрацияси .

$$y_к = (0,4/6,4)/(0,4/64 + 99,6/29) = 0,0018 \text{ кмоль } SO_2/\text{кмоль арал.}$$

Колоннанинг юқори ва пастки қисмларидаги SO_2 нинг концентрацияси ушбу формуладан аниқланади:

$$y^н_{SO_2} = 0,038; \qquad y^в_{SO_2} = y_к$$

SO_2 нинг ўртача концентрацияси қуйидаги формула орқали топилади:

$$y^{xp}_{SO_2} = \frac{y^н_{SO_2} + y^в_{SO_2}}{2} = \frac{0,038 + 0,0018}{2} = 0,0199;$$

Ҳавонинг ўртача концентрацияси:

$$y^{xp}_x = 1 - y^{xp}_{SO_2}$$

$$y^{xp}_{возд} = 1 - 1 - 0,0199 = 0,9801$$

Газ аралашмасининг ўртача зичлиги ушбу формуладан топилади:

$$\rho^{ср}_{см} = \rho^{ср}_{SO_2} y^{ср}_{SO_2} + \rho_{возд} = (M_{SO_2}/22,4) y^{ср}_{SO_2} + M_{возд}/22,4 y^{ср}_{возд} \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho^{ср}_{см} = 64/22,4 \cdot 0,0199 + 29/22,4 \cdot 0,9801 = 1,32 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_y = \rho^{ср}_{см} (T_0 П)/(T П_0) = 1,32 \cdot (273 \cdot 10^5)/(298 \cdot 10^5) = 1,18 \text{ кг/м}^3$$

Газ аралашмасининг ўртача молекуляр массаси ушбу формуладан аниқланади:

$$M_{см} = M_{SO_2} y^{ср}_{SO_2} + M_{возд} y^{ср}_{возд} \text{ кг/кмоль};$$

$$M_{см} = 64 \cdot 0,0199 + 29 \cdot 0,9801 = 29,69 \text{ кг/кмоль}$$

Газнинг сарфи қуйидаги формуладан топилади:

$$G_y = V M_{см} / 22,4;$$

$$G_y = 4 \cdot 29,69/22,4 = 5,3 \text{ кг/с}$$

Газ аралашмасининг қовушқоқлик коэффициенти ушбу формуладан аниқланади:

$$\mu_{см} = M_{см} / ((M_{SO_2}/\mu_{SO_2}) y^{ср}_{SO_2} + (M_{возд}/\mu_{возд}) y^{ср}_{возд}),$$

бу ерда μ_{SO_2} = 0,012·10^{-3} Па·с; $\mu_{возд}$ = 0,18·10^{-3} Па·с; – SO_2 ва ҳавонинг динамик қовушқоқлик коэффициентлари, t = 25°С температурада [128, 556–557 бет].

Ҳамма кўрсаткичларни ўрнига қўйиб қуйидагини оламиз:

$$\lg[w_0 \cdot 120 \cdot 1,18 \cdot 0,8016)/1.18 \cdot 0.5323 \cdot (1000 - 1.18)] =$$

$$= [0.022 - 1.75 \cdot (14.47/5.3) \cdot 0.25 \cdot (1.18/(1000 - 1.18) \cdot 0.125)],$$

бундан w_0 = 11,11 м/с.

Унда, ишчи тезлик қуйидагига тенг бўлади

$$w=0,8\cdot 11,11=8,88\ м/с$$

Аралашманинг сарфи қуйидаги формуладан топилади:

$$V=V((П_0T)/ПT_0);$$

бу ерда $П_0$ = 101300 $Па$, T_0 = 273 K.

$$V=\frac{4\cdot 101300\cdot 298}{101300\cdot 273}=4,37\ м^3/с$$

Абсорбер диаметри ушбу формуладан топилади:

$$D_к=4\cdot V/\pi\cdot w=4\cdot 4.37/3,14\cdot 8,88=0,79\ м$$

$$V=V((П_0T)/ПT_0);$$

Каталогдан $D_к$=800 мм ли стандарт колоннани танлаймиз [70]:

Газ окимининг ҳақикий тезлиги:

$$w_0=(D_к/D_к)2w;$$

$$w_0=(0,79/0,8)\cdot 2\cdot 8,88=17,54\ м/с$$

Суюкликни пуркаш зичлигини аниклаймиз [77]:

$$U=L/(\rho_ж\cdot 0,785\cdot D_к^2)=14,47/(1000\cdot 0,785\cdot 0,8^2)=$$

$$=0,0288\ м^3\cdot с=103,68\ м^3/м^3\cdot ч.$$

$U_{опт}=5м^3/м^2\cdot ч$[77,с.667]; U(=10368)>($U_{опт}$=5).

$U > U_{опт}$, бўлгани учун кокс насадкасини танлаймиз.

4. Колоннанинг пастки қисмида ҳаракатга келтирувчи кучни аниқлаш

Колоннанинг пастки қисмида ҳаракатга келтирувчи куч ушбу формуладан аниклаймиз:

$$\Delta P_H=P_н^{SO_2}-P_н^{*SO_2},$$

бу ерда, $P_H^{SO_2}$ – абсорберга киришдаги SO_2 нинг парциал босими, $P_H^{SO_2}$ - абсорбердан чиқаётган суюклик билан мувозанатдаги SO_2 газининг парциал босими

Абсорберга киришдаги SO_2 нинг парциал босими:

$$P_н^{SO_2}=Y_H\cdot П;$$

$$P_H^{SO_2}=0.038\cdot 1013=38494\ кПа.$$

Суюк фазада SO_2 нинг охирги концентрациясидаги моль улуши ушбу формуладан топилади:

$X_К=(X_К/M_{SO_2})/(X_К/M_{SO_2}+1/M_{H_2O})$, кмоль SO_2/кмоль(SO_2+H_2O);

$x_к$=(0,028/64)/(0,028/64+1/18)=0,0078125, кмоль SO_2/моль(SO_2+H_2O);

Абсорбердан чикишда суюклик билан мувозанатдаги SO_2 газининг парциал босими ушбу формуладан топилади:

$$P_н^{SO_2}=K\cdot x_К;$$

$$P_H^{SO_2}=4093\cdot 0,0078125=31,976\ кПа.$$

Колоннанинг пастки кисмидаги ҳаракатга келтирувчи куч қуйидаги формуладан топилади:

$$\Delta P_H=38,494-31,976=6,52\ кПа.$$

5. Колоннанинг юкори кисмидаги харакатга келтирувчи кучни аниклаш

Колоннанинг юкори кисмидаги ҳаракатга келтирувчи куч қуйидаги формуладан топилади:

$$\Delta P_a = P_a^{SO_2} - P_a^{*SO_2},$$

бу ерда, $P_a^{SO_2}$ – абсорбер тепасидан чиқаётган газдаги SO_2 нинг парциал босими; $P_a^{*SO_2}$ – сув билан мувозанатдаги газда SO_2 нинг парциал босими:

$$P_H^{SO_2} = y_a \Pi;$$

$$P_H^{SO_2} = 0{,}018 \cdot 1013 = 1{,}8234 \text{ кПа}.$$

Абсорберда тоза сув пуркалгани учун сув билан мувозанатдаги SO_2 нинг парциал босими нолга тенг $(P_a^{*SO_2} = 0)$; унда, колонна тепа қисмидаги абсорбция жараёнининг ҳаракатга келтирувчи куч қуйидаги формуладан топилади:

$$P_a = P_a^{SO_2} - P_a^{*SO_2} = 1{,}8234 - 0 = 1{,}8234 \text{ кПа}.$$

Ҳамма олинган маълумотлар ўз ўрнига қўйилгандан кейин абсорбция жараёнини ҳаракатга келтирувчи куч ушбу формуладан аниқлади:

$$\Delta P_{ср} = (\Delta P_a - \Delta P_a)/(2{,}3 \cdot \lg \Delta P_a / \Delta P_a) = (6{,}52 - 1{,}8234)/(2{,}3 \cdot \lg(6.52/1.8234)) = 3{,}7 \text{ кПа}$$

6. Масса ўтказиш коэффициентини аниқлаш

Масса ўтказиш коэффициенти $K_{\Delta P}$ адабиётда келтирилган формуладан аниқланади [130]. Тенгламадаги φ ушбу формула орқали топилади:

$$\varphi = KM_{H_2O} / \rho_{H_2O}$$

бу ерда, К – сувли эритмалар учун Генри коэффициенти [130, 539-бет] $t = 25°C$ да SO_2 нинг сувли эритмаси учун Генри коэффициенти $K = 4093$ кПа

Сувнинг молекуляр массаси ва зичлиги:

$$M_{H_2O} = 18 \text{ кг / кмоль}; \qquad \rho_{H_2O} = 1000 \text{ кг / м}^3$$

$$\varphi = 4093 \cdot 18 / 1000 = 73{,}673.$$

Газ фазаси томонидан масса бериш коэффициенти ушбу формуладан топилади:

$$\beta_y = \mathrm{Nu}' D_y \rho_y / (d_э P_{ин} M_{см}),$$

бу ерда, D_y – ҳавода SO_2 нинг диффузия коэффициенти; $\rho_y = 1{,}18$ кг/м^3 – газ фазасининг ўртача зичлиги; $d_э = 0{,}0177$ м – насадка эквивалент диаметри; $P_{ин}$ – газ аралашмасидаги инерт газ (ҳаво) нинг ўртача парциал босими, кПа; $M_{см}$ = газ аралашмасининг ўртача молекуляр массаси, кг/кмоль

Рейнольдс критерийси:

$$\mathrm{Re}_y = 4w\rho_y / \sigma\mu_y = 4 \cdot 8{,}88 \cdot 1{,}18 / (120 \cdot 0{,}017 \cdot 10^{-3}) = 159840$$

Диффузия коэффициенти ушбу формуладан топилади:

$$D_y = D_0 (\Pi_0 / \Pi)(T / T_0)^{3/2}, \text{ м}^2 / c$$

бу ерда, $D_0 = D_{SO_2} = 10{,}3 \cdot 10^{-6}$ м^2/с – ҳавода SO_2 газининг диффузия коэффициенти [130, 540-бет].

Экспериментал маълумотлар йўқлигида A газнинг B газдаги (ёки В газнинг А газдаги) молекуляр диффузия коэффициенти ушбу формулада ҳисобланиши мумкин [130, 288-бет]:

$$D_0 = D_{SO_2} = 10{,}3 \cdot 10^{-6}, \text{ м}^2 / c$$

бу ерда, T– температура, К, p – босим (абсолют), кг·к/см^2, V_A и V_B – А ва В газларнинг моль ҳажмлари [130, 288-бет]; M_A ва M_B – А ва В газларнинг моль массалари, кг/кмоль

Прандтл критерийси

$$\mathrm{Pr}' = \mu / \rho_y D_y = 0{,}017 \cdot 10^{-3} / 9{,}18 \cdot 11{,}71 \cdot 10^{-6} = 0{,}94$$

Нуссельт критерийси:

$$Nu' = 0.027 \cdot \mathrm{Re}_y^{0.8} (\mathrm{Pr}')^{0.33} = 0{,}027 \cdot 159840^{0.8} \cdot 0{,}94^{0.33} = 384{,}98$$

Инерт газнинг ўртача парциал босими ушбу формуладан аниқланади:

$$P_{ин} = \Pi - p_{SO_2} = \Pi - y_{SO_2}^{ш} \cdot \Pi = \Pi (1 - y_{SO_2}^{ш});$$

$$P_{ин} = 101{,}3 \cdot (1 - 0{,}0199) = 99{,}28 \text{ кПа}$$

Газ фазаси томонидан масса бериш коэффициенти ушбу формуладан топилади:

$$\beta_y = (384{,}98 \cdot 11{,}71 \cdot 10^{-6} \cdot 1{,}18)/(0{,}0177 \cdot 1010{,}48 \cdot 48 \cdot 29{,}53) =$$

$$= 78{,}35 \cdot 10^{-6}\ кмоль/м^2 \cdot с \cdot кПа.$$

Суюк фаза томонидан масса бериш коэффициенти ушбу формуладан аникланади:

$$\beta_x = (Nu_x D_x)/d_э\ кмоль/м^2 \cdot с \cdot кПа\ ,$$

бу ерда, Nu_x – суюк фаза учун Нусельт критерийси; D_x –диффузия SO_2 нинг сувдаги диффузия коэффициенти, м²/с; $d_э$ = 0,0177 м – насадка эквивалент диаметри.

SO_2 нинг сувдаги диффузия коэффициенти $D_x = D_{SO_2} \cdot b_{H,\rho} = 0.604 \cdot 10^{-9}\ м^2/с$ [130, 540-бет] ёки 20°С температурада тахминий формула ёрдамида ҳисобланади [130, 289-бет]:

$$D_x = (1 \cdot 10^{-6})/(AB\ \mu[(v_A)^{1/3} + (v_B)^{1/3}])\ 1/M_A + 1/M_B,$$

бу ерда D_x –диффузия коэффициенти, м²/с; А и В – эриган модда ва эритувчи хоссаларига боғлик коэффициентлар, (А ва В нинг айрим моддалар учун адабиётда келтирилган [130, 289-бет]; μ – суюклик динамик ковушкоклик коэффициенти, мПа с; v_A ва v_B – А ва В газларнинг моль ҳажмлари [130, 288-бет]. M_A ва M_B – А ва В газларнинг моль массалари, кг/кмоль.

Суюк фаза учун ***Re, Pr*** ва ***Ga*** критерийларни аниклаймиз.

$$Re_x = 4L/\sigma\ \mu_x S_к = 4 \cdot 14{,}47/120 \cdot 0{,}8 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}34 = 177{,}32$$

бу ерда, $S_к$ – колонна кўндаланг кесимининг юзаси,

$$S_к = 0{,}532 \cdot D_к^2 = 0{,}532 \cdot 0{,}8^2 = 0{,}34\ м^3$$

Прандтл критерийси:

$$Pr_x = \mu/\rho_x D_x = 0{,}8 \cdot 10^{-3}/1000 \cdot 0{,}77 \cdot 10^{-9} = 1038{,}39$$

Галилей критерийси:

$$Ga = d^3_н \cdot \rho_x^2 g/\mu_x = 0.025^3 \cdot 1000^2 \cdot 9{,}81/(0.8 \cdot 10^{-3})^2 = 239 \cdot 10^6$$

бу ерда $d_н$ –насадка элементининг ташки диаметри. ($d_н$ = 0,025 м).

Нусельт критерийсини ҳисоблаймиз:

$$Nu_x = 0{,}00595 \cdot 177{,}34^{0{,}67} \cdot 103839^{0{,}33} \cdot (239 \cdot 106)^{0{,}33} = 2352{,}44$$

Суюк фаза томонидан масса бериш коэффициентини топамиз:

$$\beta_x = 2352.44 \cdot 0.77 \cdot 10^{-9}/0.0177 = 102.33 \cdot 10^{-6}\ кмоль/м^2 \cdot с \cdot кПа.$$

Масса ўтказиш коэффициентини аниклаймиз:

$$K_{\Delta P} = 1/(1/\beta_y + \Phi/\beta_x) = 1/(178{,}35 \cdot 10^{-6} + 73{,}673/102{,}33 \cdot 10^{-6}) =$$

$$= 1{,}38 \cdot 10^{-6}\ кмоль/м^2 \cdot с \cdot кПа\ .$$

7. Насадка ва колоннанинг умумий баландлигини аниклаш

Колонна баландлигини ҳисоблаймиз:

$$H_н = G_{SO_2}/(M_{SO_2} S_к \sigma \Delta P_{ср}) =$$

$$= 0{,}41/(64 \cdot 0{,}34 \cdot 1{,}38 \cdot 10^{-6} \cdot 3{,}7) = 4{,}5\ м$$

Колонна умумий баландлигини қуйидаги формуладан ҳисобланади:

$$H_к = H_н + h_н + h_б + (H_н/3D_к - 1)h_р =$$

$$= 4.5 + 2.0 + 1.0 + (4.5/3 \cdot 0.8) \cdot 0.4 = 8\ м.$$

бу ерда, $h_н$ = 2,0 – колонна пастки кисмининг баландлиги, м; $h_б$ = 1,0 – колонна тепа кисмининг баландлиги, м, колонна диаметрига караб кабул килинади, ($H_н/3D_к - 1$)– насадкалараро узилишлар сони, дона; $h_р$ = 0,4 – узилиш баландлиги, м

8. Насадкали колоннанинг гидравлик каршилиги

Насадкали колонна гидравлик каршилиги ушбу формуладан топилади:

$$\Delta p = \Delta p_{op} + \Delta p_{mc},$$

бу ерда Δp_{op} – ювилиб туриладиган насадка каршилиги, Па, Δp_{mc} – колоннадаги махаллий каршиликларни енгишда йўкотилган босим, Па.

Ювилиб турадиган насадка каршилиги ушбу формулада ҳисобланади [77, 685-бет]:

$$\Delta p_{op} = H_H (\Delta p / l)_{CH} [1 + A((L / G_T)^{1.8} \cdot (p_y / p_x) \cdot (\mu_x / \mu_y)^{0.2})^{0.225}],$$

бу ерда, $w_T = w_u$ бўлганда A=8,4 , инверсия нуктасининг коэффициенти, (w_y / w_u) = 0,85 бўлганда A=5,1 осилиб туриш нуктасининг коэффициенти. (w_y / w_u) = 0,45 бўлганда A=1,81 секинлашиш (тормозланиш) нуктасининг коэффициенти, бошка нисбатлар учун А нинг кийматлари махсус адабиетларда келтирилган [77, 685-бет], w_y и w_u – ишчи ва инверсия тезликлари, $(\Delta P/l)_{CH}$ – бир метр баландликка тўгри келадиган курук насадка гидравлик каршилиги ушбу формуладан топилади

$$(\Delta p / l)_{CH} = \lambda(\sigma / 4V3_{cB})(w^2 \rho_y / 2), \text{ Па м}.$$

$\lambda = f(Re)$ бўлгани учун, Re>40 да коэффициент λ ушбу формуладан топилади:

$$\lambda = 16 / \mathrm{Re}_y^{0.2};$$

$$\lambda = 16/159840^{0.2} = 1{,}45$$

Бир метр баландликка тўғри келадиган курук насадка гидравлик каршилиги ушбу тенгламадан аникланади:

$$(\Delta \rho / l)_{CH} = 1{,}45 \cdot (120 / 8{,}82 \cdot 9.188) \cdot (4 \cdot 0{,}5323 / 2) = 2{,}3\ Па \cdot м$$

Осилиб туриш нуктаси учун гидравлик каршилиги ушбу тенгламадан аникланади:

$$\Delta \rho_{op} = 4{,}5 \cdot 2{,}3 \cdot \{1 + 5.1[(2{,}3/5.3)^{1.8} \cdot$$

$$\cdot (9.18/1000) \cdot (0.8 \cdot 10^{+3} / 0.018 \cdot 10^{+3})^{0.2}]^{0.225} = 25{,}8\ Па$$

Колоннадаги махаллий каршиликларнинг гидравлик каршилиги ушбу тенгламадан топилади:

$$\Delta p_{.mc} = \Delta p_{1.6} + \Delta p_{2.4.3.5.},$$

бу ерда, $\Delta p_{1.6}$ – колоннага газ окимининг кириши ва чикишида махаллий каршиликларни енгишда босимнинг йўкотилиши, $\Delta p_{2.4.3.5}$ – махаллий каршиликларни енгишда босимнинг йўкотилиши

Колоннага газ окимининг кириши ва чикишида махаллий каршиликларни енгишда босимнинг йўкотилиши куйидаги формуладан топилади:

$$\Delta \rho_{1,6} = (\xi_1 + \xi_6)(w_z^2 p_y) / 2,$$

бу ерда, ξ_1 – тўсатдан кенгайиш коэффициенти, ξ_6 – тўсатдан торайиш коэффициенти, w_z – узатиш ва ҳайдаш труба кувурларидаги газ окимининг тезлиги, м/ с.

Адабиётда келтирилган маълумотларга биноан [130, 17-бет], газ окимининг тезлиги w_z = 5…20 м/с. Тезликни w_z = 10 м/с деб кабул киламиз, унда газ кувурининг диаметри ушбу формула ёрдамида ҳисобланади:

$$D_z = \sqrt{G_y / 0.785 \cdot p_y \cdot w_z} = \sqrt{5{,}3 / 0{,}785 \cdot 1{,}18 \cdot 11} = 0{,}273 \text{ м}.$$

ГОСТ 8732-78 дан стандарт труба қувури диаметрини $D_т$ = 273 мм ни танлаймиз [70, т.1, 98-бет].

Рейнольдс критерийси $Re_т$ ни топамиз:

$$Re_т = w_т D_т \rho_у / \mu_у.$$

$$Re_т = (11 \cdot 0{,}273 \cdot 9{,}18) / 0{,}018 \cdot 10^{-3} = 1513530$$

Колонна ва газ қувурлари кўндаланг кесимларининг нисбати $F_т/F_к$ ушбу формула ёрдамида ҳисобланади:

$$F_т / F_к = (0.785 D_т^2) / (0{,}785 D_к^2).$$

$$F_т / F_к = (0.785 \cdot 0{,}273^2) / (0{,}785 \cdot 0{,}8^2) = 0{,}145$$

Маҳаллий каршилик коэффициент ξ ларини адабиётдан [130, 520-бет] топамиз, яъни тўсатдан кенгайиш коэффициенти ξ_1 = 0,81 ва тўсатдан торайиш коэффициенти ξ_6 = 0,45 лар $F_т/F_к$=0,1 нинг кийматига боғлиқ ва унга караб олинади.

Колоннага газ оқимининг кириши ва чиқишида маҳаллий каршиликларни енгишда босимнинг йўқотилиши қуйидаги формуладан топилади:

$$\Delta p_{1,6} = (0{,}81 + 0{,}45) \cdot (10^2 \cdot 9{,}18) / 2 = 459 \text{ Па}$$

Насадкага 2 та кириш ва 2 та чиқиш бўлса, маҳаллий каршиликларни енгишда кетган босимнинг йўқотилиши қуйидаги формуладан топилади:

$$\Delta p_{2,4,3,5} = (2\xi_{2,4} + 2\xi_{3,5}) w_н^2 \rho_у / 2,$$

бу ерда, $\xi_{2,4}$ – насадкага киришда тўсатдан торайиш коэффициенти; $\xi_{3,5}$ – насадкадан чиқишда тўсатдан кенгайиш коэффициенти; $w_н$ – насадкада газ оқимининг тезлиги, м/ с.

Газ оқимининг насадкадаги ҳақиқий тезлиги ушбу формуладан аниқланади:

$$w_н = 8{,}8 / 0{,}532 = 16{,}54 м/с$$

Рейнольдс критерийси Re ни ушбу формуладан топамиз:

$$Re_н = (w_н d_э \rho_у) / \mu_у,$$

$$Re_у = (16{,}54 \cdot 0{,}0177 \cdot 9{,}18) / 0{,}0185 = 183338{,}96$$

Колонна ва газ кувурлари кўндаланг кесимларининг нисбати $F_т/F_к$ ушбу формула ёрдамида аниқланади:

$$F_{н.со} / F_к = V_{со} S_к / S_к;$$

$$F_{н.со} / F_к = V_{со} S_к / S_к = V_{со} = 0{,}74 м^3 / м^3$$

Агар $F_{н.со}/F_к$=0,74 бўлса, насадкага киришдаги тўсатдан торайиш коэффициенти $\xi_{2,4}$ = 0,8, насадкадан чиқишдаги тўсатдан кенгайиш коэффициенти $\xi_{3,5}$ = 0,8 [77, 374-375 бет].

Насадкага 2 та кириш ва 2 та чиқиш бўлса, маҳаллий каршиликларни енгишга кетган босимнинг йўқотилиши қуйидаги формуладан топилади:

$$\Delta p_{2,4,3,5} = (2 \cdot 0{,}8 + 2 \cdot 0{,}8) \cdot (16{,}54^2 \cdot 0{,}918) / 2 = 4018 \text{ Па}$$

Колоннадаги маҳаллий каршиликларни еигишда босимнинг йўкотилиши қуйидаги формуладан аникланади:

$$\Delta p_{мс} = 459 + 4018 = 4447 \ Па .$$

Насадкали колоннанинг умумий гидравлик каршилиги:

$$\Delta p = p_{гр} + \Delta p_{мс} = 25,8 + 4447 = 4472,3 \ Па$$

9. Курилма асосий деталларининг механик хисоби

9.1. Днишче қалинлигини хисоблаш

Кимёвий курилма кобикларининг таркибий кисмига днишче киради. Одатда, днишче ва кобик бир хил материалдан тайёрланади ва ўзаро пайвандлаб бирлаштирилади. Днишче шакли конуссимон, эллиптик, сферик ва ясси бўлиши мумкин. Лекин, энг оптимал шакл – бу эллиптик днишче бўлиб, босим 10 МПа гача бўлган ҳолларда қўлланилади.

Эллиптик днишче калинлиги ушбу формуладан аникланади:

$$\delta = \frac{P \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi} + C_к + C_{доп}$$

Ушбу формулани қўллаш оралиғи: $(\delta - C_к)/D << 0,125$.

$$\delta = (2 - 0,3)/(2 \cdot 138 \cdot 0,9) + 0,001 + C_{кор} = 0,00241 + 0,001 + C_{кор} = 0,004 \ м$$

$(4,0\text{-}1,0)\cdot 10^{-3}/2,0 < 0,125$ бўлгани учун талаб этилган шарт бажарилмокда.

Ташқи босим остида ишлайдиган эллиптик днишче қалинлиги у билан бирлаштириладиган цилиндрик обечайка қалинлигига тенг деб олинади.

Цилиндрик обечайка калинлиги куйидаги формуладан аникланади:

$$\delta = 1,18 \cdot D \cdot \left(\frac{p_н \cdot l}{E \cdot D}\right)^{0,4} + C_к + C_{доп}$$

бу ерда. E – хисобланган температурада обечайка материалининг эластиклик модули, МН/м^2; l - обечайка узунлиги, м; D – обечайка диаметри (ички еки ташки), м

$$\Delta = 1,18 \cdot 2 \cdot ((6,52 / 1,98) \cdot (1 / 2))^{0,4} + 0,001 + C_{кор} = 5$$

Сўнг, рухсат этилган ташки босим текширувчи ҳисоблашдан ўтказилади. Агар у кабул килинган днишче калинлигига тенг ёки ундан катта бўлса, унда днишче калинлиги сифатида охиргиси кабул қилинади. Аксинча бўлган ҳолларда, днишче калинлиги оширилади.

9.2. Фланецли бирикма ва қопқоқлар

Кимёвий курилмасозликда қўлланадиган кўзғалмас ажралувчан бирикмалар орасида энг кенг таркалгани – фланецли бирикмалардир. Ички босим p_y=9,18~10 атм. да D_y=250 мм ли фланецли бирикма танлаймиз.

ГОСТ бўйича стандарт фланец танлаймиз. Ҳаво учун, мм:

D_y	D_F	$D_Б$	H	Z
250	390	350	23	12

Материал учун, мм:

D_y	D_t	$D_Б$	H	Z
250	390	350	23	12

9.3. Қурилма таянчларини ҳисоблаш

Колоннали курилма таянчлари конструкциясини танлашда шамол ва зилзила юкламаларини инобатга олиш зарур [28,134]. Таянчлар ҳисобида унинг ковурғасининг ўлчамлари аникланади. Қовурға узунлиги l нинг баландлиги h га нисбати 0,5 деб кабул килинади. Қовурға калинлиги δ куйидаги формуладан топилади:

$$\delta = \frac{2{,}24 \cdot G}{k \cdot n \cdot z \cdot l \cdot [\sigma]} + C_к + C_{изг}$$

бу ерда, G – қурилманинг максимал оғирлиги, МН (одатда, гидравлик синов даврида қурилма сув билан тўлдирилган бўлади); n – таянчлар сони (иккитадан ортик); z – ковургалар сони (битта ёки иккита); $[\sigma]$ =100 МН/м^2 – рухсат этилган сикиш кучланиши, l – таянч узунлиги, м; z=6, кўпинча, аниклаштирилади

Таянч кисмининг калинлиги δ дан кичик бўлмаслиги керак.

Таянчлар сони n =4, конструкцияси – икки ковурғали, узунлиги l =0,2 м, баландлиги h = l/0,5 =0,4 м. k = 0,6 да ковурға калинлиги ушбу формуладан топилади:

$$\delta = \frac{2{,}24 \cdot 0{,}6}{0{,}6 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 0{,}2 \cdot 100} + C_к + C_{изг} = 0{,}016\ м$$

l/δ = 0,2/0,016 = 12,5. Ушбу киймат дастлабки кабул қилинганга якин бўлгани учун (k = 0,62), ковурға калинлигини кайта ҳисоблаш талаб этилмайди. Пайванд чокнинг умумий узунлиги:

$$L_ш = 4(h + \delta) = 4(0{,}4 + 0{,}016) = 1{,}664\ м$$

Пайванд чокнинг мустаҳкамлигини ушбу формула ёрдамида текширамиз:

$$0{,}6/4 = 0{,}15 МН < 0{,}7 \cdot 1{,}664 \cdot 0{,}008 \cdot 80 = 0{,}745\ МН$$

яъни мустаҳкамлик таъминланган.

7-боб. Абсорбция бўйича

Мустакил тайёрланиш ва кайтариш учун саволлар

1. Абсорбция жараёнининг моҳияти нимада?
2. Абсорбция жараёнининг турлари.
3. Физик абсорбция нима?
4. Генри конуни
5. Дальтон конуни
6. Хемосорбция нима?
7. Таркалиш коэффициенти нимани ифодалайди?
8. Абсорбцияда ҳаракатга келтирувчи кучни ҳисоблаш усуллари.
9. Абсорбцияда таркалган масса миқдори қайси формуладан топилади?
10. Масса ўтказиш коэффициентининг масса бериш коэффициентига боғликлигини ифодаловчи формулаларни ёзинг.
11. Абсорбция жараёнини ташкил этиш усуллари схемаларини чизинг.

12. Сиртий абсорбер конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
13. Трубали абсорбер конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
14. Юпка қатламли абсорбер конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
15. Насадкали абсорбер конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
16. Қайта таксимлаш тарелка конструкциясини чизинг.
17. Колонна тепасидан оқиб тушаётган суюқ фаза тезлигининг эпюралари қандай кўринишга эга?
18. Рашиг ҳалқаси конструкциясини чизинг ва таърифини беринг.
19. Гудлое насадкаси конструкциясини чизинг ва таърифини беринг.
20. Пал ҳалқасини конструкциясини чизинг ва таърифини беринг.
21. «Спрейпак» насадкаси конструкциясини чизинг ва таърифини беринг.
22. Бёрл эгари конструкциясини чизинг ва таърифини беринг.
23. Ватарли насадка конструкциясини чизинг ва таърифини беринг.
24. «Инталлокс» эгари конструкциясини чизинг ва таърифини беринг.
25. Блокли насадка конструкциясини чизинг ва таърифини беринг.
26. Параллел йўналишли
27. Қарама-карши йўналиш
28.Босимлар фарқи оркали ифодаланган ўртача ҳаракатга келтирувчи куч
29. Адсорбентни минимал сарфини ҳисоблаш формуласини ёзинг
30. Теллер розеткаси конструкциясини чизинг ва таърифини беринг.
31. Фасонли насадкалар конструкцияларини чизинг ва таърифини беринг.
32. Насадкаларда суюқ ва газ фазалар тўкнашувида қандай режимлар ҳосил бўлади?
33. Тарелкали абсорберлар конструкциялари, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
34. Элаксимон тарелка конструкциясини чизинг ва таърифлаб беринг.
35. Қалпоқчали тарелка конструкциясини чизинг ва таърифлаб беринг.
36. Капсулали калпоқча тарелка конструкциясини чизинг ва таърифлаб беринг.
37. Клапанли тарелка конструкциясини чизинг ва таърифлаб беринг.
38. Балластли тарелка конструкциясини чизинг ва таърифлаб беринг.
39. Окимчали тарелка конструкциясини чизинг ва таърифлаб беринг.
40. Туннели калпоқчали тарелка конструкцияси ва таърифи.
41. S-симон элементли тарелка конструкцияси ва таърифи.
42. Суюклик оқиб тушадиган тарелкалар конструкцияларини чизинг ва афзалликларини изоҳлаб беринг.
43. Панжарали тарелкалар конструкцияларини чизинг ва афзалликларини тушунтиринг.
44. Барботажли абсорбер конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
45. Насадкали эмульгацион абсорбер конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
46. Пурковчи абсорбер конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
47. Вентури абсорбери конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
48. Ҳаракатчан насадкали абсорбер афзаллик ва камчиликлари.
49. Кўпикли абсорберлар конструкцияси ва афзалликлари.
50. Абсорберлар гидравлик каршилик формулаларини ёзинг.
51. Абсорберларни ҳисоблаш кетма-кетлиги.
52. Тезкор абсорбер
53. Шарсимон насадкали абсорбер

ҲАЙДАШ ВА РЕКТИФИКАЦИЯ

7.14. Умумий тушунчалар

Икки ва ундан ортик учувчан компонентлардан таркиб топган бир жинсли суюклик аралашмаларини ажратиш учун қўлланиладиган усуллардан энг кенг таркалганлари ҳайдаш ва ректификациядир.

Ҳайдаш ва ректификация жараёнлари кимё, озик - овкат ва бошка саноатларда жуда кенг кўламда ишлатилади. Масалан, техник ва озик - овкат этил спиртларини, ароматик моддалар ишлаб чикаришда ҳамда аралашмаларни дағал ажратиш учун қўлланилади. Жуда тўла ажратиш учун ректификация жараёнидан фойдаланилади.

Ҳайдаш ва ректификация жараёнлари бир хил температурада аралашма компонентларининг турли учувчанлигига асосланган дир. Юкори учувчанликка эга компонент ***енгил учувчан***, паст учувчанликка эга компонент ***қийин учувчан*** деб номланади. Демак, енгил учувчан компонент қийин учувчанга караганда пастрок температурада кайнайди. Шунинг учун ҳам, улар паст ва юкори температурада ***қайнайдиган компонентлар*** деб аталади.

Ҳайдаш ёки ректификация жараёнида бошлангич аралашма енгил учувчан компоненти билан бойитилган ***дистиллят*** ва кийин учувчан компонент билан бойитилган ***куб қолдиғига*** ажралади. Ҳайдаш жараёнида ҳосил бўлган буғ конденсатор - дефлегматорга конденсациялаш натижасида дистиллят олинади. Қурилма кубида эса куб колдиғи колади.

7.15. Ҳайдаш ва ректификация жараёнларининг назарий асослари

Энг оддий аралашма 2 та компонентдан таркиб топган бўлади ва у ***бинар аралашма*** деб аталади. Бинар аралашманинг эркинлик даража сони куйидагига тенг:

$$C = K + 2 - \Phi = 2 + 2 - 2 = 2$$

бу ерда, K – компонентлар сони, Φ – фазалар сони

Система ҳолатини учта бир - бирига боғлик бўлмаган параметр белгилайди: босим p, температура t ва концентрация x. Агар исталган иккита параметр танланса, учинчисини аниклаш кийин эмас. Демак, мувозанат чизигини исталган иккита ўзгарувчи параметр оркали ифодалаш мумкин, яъни p ва x, t ва x, p ва t, x ва y.

Маълумки, суюклик аралашмалари ўзларининг физик-кимёвий характеристикалари бўйича катта фарк килади.

Компонентларнинг ўзаро эришига караб, бинар аралашмаларни 3 гуруҳга бўлиш мумкин:

– компонентлари чексиз эрувчан аралашмалар;

– компонентлари ўзаро эримайдиган аралашмалар;

– компонентлари кисман эрувчан аралашмалар.

Компонентлари чексиз эрувчан аралашмалар ўз навбатида идеал ва ҳакикий эритмаларга бўлинади.

Идеал аралашмалар деб эритма таркибидаги компонент олиниши натижасида иссиклик ажраб чикмайдиган ёки ютилмайдиган ва ҳажми ўзгармайдиган аралашмаларга айтилади.

Енгил учувчан A ва кийин учувчан B компонентли бинар, суюк аралашмани кўриб чикамиз. A ва B тоза компонентлар тўйинган буғларининг босимини P_A ва P_B деб белгилаймиз.

Маълумки, идеал аралашмалар Рауль конунига бўйсунади. Ушбу конунга биноан, суюклик устидаги тоза компонентнинг буғ босими унинг суюкликдаги моль улушига пропорционалдир:

$$p_A = P_A \cdot x \;; \qquad p_B = P_B(1 - x) \tag{7.150}$$

бу ерда, p_A, p_B – A ва B компонентларнинг парциал босими, x, $(1-x)$ – суюк аралашмадаги A ва B компонентларнинг моль улушлари

Дальтон конунига биноан системадаги умумий босим, парциал босимлар йиғиндисига тенг:

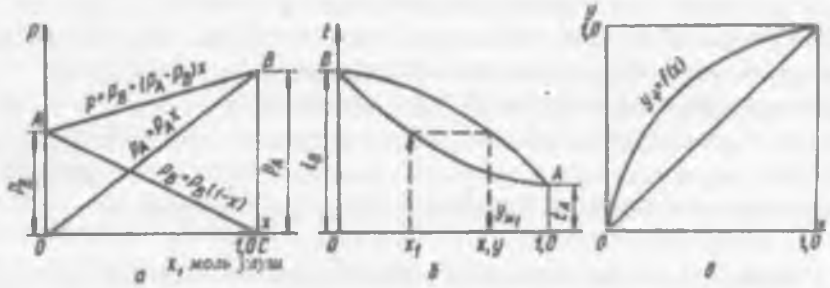
$$P = P_A \cdot x + P_B(1-x) = P_B + (P_A - P_B) \cdot x \qquad (7.151)$$

бундан

$$x = \frac{P - P_B}{P_A - P_B}$$

(7.150) ва (7.151) тенгламалардан кўриниб турибдики, бир хил ўзгармас температурада суюклик аралашмаси устидаги компонентлар парциал ва буғларнинг умумий босими енгил учувчан компонентнинг моль улуши x билан тўғри чизикли боғликликда бўлади.

7.47-расмда компонентлар парциал босими ва умумий босим изотермалари тасвирланган.



7.47-расм. Идеал аралашмалар учун суюклик-буғ мувозанат диаграммаси:
а - аралашма устидаги компонент парциал босими ва умумий босим изотермалари; б - *t-x,y* диаграммалар, в - *y-x* диаграмма

OB ва ***CA*** тўғри чизиклар компонентлар парциал босими (p_A ва p_B) ни, ***AB*** эса суюклик устидаги умумий босим ўзгаришини ифодалайди. ***OA*** ва ***CB*** вертикал кесмалар тоза компонентлар тўйинган буғ ва босими (P_A ва P_B) ни кўрсатади.

Дальтон конунига кўра, буғдаги компонентнинг парциал босими, ундаги шу компонент моль улушига пропорционалдир:

$$p_A = P \cdot y \;; \qquad P_B = P \cdot (1-y) \qquad (7.152)$$

бу ерда, P – система умумий босим; y, $(1-y)$ – буғ аралашмасидаги A ва B компонентлар моль улуши

Мувозанат шароити учун:

$$P_A \cdot x = P_A \cdot y \;; \qquad P_B(1-x) = P \cdot (1-y) \qquad (7.153)$$

бундан

$$y = \left(\frac{P_A}{P}\right)x \qquad \text{ёки} \qquad 1-y = \left(\frac{P_B}{P}\right)\cdot(1-x) \qquad (7.154)$$

Одатда, ҳайдаш ва ректификация жараёнлари изобарик жараёнда ўтказилади. Шунинг учун, $P = const$ бўлган ҳолатдаги бинар аралашмани кўриб чикамиз.

Бунда мувозанат чизигини t - x, y ёки y - x координатларда тасвирлаш мумкин. Агар температура маълум бўлса ва x, y катталиклари ҳисоблаб топилса, системадаги мувозанатни ифодаловчи диаграммани куриш мумкин. Диаграммадаги пастки чизик (7.47б-расм) суюк аралашманинг кайнаш температурасини, юкори чизик эса буғ аралашмани конденсациялаш температурасини ифодалайди. $x = 0$ ва $x = 1{,}0$ да ордината ўкларидаги кесмалар, кийин ва енгил учувчан компонентлар кайнаш температурасини кўрсатади.

Суюкликнинг маълум таркиби x_1 бўйича буғ таркибини аниклаш учун суюклик концентрациясига тегишли абсцисса ўкидаги нуктадан кайнаш чизиғи билан кесишгунча вертикал чизик ўтказилади. Сўнг эса, кесилиш нуктасидан буғ конденсацияланиш чизиғи билан

кесишгунча горизонтал чизиқ ўтказилади. Кесилиш нуқтасининг абсцисса ўқидаги қиймати буғнинг мувозанат таркиби y_{p1} ни беради.

7.47б-расмда кўриниб турибдики, бир хил қайнаш температурасида буғдаги енгил учувчан компонент концентрацияси унинг суюқлик буғлари мувозанат концентрациясидан катта бўлади. «Суюқлик - буғ» системанинг бу хоссаси ***Коноваловнинг биринчи қонунига*** бўйсунади, яъни эритма билан мувозанатда бўлган буғ доим ўзида шундай компонентни ортиқча ушлайдики, бунда эритмага шу компонентдан қўшилганда унинг қайнаш температураси камаяди. Масалан, этил спиртига сув қўшилса, системанинг қайнаш температураси пасаяди. Коноваловнинг 1-қонунига биноан, эритманинг қайнаши даврида сув буғи фазасининг спирт буғлари билан бойиши содир бўлади.

Ректификация жараёнини ҳисоблаш учун $y - x$ диаграммадан фойдаланиш қулайдир (7.47в-расм).

$y_м = f(x)$ функция қуйидаги тенгламага мос келади

$$y = \frac{P_A \cdot x}{P} = \frac{P_A \cdot x}{P_B + (P_A - P_B) \cdot x} \qquad (7.155)$$

ҳамда суюқ ва буғ фазалар мувозанат таркиблари орасидаги боғлиқликни ифодалайди.

Компонентлар нисбий учувчанлиги:

$$\alpha = \frac{P_A}{P_B}$$

маълум бўлса, идеал аралашмалар мувозанат чизиғини ҳисоблаш ва қуриш мумкин.

$$y = \frac{\alpha \cdot x}{1 + (\alpha - 1) \cdot x} \qquad (7.156)$$

Фақат енгил учувчан компонентлардан таркиб топган суюқлик билан шу компонентдан таркиб топган буғ мувозанат ҳолатида бўлади. Мувозанат чизиғининг энг четки нуқталари квадратнинг қарама - қарши бурчакларида жойлашган. Квадрат диагонали ва мувозанат эгри чизиғи суюқ ва буғ фазаларнинг мавжуд бўлиш соҳаларини чегаралайди.

Ҳақиқий суюқлик аралашмалари. Бундай аралашмалардан компонентлар ажратиб олинганда иссиқлик ажраб чиқади, ҳажми ўзгаради ва кўпчилик ҳолларда Рауль қонунига бўйсунмайди.

Ундан ташқари, бу аралашмалар буғ фазасининг молекулалари ўзаро тортишиш кучларини, уларнинг ҳажмларини ва бошқаларни ҳисобга олиш зарур.

Рауль қонунига нисбатан оғиш манфий ёки мусбат бўлиши мумкин. Агар оғиш мусбат бўлса, эритма устида умумий босим Рауль қонуни бўйича идеал эритма учун ҳисобланган катта, манфий оғишида эса кичик бўлади.

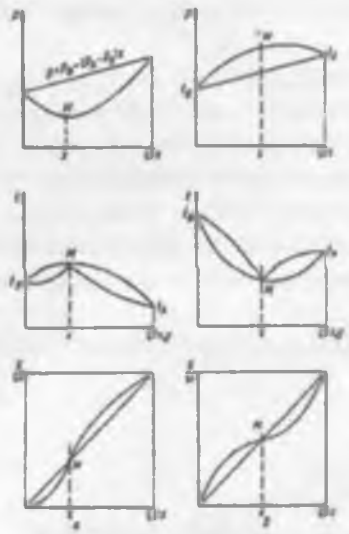
Мусбат оғишда умумий босим чизиғи идеал эритманикидан юқори, манфий оғишда – пастроқдан ўтади.

Парциал босимларнинг концентрацияга боғлиқлиги ботиқ ёки бўртиқ чизиқлар орқали тасвирланади (7.48-расм);

Ҳақиқий эритмалар учун фазавий мувозанат диаграммалари тажрибавий маълумотлар асосида курилади.

Мувозанат чизиғидан оғишнинг сон қийматлари Рауль қонунидан жуда катта фарқ қилиши ва бир қатор эритмалар учун маълум бир концентрацияда қайнаш температураси ўзгармас катталикка эга бўлиши мумкин.

Коноваловнинг иккинчи қонунига биноан, мувозанат ҳолатидаги эритма устидаги буғнинг таркиби суюқ эритма таркибидагига тенгдир, яъни $y_м = x$ (7.48-расмдаги М нуқта). Бундай аралашмалар **азеотроп** эритмалар деб номланади. Азеотроп эритмалар максимал ва минимал қайнаш температурали бўлиши мумкин.



7.48-расм. Ҳақиқий эритмаларнинг фазавий диаграммалари:
а - манфий оғиш,
б - мусбат оғиш

Азеотроп эритмалар таркиби босим (температура) га боғлиқ бўлади.

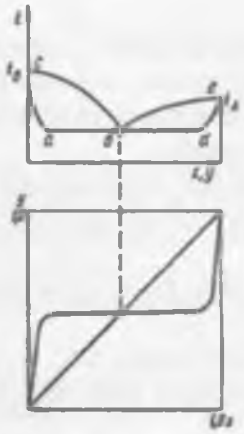
Бирор системада босим ўзгариши билан унинг мувозанат ҳолати ўзгаради. Бу эса, ўз навбатида буг фазаси таркибининг ўзгаришига олиб келади.

Ушбу ўзгаришлар механизмини билиш учун **М.С. Вревский** томонидан қуйидаги конунлар яратилган:

а) икки компонентли эритманинг кайнаш температураси (ёки босими) ортганда, буғлар таркибида буғланиши учун катта энергия талаб этувчи компонентнинг нисбий микдори ошади;

б) буғ учувчанлиги максимумга эга бўлган эритмаларнинг температураси (ёки босими) ортганда, азеотроп эритмаларда буғланиши учун катта энергия талаб этувчи компонентнинг нисбий киймати ортади. Буғнинг учувчанлиги минимум бўлганда, эритманинг кайнаш температураси оширилганда азеотроп эритмада буғланиши учун кам энергия талаб килувчи компонентнинг нисбий микдори кўпаяди.

Вревский конунига биноан, азеотроп эритмаларни ажратиш учун босимни ўзгартириб ҳайдаш ёки ректификация килиш жараёнларидан фойдаланиш мумкин.



7.49-расм. Қисман эрийдиган аралашмаларнинг фазавий диаграммалари.

Бир-бирида эримайдиган ёки қисман эрийдиган суюклик аралашмалари. Агар *A* ва *B* компонентлар бир-бирида тўлик эриса, компонентлар молекулаларининг ўзаро тортишиш кучлари нолга тенг бўлади. Бунда, ҳар бир компонент ўзини мустакил тутади ва қуйидаги босимда кайнайди:

$$P = P_A + P_B$$

Агар аралашма компонентлари бир - бирида эримаса, исталган компонент парциал босими, унинг ўша температурада тўйинган буг босимига тенг.

Аралашманинг кайнаш температураси $t_{кр}$ суюк аралашманинг таркибига боғлиқ эмас (7.49-расм *авd* чизик).

Аралашманинг кайнаш температураси ҳар доим тоза компонентлар кайнаш температураларидан паст бўлади.

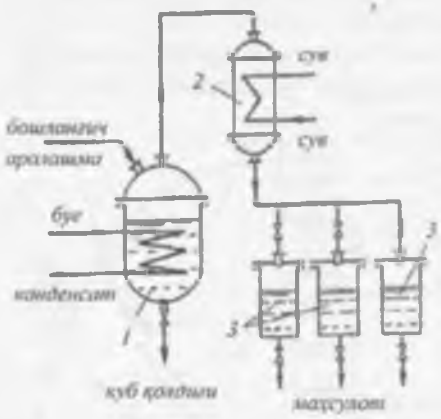
Табиатда бир - бирида абсолют эримайдиган моддалар камдан-кам учрайди. Агар кисман эрийдиган суюклик аралашмаларида кайнаш температураси *ac* ёки *dc* чизиғи бўйлаб эритманинг асосий компонентининг кайнаш температурасигача ўзгаради.

Буғнинг конденсацияланиш температураси *cb* ва *eb* чизиклари бўйлаб ўзгаради. Диаграммадаги *b* нуқтада $y_B = P_B/P = \text{const}$ таркибли буғ конденсацияланади.

7.16. Оддий ҳайдаш

Суюклик аралашмаларини бир маротаба кисман буғлатиш йўли билан ажратиш жараёни ***оддий ҳайдаш*** деб номланади. Оддий ҳайдаш жараёнини эритма компонентлари учув-

чанлиги орасидаги фарк катта бўлган ҳоллардагина қўллаш максадга мувофик ва юкори самара беради.



7.50-расм. Оддий ҳайдаш қурилмаси:
1 - куб, 2 - конденсатор,
3 - дистиллят йиғгичлар

Оддий ҳайдаш қуйидаги усулларда амалга оширилади: фракцияли ҳайдаш; дефлегмация билан ҳайдаш; сув буғи билан ҳайдаш; молекуляр ҳайдаш.

Фракцияли ҳайдаш Бу усул ҳайдаш кубидаги эритмани аста-секин буғлатиш йўли билан олиб бориладиган ажратиш жараёнидир (7.50-расм).

Жараён давомида ҳосил бўлаётган буғ конденсатор 2 га узатилади ва у ерда конденсацияланиб, дистиллят ҳолатида йиғгич 3 га юборилади. Жараён тугагандан сўнг, қурилма 1 даги куб колдиғи чикариб ташланади. Қурилма 1 тўйинган сув буғи ёки тутун газлари билан киздирилади.

Эритмани ҳайдаш жараёнида куб колдигида енгил учувчан компонент миқдори ва дистиллят таркибидаги миқдори максимал қийматдан минималгача камаяди. Шунинг учун, ҳар хил таркибли дистиллят фракциялари турли йиғгичларга ажратиб олинади. Ҳар хил таркибли маҳсулот олишга мўлжалланган эритмаларни ажратиб олиш усули ***фракцияли ҳайдаш*** деб номланади.

Оддий ҳайдаш даврида ҳосил бўлаётган буғ кубдан чикариб олинади ва ҳар бир онда кубда колган эритма билан мувозанатда бўлади.

Бу усулда ҳайдаш атмосфера ёки вакуум остида олиб борилади. Вакуум остида ҳайдаш усули иссикликка чидамсиз эритмаларни ажратиш имкониятини яратади, чунки бу усулда кайнаш температураси паст бўлади. Шунинг учун ҳам бу усулда ҳайдаш даврида паст температурали сув буғларидан фойдаланилади.

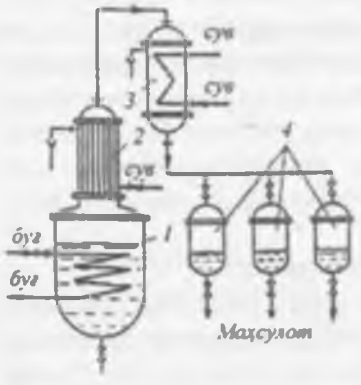
Дистиллятнинг ўртача таркиби моддий баланс тенгламасидан аникланади:

$$Fx_f = Wx_W + (F - W)x_{дис}$$

бундан

$$x_{дис} = \frac{Fx_f - Wx_w}{F - W} \qquad (7.157)$$

бу ерда, F – бошлангич эритма миқдори, x_f – бошлангич эритма концентрацияси, W – куб колдиги миқдори, x_w – куб колдиги концентрацияси.



7.51-расм. Дефлегмацияли оддий ҳайдаш қурилмаси:
1 - куб, 2 - дефлегматор,
3-конденсатор, 4-йиғгичлар.

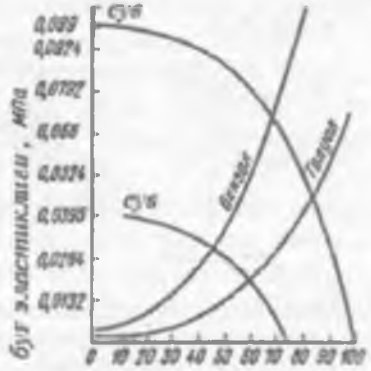
Дефлегмация билан ҳайдаш Бу усул эритмаларни ажратиш даражасини кўтариш учун қўлланилади (7.51-расм).

Бу усулда, куб 1 да ҳосил бўлган буғлар дефлегматор 2 га узатилади ва у ерда кисман конденсацияланади. Қисман конденсацияланиш даврида кийин учувчан компонент миқдори кўп бўлган флегма ҳосил бўлади ва кайтадан кубга туширилади. Куб 1 га тушиш вақтида кўтарилаётган буғлар билан ўзаро таъсирда бўлади.

Енгил учувчан компонент миқдори юкори бўлган буғлар конденсаторга йўналтирилади. Конденсацияланиш натижасида ҳосил бўлган дистиллят йиғгич 4 га тушади. Куб колдиғининг концентрацияси ўрнатилган x_w кийматига етганда сўнг, кубдан чикариб юборилади.

Сув буғи билан ҳайдаш. Эритмалар кайнаш температурасини пасайтириш учун жараённи вакуум остида ташкил этиш усули олдиндан маълум эди. Лекин эритмаларни сув буғи билан ҳайдаш усулида ҳам кайнаш температурасини пасайтириш мумкин. Айникса, бу усул кайнаш температураси 100°С дан ортик бўлган ва компонентлари сувда эримайдиган эритмалар учун жуда кўл келади. Шунинг учун, эритма компонентлари сувда эримаса, унда ҳайдаш кубига кўшимча компонент сифатида сув буғи юборилади.

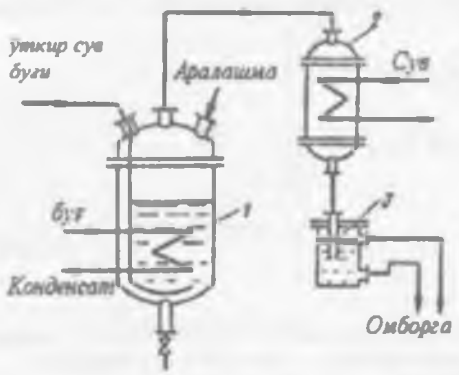
7.52-расмда сув буғи билан оддий ҳайдаш даврида кайнаш температурасини аниклаш диаграммаси келтирилган. Бу диаграммада кайнаш температурасига сув буғининг эластиклик эгри чизиғи билан турли суюкликлар эластиклик эгри чизиклари кесишган нуктаси тўғри келади. Графикдан кўриниб турибдики, атмосфера босимида бензолни сув билан ҳайдаш пайтида жараён температураси 69,5°С, босим p = 0,0395 МПа да 46°С атрофида, босим p = 0,1МПа да толуол учун эса - 85°С.



7.52-расм. Сув буғи билан ҳайдаш пайтида кайнаш температурасини аниклаш.

7.53-расмда аралашмаларни сув буғи билан ҳайдаш курилмасининг схемаси келтирилган.

Бошланғич эритма куб 1 га юкланади ва унинг змеевикига сув буғи юборилади. Сўнг, куб ичидаги эритмага барботёр оркали кучли сув буғи ҳайдалади. Эритманинг кайнаш пайтида ҳосил бўлган буғлар конденсатор 2 га узатилади ва ундан кейин сепаратор 3 да конденсат ажратилади. Сепаратордан сув чикарилади, сувда эримайдиган енгил учувчан компонент эса махсус идишга йиғилади. Одатда, бу усул мувозанат бўлмаган шароитларда амалга оширилади.



7.53-расм. Сув буғи билан оддий ҳайдаш курилмаси:
1 - куб; 2 - конденсатор; 3 - сепаратор

Молекуляр ҳайдаш. Бу усул юкори температурада кайнайдиган ва иссикликка чидамсиз эритмаларни ажратиш учун қўлланилади.

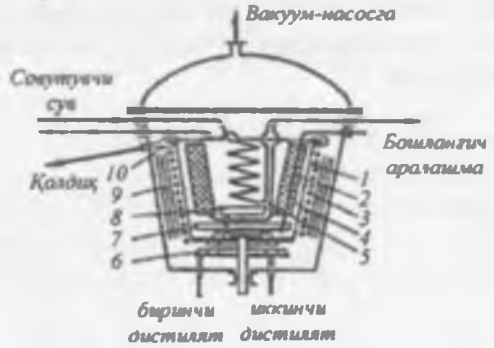
Ушбу жараён ўта паст вакуумда, яъни босим 1,31...0,131Па бўлган ораликда олиб борилади.

Молекуляр ҳайдаш эритмани ташки юзасидан буғлатиш оркали амалга оширилади. Жараён бир - бирига якин ўрнатилган буғлатиш ва конденсациялаш юзаларида рўй беради. Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, улар орасидаги масофа одатда 20...30 мм, яъни молекулаларнинг эркин ҳаракати узунлигидан кам бўлиши керак. Бундай ҳолатда иссик юзадан кўтарилаётган енгил учувчан компонент молекулалари совук юзага урилиши билан конденсацияланади. Буғланиш ва конденсацияланиш юзалари ўртасидаги температуралар фарки 100°С атрофида.

7.54-расмда молекуляр ҳайдаш курилмасининг схемаси келтирилган.

Бошланғич эритма курилмага труба 2 оркали ротор 1 нинг тубига узатилади. Ротордаги эритма марказдан кочма куч таъсирида конус юзаси бўйлаб юпка катлам ҳолида таркалади. Буғланиш юзасидан ажралиб чиккан молекулалар конденсацияланиш юзасига караб йўналади. Учувчанлиги паст компонент буғлари конденсатор 4 юзаларида конденсацияланса, учувчанлиги юкори компонент буғлари эса конденсатор 5 юзасида конденсацияланади. Биринчи фракция конденсатор 4 дан таглик 8 га, иккинчиси эса, змеевикда конденсацияланиб таглик 7 га окиб тушади. Эритманинг буғланмаган кисми эса, марказдан кочма куч таъсирида ротор четидан тармокли нов 10 га тошиб ўтади ва курилмадан чикариб юборилади. Ажратиб олин-

ган дистиллят, таглик 8 чеккасидаги секция оркали халкасимон йиғгичга, таглик 7 дан эса, марказий секция оркали чикариб олинади.



7.54-расм. Молекуляр хайдаш қурилмаси:
1 - ротор; 2 - эритмани узатиш трубаси; 3 - электр иситкич; 4,5 - конденсаторлар. 6 - йиғгич. 7,8 -конденсатор таглиги. 9 - концентрик изоляцион плита. 10 - тармокли нов

7.17. Ректификация

Суюклик аралашмаларини ташкил этувчи компонентларга бир неча марта кисман буғлатиш ва буғларни конденсациялаш натижасида ажратишга ***ректификация*** дейилади.

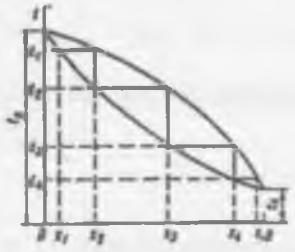
Эритмаларни тўла ажратишни фақат ректификация усули таъминлайди. Бу жараён насадкали ёки тарелкали колонналарда ўтказилади. Колоннада буғ ва эритма карама - карши ҳаракатлантирилади ва ҳар бир тўкнашиш мосламасида буғ конденсацияланса, эритма эса буғнинг конденсацияланиш иссиклиги ҳисобига кисман буғланади.

Шундай килиб, буғ енгил учувчан компонент билан, колоннадан пастга оқиб тушаётган суюклик эса кийин учувчан компонент билан бойитилади. Буғ ва эритманинг кўп марта тўкнашиши ҳисобига дистиллят бутунлай енгил учувчан, куб қолдиғи эса кийин учувчан компонентдан таркиб топган бўлади.

Ректификация жараёнини ҳисоблашда қуйидаги тахминлар кабул килинади:

а) 1 кмоль буғ конденсацияланиш даврида 1 кмоль суюклик буғланади. Демак, ректификацион колоннанинг исталган кўндаланг кесимида ҳаракатланаётган буғнинг миқдори бир хилдир;

б) дефлегматорда конденсацияланаётган буғнинг таркиби ўзгармайди. Ректификацион колоннадан чикиб кетаётган буғнинг таркиби дистиллятникига тенг ($y_d = x_d$) бўлади;



7.55-расм. t - x, y - диаграмма.

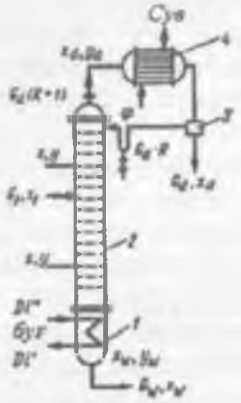
в) эритма буғланиши даврида унинг таркиби ўзгармайди. Демак, буғланиш даврида ҳосил бўлган буғнинг таркиби куб қолдиғиникига тенглашади, яъни ($y_w = x_w$).

Ректификация жараёни *t - x, y* диаграмма ёрдамида тасвирланади (7.55-расм).

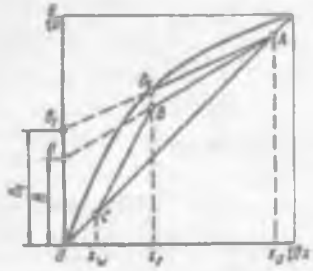
Концентрацияси x_1 бўлган бошланғич эритма кайнаш температураси t_1 гача киздирилганда, суюклик билан мувозанатдаги буғ олинади ва конденсацияланганда енгил учувчан компонентга бойитилган x таркибли суюклик ҳосил бўлади. Ушбу суюклик яна киздирилса ва унинг температураси t_2 гача етказилса, ҳосил бўлган буғнинг конденсацияланиши натижасида x_3 таркибли суюкликни оламиз. Шундай килиб, буғланиш ва конденсациялаш жараёни кўп марта кайтарилса, бошланғич эритмани тоза, енгил ва кийин учувчан компонентларга ажратиш мумкин.

7.17.1. Ректификация жараёнининг моддий ва иссиклик балансларн

Жараённинг принципиал схемаси асосида ректификациянинг моддий ва иссиклик баланслари тузилади (7.56-расм). Ректификацион колоннага узатилган бошлангич эритма дистиллят ва куб колдигига ажратилади.



7.56-расм. Ректификация жараёнининг моддий ва иссиклик балансларини тузишга оид.



7.57-расм. Ректификация жараёни ишчи чизигининг тасвири.

Коллоннадан чикаётган буғлар дефлегматор 4 да конденсацияланади ва ажратувчи идиш 3 га тушади. Бу ерда суюклик икки кисмга, яъни флегма $Ф$ ва дистиллятга ажратилади. Флегма колоннада пуркатилиш учун йўналтирилади.

Жараён моддий баланси ушбу кўринишга эга:

$$G_f = G_d + G_w \tag{7.158}$$

Енгил учувчан компонент бўйича эса:

$$G_f \cdot x_f = G_d \cdot x_d + G_w \cdot x_w \tag{7.159}$$

бу ерда, G_f, G_d, G_w – бошлангич эритма, дистиллят ва куб колдиги массалари, кмоль; x_f, x_d, x_w – бошлангич эритма, дистиллят ва куб колдикларидаги енгил учувчан компонентнинг концентрациялари, моль улушлар.

(7.158) ва (7.159) тенгламалардан дистиллят ҳамда куб қолдиғининг массалари аникланади:

$$G_d = G_f \frac{x_f - x_w}{x_d - x_w} \tag{7.160}$$

$$G_w = G_f \frac{x_d - x_f}{x_d - x_w} \tag{7.161}$$

Бошлангич эритма, куб колдиги ва флегмаларнинг 1 кмоль дистиллятга нисбатларини куйидагича белгилаб оламиз:

$$\frac{G_f}{G_d} = F; \qquad \frac{G_w}{G_d} = W; \qquad \frac{Ф}{G_d} = R$$

Флегма микдорининг дистиллят микдорига нисбати *флегма сони* деб номланади.

Ректификацион колоннанинг таъминлаш тарелкаси уни 2 га ажратади: юкори ва пастки кисмларга.

Умумий тенглама асосида колоннанинг юкори ва пастки кисмлари учун моддий баланс тенгламаларини тузамиз:

$$G \cdot dy = L \cdot (-dx) \tag{7.162}$$

бу ерда, $L = R \cdot G_d$ – колонна юкори кисмида окиб тушаётган суюклик микдори.

Колонна бўйлаб юқорига кўтарилаётган буғ миқдори:

$$G = G_д + \Phi = G_д + RG_д = G_д(1+R) \tag{7.163}$$

Колоннанинг юқори қисми учун:

$$(R+1)\cdot dy = R\cdot(-dx) \tag{7.164}$$

Пастки қисми учун:

$$(R+1)\cdot dy = (F+R)\cdot(-dx) \tag{7.165}$$

Концентрациялари x, y бўлган колонна юқори қисмининг исталган кўндаланг кесими ва концентрациялари $x_д, y_д$ бўлган колоннанинг юқори қисми учун (7.164) тенгламани ёзамиз: ($x_д = y_д$ деб қабул қилинган ҳолда)

$$(R+1)\cdot(y_д - y) = (R+1)\cdot(x_д - y) = R\cdot(x_д - x)$$

Бундан

$$y = \frac{R}{R+1}x + \frac{x_д}{R+1} \tag{7.166}$$

Концентрацияси x, y бўлган колоннанинг пастки қисми ва концентрациялари x_w, y_w бўлган кубнинг исталган кўндаланг кесими учун, $x_w = y_w$ ни ҳисобга олиб (7.165) тенгламани ёзамиз:

$$(R+1)\cdot(y - y_w) = (R+1)\cdot(y - x_w) = (F+R)\cdot(x - x_w)$$

ёки

$$y = \frac{R+F}{R+1}x - \frac{F-1}{R+1}x_w \tag{7.167}$$

Кўриниб турибдики, (7.166) ва (7.167) тенгламалар тўғри чизиқни ифодалайди. (7.166) тенгламадаги $R/(R+1) = tg\alpha$ – ишчи чизиқнинг абсцисса ўқига оғиш бурчаги тангенси $x_д/(R+1) = B$ чизиқ $y - x$ диаграмма ордината ўқида ажратган кесмаси (5.40-расм).

Шундай қилиб, (7.166) ва (7.167) тенгламалар ректификацион колоннанинг юқори ва пастки қисмларининг ишчи чизиқ тенгламаларини ифодалайди.

Агар жараён даврий бўлса, ректификация жараёни колонна юқори қисмининг ишчи чизиғи билан ифодаланади.

(7.164) тенгламадан колоннанинг таъминловчи тарелка кўндаланг кесими ва тепаси учун қуйидаги ифодани оламиз:

$$(R+1)\cdot(x_д - y_f) = R\cdot(x_д - x_f) \tag{7.168}$$

бундан

$$R = \frac{x_д - y_f}{y_f - x_f}. \tag{7.169}$$

7.17.2. Узлуксиз ишлайдиган ректификацион колоннанинг иссиқлик баланси

Бу турдаги курилмаларнинг иссиқлик баланси қуйидаги тенглик билан ифодаланади (7.56-расм).

$$Q_1 + G_f c_f t_f + R\cdot G_д c_д t_д = G_д(R+1)\cdot(r_д - c_д t_д) + G_w c_w t_w + Q_{йўқ} \tag{7.170}$$

бу ерда, Q_1 – кубдаги иссиқлик сарфи, Ж/соат; c_f, $c_д$, c_w – бошланғич эритма, дистиллят ва куб колдикларининг солиштирма иссиқлик сиғими, Ж/(кг К); t_f, $t_д$, t_w – бошланғич эритма, дистиллят ва куб колдикларининг температуралари, К; $r_д$ – дистиллятнинг буғ хосил қилиш иссиқлиги, Ж/ кг; $Q_{йўқ}$ – атроф-мухитга иссикликнинг йўқотилиши, Ж/соат.

Ректификацион колонна кубидаги иссиқлик сарфини (7.170) тенгламадан топамиз:

$$Q_1 = G_д(R+1)\cdot r_д + G_д c_д t_д + G_w c_w t_w + G_f c_f t_f + Q_{йўқ} \tag{7.171}$$

Агар кайнатгич сув буғи билан иситилаётган бўлса, жараённи ўтказиш учун сарфланаётган буғ сарфи ушбу тенгламадан аникланади:

$$D = \frac{Q_1}{i'' - i'} \qquad (7.171a)$$

бу ерда, i'', i' – сув буғи ва конденсатнинг энтальпиялари, кЖ/кг

Ишчи чизиқни у-х диаграммада тасвирлаш. Эритма таркибини характерловчи $x_м$, x_f, x_d концентрация кийматлари абсцисса ўкига қуйилади (7.57-расм). Агар $x_d = y_d$ эканлигини ҳисобга олсак, x_d нуктадан перпендикуляр чикариб, диагонал чизиқ билан кесишган, координатлари $x_d = y_d$ бўлган, A нуктаси топилади.

Флегма сони R маълум бўлса, $B = x_d/(R+1)$ кесма аникланади ва диаграмманинг ордината ўкига қўйилади. Сўнг, B кесманинг учи бўлмиш нукта b ва A лар бирлаштирилади. Бошлангич эритма концентрациясига оид x_f нуктасидан Ab чизиғи билан B нуктада кесишгунча вертикал чизиқ ўтказилади. AB тўғри чизиқ колонна юкори кисмининг ишчи чизигини ифодалайди. Кейин, $x_м$ нуктасидан перпендикуляр чикарилиб, диагонал билан кесишган C нуктани топамиз. C ва B нукталарни бирлаштириб, колонна пастки кисмининг ишчи чизиғини топамиз. Диаграммадан кўриниб турибдики, B нукта иккала ишчи чизик учун умумий бўлиб, таъминловчи тарелкадаги буғ ва суюкликнинг ишчи концентрацияларини характерлайди.

Эритма концентрациялари $x_м$, x_f, x_d бўлганда, ишчи чизикнинг ҳолати кесма B нинг кийматига боғлиқ. Ўз навбатида B кесма ишчи флегма сони R нинг катталиги билан аникланади. Агар флегма сони камайса, кесма B нинг киймати ортади. Бунда ишчи ва мувозанат чизикларининг B_1 нуктасида кесишганда, ишчи чизиқ ўзининг максимал юқори ҳолати - Ab га интилади. Ушбу нуктада жараённи ҳаракатга келтирувчи кучи $\Delta y = y_м - y = 0$ бўлади. Демак, ректификацион колоннанинг фазалар тўкнашиш юзаси чексиз катта бўлиши керак.

Ҳақикатан ҳам, бундай ҳолатда концентрациялар ўзгаришининг назарий поғоналар сони чексиз бўлади ва эритмани фақат чексиз баландликка эга шартли колоннада ажратиш мумкин. Лекин иситувчи буғ ва колонна диаметри минимал кўрсаткичли бўлади. Албатта, бундай шароитда флегма сони ҳам минимал бўлади ва уни ушбу тенгламадан аниклаш мумкин:

$$R_{мин} = \frac{x_d - y_{fм}}{y_{fм} - x_f} \qquad (7.172)$$

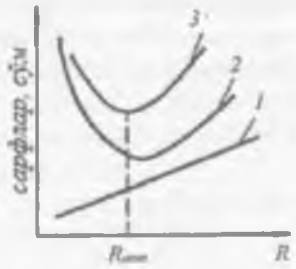
Ишчи чизиғининг қуйи чегаравий ҳолатига чексиз катта флегма сони тўғри келади ва графикда $B=0$ кесма билан ифодаланади. Бу ҳолда иккала ишчи чизик диагонал билан устмауст тушади. Чексиз катта флегма сонига максимал ҳаракатга келтирувчи куч $\Delta y_{мин} = y_м - y$ ва ўз навбатида концентрация ўзгариш назарий поғоналарининг минимал сони ва колоннанинг минимал сони ҳамда колоннанинг минимал баландлиги тўғри келади. Лекин колоннадаги буғ, кайнатгичдаги иситувчи буғ, дефлегматордаги совуқ сув сарфи ва қурилма диаметри максимал бўлади.

7.17.3. Ҳақикий флегма сони

Ҳақикий флегма сонини танлаш ўта мураккаб масаладир, чунки унинг миқдорига караб ректификацион колонна ўлчамлари ва иссиклик элткичлар сарфи ўзгаради. Колонналарни ишлатиш учун зарур сарфлар ва капитал харажатлар ҳамда энергетик сарфлар флегма сонига боғлиқ.

7.58-расмда ҳақикий флегма сонининг ректификация жараёни сарфларига боғликлиги тасвирланган.

Кўриниб турибдики, флегма сони ортиши билани эксплуатацион сарфлар пропорционал равишда ортади. Капитал сарфларнинг флегма сонига боғликлиги колонна диаметри ва ба-



7.58-расм. Ректификация жараёнига бўлган сарфларининг флегма сонига боғлиқлиги:
1- эксплуатацион сарфлар; 2- капитал сарфлар; 3- умумий сарфлар.

ландлигига тескари пропорциоаллиги билан ифодаланади. Флегма сонининг маълум бир кийматига капитал сарфларнинг минимал катталиги тўғри келади.

Умумий сарфлар ва флегма сони орасидаги боғлиқлик ҳам минимум нуқтаси билан характерланади. Бу нуқтага мос R ҳакикий флегма сонининг оптимал кийматига тенг бўлади. Ҳакикий флегма сонини қуйидаги формулада ҳисоблаш мумкин:

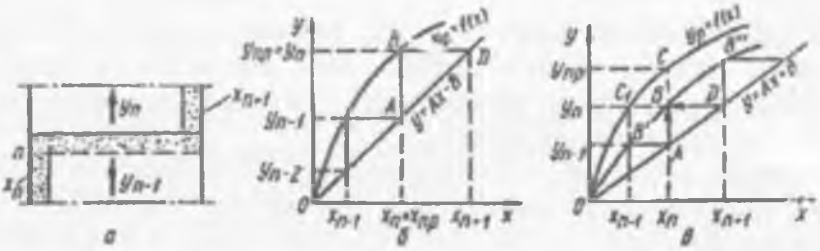
$$R_ж = \beta_R R_{мин} \qquad (7.173)$$

бу ерда, β_R – флегма ортиқчалигини ифодаловчи коэффициент Кўпчилик ҳолларда ушбу коэффициент қуйидаги ораликда бўлади - $\beta = 1,04...1,5$

7.17.4. Ректификацион колонна ишчи баландлиги ва тарелкалар сонини ҳисоблаш

Одатда, ушбу параметрларни аниқлаш концентрациялар ўзгаришининг назарий ёки ҳакикий поғоналари сонига караб олиб борилади. Бунда, назарий поғонада буғ ва окиб тушаётган суюқлик мувозанат ҳолатида бўлади.

Барботаж тарелкасининг ишлаш принципини кўриб чикамиз (7.59-расм).



7.59-расм. Тарелкалар сонини аниқлашга оид:
а - тарелкада буғ ва суюкликнинг ўзаро таъсири, б - буғ ва суюклик мувозанатга эришиш жараёнини y-x диаграммада тасвири; в - буғ ва суюклик мувозанатга эришмаган жараёнини y-x диаграммадаги тасвири

Агар концентрацияси x_{n+1} бўлган суюклик юкоридан n – тарелкага окиб тушса, пастдаги тарелкадан концентрацияси y_{n-1} - бўлган буғ кўтарилади. Масса алмашиниш натижасида суюкликдаги енгил учувчан компонент буғга ўтса, кийин учувчан эса буғдан суюкликка ўтади. Буғдаги енгил учувчан компонент концентрацияси y_n гача ортса, суюкликда эса x_{n+1} дан x_n гача камаяди.

Жараённи таҳлил килишда қуйидаги тахминларни қабул киламиз: тарелкадаги суюклик идеал аралаштирилган ва унинг концентрацияси ўзгармас x_n га тенг; идеал сикиб чикариш режимидаги суюклик катламида буғнинг концентрацияси y_{n-1} дан y_n гача ўзгаради.

Буғ концентрацияси y_{n-1} дан $y_n=y_{пр}$ гача ўзгариши даврида мувозанатга эришиши вертикал AB кесма билан тасвирланса, концентрациясининг x_{n+1} дан x_n гача ўзгариши эса, BD кесма билан характерланади (7.59б-расм). Шундай килиб, ABD поғона битта назарий тарелкада содир бўлаётган жараённи ифодалайди.

Ректификацион колоннада ўрнатиш зарур бўлган назарий тарелкалар сонини аниқлаш учун ишчи ва мувозанат эгри чизикларининг A ва C нуқталари орасига поғоналар қурилади.

Колоннанинг ҳакикий тарелкасида ҳеч качон мувозанат концентрациясига эришиб бўлмайди, яъни $y_n < y_{пр}$ (7.59в-расм).

Колоннадаги ҳақикий тарелкалар сонини аниқлаш учун фойдали иш коэффициенти қўлланилади. Одатда, унинг катталиги тажрибавий усул билан топилади. Ректификация жараёнида масса бериш коэффициентини ҳисоблаш учун қуйидаги тенгламалар тавсия этилади:

суюк фазада:

$$Nu_{ДС} = 540 \cdot \mathrm{Re}_{ж}^{0,33} \cdot \mathrm{Pr}_{Дс}^{0,45} \qquad (7.174)$$

элаксимон тарелкаларда газ фазаси учун:

$$Nu_{ДГ} = 2,5 \cdot \mathrm{Re}_{Г}^{0,72} \cdot \mathrm{Pr}_{ДГ}^{0,5} \cdot We^{-0,25} \qquad (7.175)$$

калпокчали тарелкаларда газ фазаси учун:

$$Nu_{ДГ} = 0,265 \cdot \mathrm{Re}_{Г} \cdot \mathrm{Pr}_{ДГ}^{0,5} \cdot We^{-0,25} \qquad (7.176)$$

(7.175) ва (7.176) тенгламалардаги $Nu_{ДГ}$ ва $Re_{Г}$ критерийларда аниқловчи ўлчам сифатида капилляр константа $\chi = \sqrt{\sigma / \rho_c g}$ ҳисобланади.

Вебер критерийси $We = (\sigma / \rho_c) h_{ст}^2 g$,

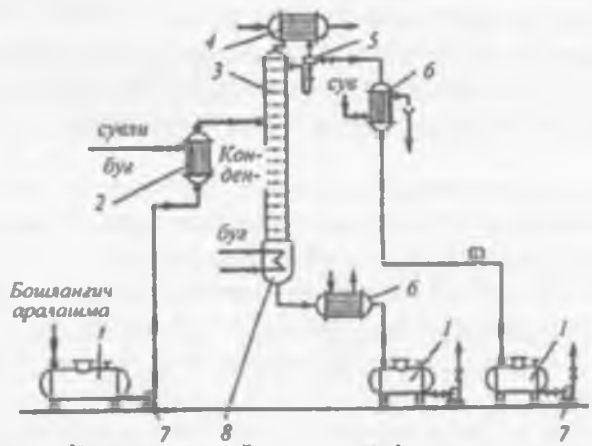
бу ерда, σ – сиртий таранглик, Н/м, $h_{ст}$ – тарелкадаги суюклик катламининг статик баланлиги, м

7.18. Ректификация жараёнини ташкил этиш усуллари

Исталган ректификацион схема таркибида колонна (тарелкали ёки насадкали) ва кайнаткич бўлади. Одатда, кобик - трубали ёки змеевикли иссиклик алмашиниш курилмасидан кайнаткич сифатида фойдаланилади. Қайнаткич колоннанинг пастки кисмида ёки унинг ташкарисида ўрнатилиши мумкин.

Турли саноат корхоналарида тарелкали ва насадкали колонналар кўп ишлатилади.

Узлуксиз ишлайдиган ректификацион колоннанинг принципиал схемаси 7.60-расмда кўрсатилган. Бошланғич эритма иситкич 2 да киздирилади ва колоннанинг таъминловчи тарелкасига узатилади. Колоннадаги кайнаткич 8 нинг иссиклиги таъсирида ректификация жараёни содир бўлади, эритма дистиллят ва куб қолдиғига ажралади. Колоннадан чикаётган буғлар дефлегматор 4 да кисман ёки тўла конденсацияланади. Агар буғ тўла конденсацияланса, ҳосил бўлган дистиллят ажратувчи мослама 5 да икки кисмга бўлинади.



7.60-расм. Узлуксиз ишлайдиган ректификацион колонна.
1 - йиғгич; 2 - иситкич; 3 - ректификацион колонна;
4 - дефлегматор; 5 - ажратувчи мослама; 6 - совуткич;
7 - насослар; 8 - кайнаткич

Биринчи кисм – флегма суюклик тамбаси оркали ўтиб колоннанинг юкори тарелкасида пуркалади, иккинчи кисми – дистиллят совуткич 6 дан ўтказилиб совутилади ва йиғгич 1 да тўпланади.

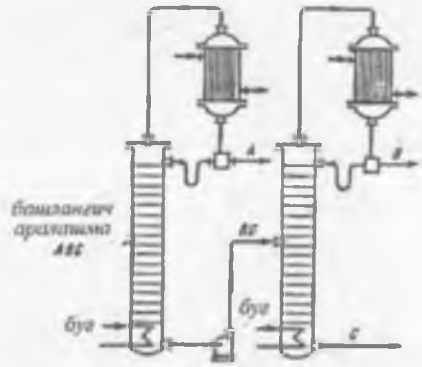
Агар буғлар дефлегматорда кисман конденсацияланса, улар конденсатор-совуткич оркали ўтказилади, у ерда конденсацияланади ва совутилади. Жараён мобайнида ҳосил бўлаётган куб колдиғи унинг кимматлиги ва зарурлигига караб ёки йиғгичда тўпланади, ёки окава сув сифатида утилизацияга йўналтирилади.

Одатда, саноат микёсида бошланғич эритма уч ва ундан кўп кисмларга ажратилади.

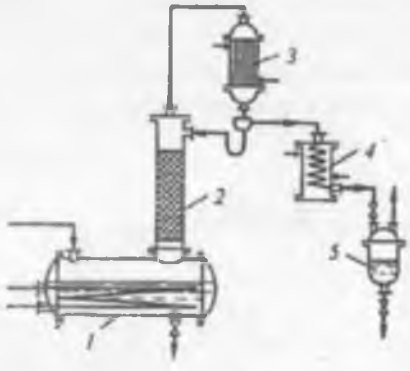
Кўп компонентли эритмаларни ректификация қилиш схемаси 7.61-расмда тасвирланган. Ушбу схема кўп колоннали бўлиб, бошланғич эритмани узлуксиз равишда уч қисм, яъни *A*, *B* ва *C* компонентларга ажратишга мўлжалланган.

Биринчи колонна аралашмани *A+BC* ёки *AB+C* қисмларга ажратади. Аралашмани *n* қисмга ажратиш учун *n-1* ректификацион колонналардан таркиб топган ректификацион схема зарур бўлади.

Даврий ишлайдиган ректификацион колоннанинг принципиал схемаси 7.62-расмда келтирилган.



7.61-расм. Кўп компонентли аралашмаларни ажратиш ректификацион схемаси.



7.62-расм. Даврий ишлайдиган ректификацион колонна схемаси:
1 - қайнаткич, 2 - колонка, 3 - дефлегматор, 4 - совуткич, 5 - йиғгич

Бошланғич аралашма буғ билан иситилаётган қайнаткичга узатилади. Қайнаш температурасигача иситилган аралашманинг буғлари ректификацион колоннанинг пастки қисмига юборилади. Колонна бўйлаб тепага кўтарилаётган буғлар енгил учувчан компонент билан бойиб боради, сўнг эса дефлегматорга тушади. У ерда конденсацияланади. Худди узлуксиз ишлайдиган ректификация схемасидек, конденсат флегма ва дистиллятга ажрайди. Қурилмадаги куб колдиғи тўкилади ва янги бошланғич аралашма билан тўлдирилади.

7.18.1. Газ аралашмаларини фракциялаш

Газни фракциялаш – бу углеводород газларидан таркиб топган аралашмаларни ректификация усулида компонентларга ажратиш жараёнидир.

Табиий газлар таркиби ва табиатига караб тўйинган ва тўйинмаган, қуруқ ва мойли газларга бўлинади. Қуруқ газлар таркибида асосан C_1 ва C_2, мойли газларда C_1, C_2, C_3 ва ундан юкори компонентлар бор. Қуруқ газлар ёқилғи сифатида ишлатилади. Мойли газлар компонентлари кайта ишлаш учун хом-ашё ва бошка максадлар учун қўлланилади.

Тўйинган газлар метан каторидаги углеводородлардан иборат бўлиб, уларни нефтни бирламчи кайта ишлаш ва босим остида кечадиган каталитик риформинг, изомерлаш, гидрокрекинг, гидротозалаш жараёнларида олинади.

Тўйинмаган газлар таркибида кўп миқдорда тўйинмаган углеводородлар бўлиб, улар термик ва каталитик крекинг ҳамда кокслаш жараёнларида олинади.

Ректификацион колонналарда газларни 2 хил усулда бажариш мумкин:

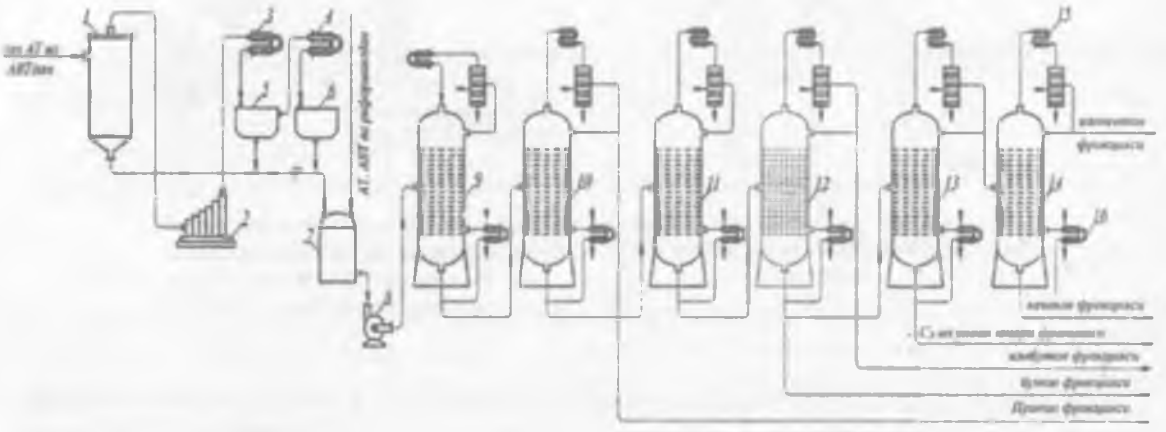
1) босим остида нормал температурада, сув ва ҳаволардан совуклик элткичлар сифатида фойдаланиб ректификациялаш;

2) оддий босим ва паст температурада остида, сунъий совитишдан фойдаланиб ректификациялаш.

Биринчи усулда газни сикиш учун, иккинчи усулда – совитиш учун энергия сарфланади. Масалан, тўйинган газларни фракцияларга ажратиш колоннасида деэтанизациялаш жараёни 1,3 МПа ва 15°С температурада аммиакли совуткич-конденсатордан фойдаланилади ёки 3,4...4,0 МПа босим ва нормал температурада амалга оширилади.

Газни фракцияларга ажратиш қурилмаси турли хил бўлиши мумкин ва технологик схемаларда 6 тадан 10 тагача кетма-кет ёки параллел уланган колонналар ўрнатилади. Ҳамма колонналардаги тарелкалар сони 390 тадан 720 тагача бўлиши мумкин. Қайнаш температуралари жуда оз фаркланадиган изобутан (изобутан ва *н*-бутан) ва изопентан (изопентан ва *н*-пентан) фракциялари учун колонналарда 97...180 та тарелка қўйилиши зарур.

Конденсацион-компрессорли турдаги газларни фракцияларга ажратиш қурилмасининг технологик схемаси 7.62а-расмда кўрсатилган. Газ хом-ашёси сепаратор 1 дан компрессор 2 га узатилади. Сикилган ва температураси ошган газ конденсациялаш



7.62а-расм. Конденсацион-компрессорли газ фракциялаш технологик схемаси:
1-сепаратор; 2-компрессор; 3,4-совутгич-конденсатор; 5,6-сепаратор-йиғгич; 7-суюқ газ йиғгичи; 8-насос; 9-14-ректификацион колонналар; 15-ҳаво билан совутиладиган конденсаторлар; 16-рибойлер

жараёнининг икки боскичидан ўтади: биринчисида сув билан совутилади, иккинчисида эса аммиак билан конденсатор 3,4 ларда совутилади ва суюк газ сепаратор-йиғгич 5,6 ларга тўпланади. Йиғгич 7 дан суюлтирилган газ бирламчи ҳайдаш ва риформинг қурилмаларининг мўътадиллаш маҳсулоти билан биргаликда насос 8 оркали ректификацион колонна 9 га ҳайдалади.

Колоннанинг тепа қисмидан курук метан ва этан ажратиб олинади. Деэтанлашган фракция – колдик депропанизатор 10 га юборилади ва у ерда пропанли фракция ва C_4 ва ундан юкори углеводородли аралашмаларга ажратилади. Охирги аралашма фракциялаш учун кейинги колонна дебутанизатор 11 узатилади. Дебутанизатор 11 нинг тепа кисмидан бутан ва изобутандан иборат аралашма туширилади. Аралашма деизобутанизатор узатилиб, унинг ректификати изобутанли фракция, куб колдиғи эса – бутанли фракциясидир. Дебутанизатор 11 нинг пастки кисмидан колдик – енгил дебутанлашган бензин депропанизатор 13 га йўналтирилади. Ундан куб колдиғи сифатида C_6 ва юкори углеводородлар чикариб олинади. Депропанизатор 13 дан пентан аралашмалари ректификацион колонна 14 ажратиш учун узатилади. Колоннадан ректификат сифатида изопентанли фракция ажралиб чикади, кубда эса пентанли фракция колдик бўлиб колади.

Деэтанизатор 9 да иссиклик аммиак, колган колонналардаги иссиклик – ҳаво билан совутиладиган қурилмалар ёрдамида четга ажратиб олинади. Колонналарнинг пастки кисмига иссиклик рибойлар оркали иситилиб узатилади.

7.19. Ректификацион колонналарни ҳисоблаш

Мисол тарикасида «этил спирт-сув» аралашмасини ажратиш учун узлуксиз ишлайдиган ректификацион колоннани (тарелкали) ҳисоблашни кўриб чикамиз. «Этил спирт-сув» аралашмасининг массавий сарфи G=10000 кг/соат этил спиртининг бошланғич эритмадаги концентрацияси x_F = 35%; (масс); этил спиртнинг дистиллятдаги концентрацияси x_D=95%; (масс); этил спиртининг куб колдиғидаги концентрацияси x_w = 1,5% (масс); флегманинг ортикчалик коэффициенти β_R = 1,3; η = *0,5*; тарелкалар орасидаги масофа h = *200 мм*; иситувчи буғ босими $p_б$ = *0,3 МПа*; ректификация жараёни атмосфера босимида ташкил этилган. Дистиллят G_d, куб колдиғи G_w ва тарелкалар миқдори n ҳамда колонна баландлиги H, диаметри $D_к$ ва иситувчи буғ сарфи D ларни аниклаш зарур. Дистиллятнинг массавий сарфини G_D (кг/ч), куб колдиғини G_W (кг/ч) деб белгилаймиз.

Моддий баланс (7.160) формуладан ҳосил бўлаётган дистиллят ва (7.158) формуладан эса куб колдиғининг миқдорини аниклаймиз:

$$G_D + G_W = 10000$$

$$G_F x_F = G_D x_D + G_W x_W$$

$$10000 \cdot 0{,}35 = G_D \cdot 0{,}98 + G_W \cdot 0{,}015$$

$$G_W = \frac{G_F(x_D - x_F)}{x_D - x_W} = \frac{2{,}77(0{,}98 - 0{,}35)}{0{,}98 - 0{,}015}$$

Ректификация жараёнини y-x координатларида куриш учун бошланғич аралашма, дистиллят ва куб колдиклари таркибидаги енгил учувчан компонент концентрациясини куйидаги формулалар ёрдамида моль улушларда ифодалаш мумкин:

$$x_{f,d,w} = \frac{\frac{a_{f,d,w}}{M_a}}{\frac{a_{f,d,w}}{M_a} + \frac{100 - a_{f,d,w}}{M_B}}$$

бу ерда. M_a ва $M_в$ – енгил спирт ва кийин сув учувчан компонентларнинг молекуляр массалари.

Бошланғич аралашма, дистиллят ва куб колдиқ концентрацияларини моль улушларда ифодалаймиз:

Бошланғич аралашманики

$$x_F = \frac{\frac{x}{M_б}}{\frac{x_F}{M_б} + \frac{100 - x_F}{M_T}} = \frac{\frac{35}{46}}{\frac{35}{46} + \frac{100 - 35}{18}} = 0{,}174$$

Дистиллятники

$$x_D = \frac{\frac{x_D}{M_б}}{\frac{x_D}{M_б} + \frac{100 - x_D}{M_T}} = \frac{\frac{98}{46}}{\frac{98}{46} + \frac{100 - 98}{18}} = 0{,}95$$

Куб колдиғиники

$$x_W = \frac{\frac{x_W}{M_б}}{\frac{x_W}{M_б} + \frac{100 - x_W}{M_T}} = \frac{\frac{1{,}5}{46}}{\frac{1{,}5}{46} + \frac{100 - 1{,}5}{18}} = 0{,}00592$$

Бошлангич эритманинг нисбий моль сарфини аниклаймиз:

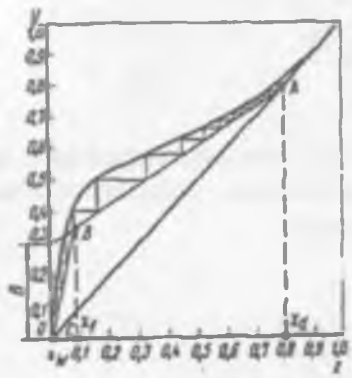
$$F = \frac{x_D - x_W}{x_F - x_W} = \frac{0,95 - 0,00592}{0,17 - 0,00592} = 5,753$$

Тажриба маълумотлари асосида y - x координатларида бошлангич аралашма учун мувозанат чизигини курамиз.

«Этил спирт-сув» аралашмасининг кайнаш температураси (t,°C) ва суюклик (x,%) ва буғ (y,%) нинг мувозанат моляр улушлари (760 мм. рт. ст.) :

x	0	5	10	20	30	40	50
y	0	33,2	44,2	53,1	57,6	61,4	65,4
t	100	90,5	86,5	83,2	81,7	80,8	80,0

x	60	70	80	90	100	Азеотроп аралашма
y	69,9	75,3	81,8	89,8	100	89,4
t	79,4	79	78,6	78,4	78,4	78,15



7.63-расм. Ректификацион колонна тарелкаларининг сонини график усулда аниклаш.

(7.172) формула ёрдамида минимал флегма сонини аниклаймиз:

$$R_{мин} = \frac{x_D - y_F^*}{y_F^* - x_F} = \frac{0,95 - 0,508}{0,508 - 0,17} = 1,3076$$

бу ерда y_F^* =0,508 - бошлангич аралашма таркибидаги енгил учувчан компонент билан мувозанатда бўлган бугдаги енгил учувчан (этил спирт) компонент концентрацияси.

Колонна юкори кисми учун ишчи чизигини куришда (7.173) формуладан хакикий флегма сонини хисоблаймиз:

$$R = 1,3 \cdot R_{мин} + 0,3 =$$

$$= 1,3 \cdot 1,3076 + 0,3 = 1,99$$

Кесма B нинг узунлигини топамиз (7.63-расм):

$$B = \frac{x_d}{R+1} = \frac{0,798}{0,629} = 0,3$$

Сўнг, ордината ўкида B=0,3 кесмани ўлчаб, уни A нукта ($x_d = y_d$ координатли) билан бирлаштирамиз ва колоннанинг юкори кисми учун ишчи чизик оламиз. Пастки кисм учун ишчи чизик эса, B нуктани (x_f, y_f - координатли) C нукта ($x_w = y_w$ координатли) билан бирлаштириб аникланади.

Ишчи чизик тенгламаси :

а) колоннанинг юкори кисми учун :

$$R = \frac{R}{R+1}x + \frac{x_D}{R+1} = \frac{1,99}{1,99+1}x + \frac{0,95}{1,99+1} = \frac{1,99}{2,99}x + \frac{0,95}{2,99}$$

$$y = 0,666653x + 0,3166793$$

б) колоннанинг пастки кисми учун:

$$R = \frac{R+F}{R+1}x - \frac{F-1}{R+1}x_W = \frac{1{,}99+5{,}753}{1{,}99+1}x - \frac{5{,}753-1}{1{,}99+1}\cdot 0{,}00592 =$$

$$= \frac{7{,}75288}{2{,}99}x - \frac{4{,}753}{2{,}99}\cdot 0{,}00592$$

$$y = 2{,}58439x - 0{,}009379$$

Бугнинг тезлиги ва колонна диаметрини аниклаш. Суюкликнинг ўртача концентрациялари:

а) колоннанинг юкори кисми учун :

$$x'_{cp} = \frac{(x_F + x_D)}{2} = \frac{(0{,}17+0{,}95)}{2} = 0{,}56$$

б) колоннанинг пастки кисми учун:

$$x''_{cp} = \frac{(x_F + x_W)}{2} = \frac{(0{,}17+0{,}00592)}{2} = 0{,}08796$$

Буғнинг ўртача концентрациясини ишчи чизик тенгламаларидан аниклаймиз:

а) колоннанинг юкори кисми учун :

$$y'_{cp} = 0{,}666653x'_{cp} + 0{,}3166793 = 0{,}666653\cdot 0{,}56 + 0{,}3166793 = 0{,}69$$

б) колоннанинг пастки кисми учун:

$$y''_{cp} = 2{,}58439x''_{cp} - 0{,}009379 = 2{,}58439\cdot 0{,}08796 - 0{,}009379 = 0{,}21794$$

t – x, y диаграммадан буғнинг ўртача температурасини топамиз:

а) $y'_{cp} = 0{,}69$ да $t'_{cp} = 79{,}5°C$,

б) $y''_{cp} = 0{,}21794$ да $t''_{cp} = 94{,}2°C$.

Буғнинг ўртача моль массаси ва зичлиги :

а) $M'_{cp} = 0{,}69\cdot 46 + 18\cdot 0{,}31 = 37{,}32$ кг/моль;

$$\rho'_{cp} = \frac{M'_{cp}\cdot T_0}{22{,}4\cdot T'_{cp}} = \frac{37{,}32\cdot 273}{22{,}4\cdot 352{,}5} = 1{,}291 \text{ кг/м}^3;$$

б) $M''_{cp} = 0{,}21794\cdot 46 + 18\cdot 0{,}78206 = 24{,}102$ кг/моль;

$$\rho''_{cp} = \frac{M''_{cp}\cdot T_0}{22{,}4\cdot T''_{cp}} = \frac{24{,}102\cdot 273}{22{,}4\cdot 367{,}2} = 0{,}8 \text{ кг/м}^3$$

Колоннадаги буғнинг ўртача зичлиги:

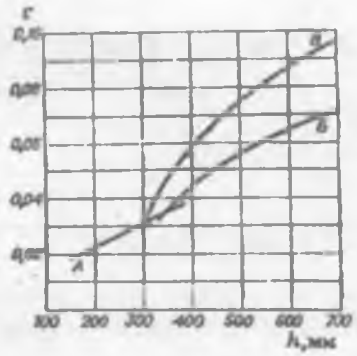
$$\rho_П = \frac{(\rho'_{cp} + \rho''_{cp})}{2} = \frac{(1{,}291+0{,}8)}{2} = 1{,}04569 \text{ кг/м}^3$$

y_D=0,95 бўлганда колонна тепасидаги температура 78,5°С га, куб – буглаткичида x_W=0,00592 да 98°С га тенг.

78,5°С температурада этил спирт зичлиги ρ=799 кг/м^3, 98,2°С да сувники ρ=954,4 кг/м^3.

Колоннадаги суюкликнинг ўртача зичлиги ушбу формуладан аниклаймиз:

$$\rho_ж = \frac{(799+959{,}4)}{2} = 879{,}2 \text{ кг/м}^3$$



7.64-расм. С коэффициент қийматлари:
А,Б – калпокчали тарелкалар.
В–элаксимон тарелка.

Колоннадаги буғ тезлигини аниклаш. «Колонные аппараты» каталог-справочникдан тарелкалар орасидаги масофани h=300 мм ни танлаймиз. Графикдан элаксимон тарелкалар учун C=0,032 эканлигини топамиз (7.64-расм).

Колоннадаги буғ тезлиги:

$$w = C\sqrt{\frac{\rho_ж}{\rho_п}} = 0{,}032\sqrt{\frac{879{,}2}{1{,}04569}} = 0{,}9278 \text{ м/с}$$

Ўртача температура қуйидагича ҳисобланади:

$$t_{ср} = \frac{(79{,}5 + 94{,}2)}{2} = 86{,}85 \text{ °C}.$$

Колоннадан ўтаётган буғнинг ҳажмий сарфи:

$$V = \frac{G_D(R+1)\cdot 22{,}4\cdot T_{ст}\cdot \rho_o}{M_D\cdot T_o\cdot 3600\cdot p} =$$

$$= \frac{3471{,}48\cdot(1{,}99+1)\cdot 22{,}4\cdot 359{,}85\cdot 1{,}033}{44{,}6\cdot 273\cdot 3600\cdot 1} = 1{,}97 \text{ м}^3/с$$

бу ерда, M_D – дистиллятнинг моль массаси:

$$M_D = 0{,}95\cdot 46 + 0{,}05\cdot 18 = 44{,}6 \text{ кг/кмоль}$$

Колонна диаметри:

$$D = \sqrt{\frac{V}{0{,}785\cdot\omega}} = \sqrt{\frac{1{,}97}{0{,}785\cdot 0{,}9278}} = 1{,}648 \text{ м}$$

«Колонные аппараты» каталог-справочникдан D=1600 м ли стандарт колоннани танлаймиз. Унда, колоннада бугнинг тезлиги :

$$w = \frac{V}{0{,}785\cdot D^2} = \frac{1{,}97}{0{,}785\cdot(1{,}6)^2} = 0{,}9844 \text{ м/с}$$

Тарелкалар гидравлик ҳисоби

Қуйидаги ўлчамли элаксимон тарелкани танлаймиз: тешиклар диаметри d_o=4 мм, қуйилиш тўсиғининг баландлиги $h_п$=40 мм. Тарелка тешиклари юзасининг улуши *8%* . Иккита сегментли қуйилиш стаканларининг юзаси тарелка умумий юзасининг *20%* ни ташкил этади.

Колонна юқори ва пастки қисмидаги тарелкалар гидравлик каршилигини ҳисоблаймиз

$$\Delta p = \Delta p_{сух} + \Delta p_{\sigma} + \Delta p_{ж}$$

а) Колонна юкори кисми.

Курук тарелка гидравлик каршилиги:

$$\Delta p_{сух} = \frac{\xi \cdot w_0^2 \cdot \rho_п}{2} = \frac{1{,}82 \cdot (12{,}3)^2 \cdot 1{,}291}{2} = 174{,}7 \text{ Па}$$

бу ерда ξ=1,82 – тешиклар юзаси 7...10% ли элаксимон тарелкалар гидравлик каршилик коэффициенти.

Тарелка тешикларидаги тезлик:

$$w_0 = \frac{0{,}9844}{0{,}08} = 12{,}3 \text{ м/с}$$

Сиртий таранглик кучлари туфайли ҳосил бўлган каршилик:

$$\Delta p_{\sigma} = \frac{4 \cdot \sigma}{d_0} = \frac{4 \cdot 20{,}025 \cdot 10^{-3}}{0{,}04} = 20{,}025 \text{ Па}$$

бу ерда σ=20,025·10^{-3} Н/м – 79,5°С температурада колонна юкори кисмида суюкликнинг сиртий таранглиги; d_0= 0,004 м – тарелка тешикларининг диаметри.

Тарелкадаги буғ-газ аралашмасининг қаршилиги:

$$\Delta p_{ж} = 1{,}3 \cdot h_{ж} \cdot \rho_{ж} \cdot g \cdot k$$

Буғ-газ аралашмасининг баландлиги:

$$h_{ж} = h_п + \Delta h$$

Қуйилиш тўсиғи устидаги катламнинг баландлиги Δh кийматини ушбу формуладан аниклаймиз:

$$\Delta h = \left(\frac{V_ж}{1{,}85 \cdot П \cdot k} \right)^{\frac{2}{3}}$$

бу ерда, $V_ж$ – суюклик ҳажмий сарфи, м^3/с; $П$ – қуйилиш тўсигининг периметри, м; $k=\rho_{п.ж}/\rho_ж$ =0,5 – буғ-газ аралашмаси зичлигининг суюклик зичлигига нисбати.

Колонна юкори қисмидан ўтаётган суюкнинг ҳажмий сарфи:

$$V_ж = \frac{G_D \cdot R \cdot M_{ср}}{M_D \cdot \rho_ж} = \frac{3471{,}48 \cdot 1{,}99 \cdot 33{,}68}{44{,}6 \cdot 879{,}2 \cdot 3600} = 0{,}0016564 \text{ м}^3/\text{с}$$

бу ерда, $M_{ср}$=0,56·46+0,44·18=33,68 – суюкликнинг ўртача моль массаси, кг/кмоль.

Қуйилиш тўсиғининг периметри $П$ ни тенгламалар системасини ечиб топамиз:

$$\begin{cases} \left(\frac{П}{2}\right)^2 + (R-b)^2 = R^2 \\ 0{,}1 \cdot \pi \cdot R^2 = \frac{2}{3} \cdot П \cdot b \end{cases}$$

бу ерда, R=0,8 м – тарелка радиуси, $0.66П \cdot b$ – сегмент юзасининг тахминий киймати.

Ечиш ушбу натижаларни беради: $П$=1,28 м; b=0,257 м. Энди, Δh ни топамиз:

$$\Delta h = \left(\frac{0,0016564}{1,85 \cdot 1,28 \cdot 0,5} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,0125 \text{ м}$$

Тарелкадаги буғ-газ аралашмасининг баландлиги :

$$h_{ж.ж} = h_n + \Delta h = 0,04 + 0,0125 = 0,0525 \text{ м}$$

Буғ-газ аралашмаси катламининг каршилиги:

$$\Delta p_{ж.ж} = 1,3 \cdot h_{ж.ж} \cdot k \cdot \rho_ж \cdot g = 1,3 \cdot 0,0525 \cdot 0,5 \cdot 879,2 \cdot 9,81 = 294,326 \text{ Па}$$

Колонна юкори кисмидаги умумий гидравлик каршилик:

$$\Delta p' = \Delta p_{сух} + \Delta p_\sigma + \Delta p_{ж.ж} = 174,7 + 20,025 + 294,326 = 489,08 \text{ Па}$$

б) колонна пастки кисми :

$$\Delta p_{сух} = \frac{1,82 \cdot (12,3)^2 \cdot 0,8}{2} = 110,285 \text{ Па}$$

$$\Delta p_\sigma = \frac{4 \cdot 18,6 \cdot 10^{-3}}{0,004} = 18,6 \text{ Па}$$

бу ерда σ=18,6·10^{-3}Н/м – $t_{пр}$=94,2°С температурада суюклик сиртий таранглиги

$$V_ж = \left(\frac{G_D \cdot R}{M_D} + \frac{G_F}{M_F} \right) \cdot \frac{M_{ср}}{\rho_ж} =$$

$$\cdot \left(\frac{3471,48 \cdot 1,99}{44,6} + \frac{10000}{22,872} \right) \cdot \frac{18,16576}{3600 \cdot 879,2} = 0,003402 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$M_{ср} = 0,00592 \cdot 46 + 0,99408 \cdot 18 = 18,16576$$

бу ерда (M_F = 0,174·46 + 0,826·18 = 22,872 кг/кмоль)

$$\Delta h = \left(\frac{0,003402}{1,85 \cdot 1,28 \cdot 0,5} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,02 \text{ м}$$

$$h_{ж.ж} = 0,04 + 0,020211 = 0,06 \text{ м}$$

$$\Delta p_{ж.ж} = 1,3 \cdot 0,060211 \cdot 0,5 \cdot 879,2 \cdot 9,81 = 337,556 \text{ Па}$$

Колонна пастки кисмидаги умумий гидравлик каршилик:

$$\Delta p'' = 110,285 + 18,6 + 337,556 = 446,441 \text{ Па}$$

Тарелкалар орасидаги масофа $h = 0,3$м бўлганда тарелкалар нормал ишлаш шартлари бажарилишини текширамиз:

$$h > 1,8 \frac{\Delta p}{\rho_ж \cdot g}$$

Колонна юкори кисмидаги тарелкаларникига караганда гидравлик каршилиги Δp катта бўлган пастки кисм тарелкалари учун:

$$\frac{1{,}8\Delta p'}{\rho_ж g} = \frac{1{,}8 \cdot 446{,}441}{879{,}2 \cdot 9{,}81} = 0{,}09317\ м$$

Тарелка ишлашининг турғун ишлашини текширамиз – тарелка тешикларидаги минимал тезлик w_{omin} ни ҳисоблаймиз:

$$w_{omin} = 0{,}67\sqrt{\frac{g\rho_ж h_{пж}}{\varphi\rho_п}} = 0{,}67 \cdot \sqrt{\frac{9{,}81 \cdot 879{,}2 \cdot 0{,}06}{1{,}82 \cdot 0{,}8}} = 12{,}2874\ м/с$$

Ҳисобланган тезлик w_{omin} = 12,2874 м/с. Демак, тарелканинг ҳамма тешиклари жараёнда иштирок этади.

Колонна баландлиги ва тарелкалар сонини ҳисоблаш.

а) $y - x$ диаграммага колоннанинг юқори ва пастки кисмларининг ишчи чизикларини чизамиз ва концентрация ўзгариши поғоналарининг сони n_m ни топамиз. Колоннанинг юкори кисми учун $n_T' \approx 10$ ва пастки кисми учун $n_T'' \approx 4$. Жами 14 поғона. Тарелкалар сони ушбу тенгламадан аникланади:

$$n = n_T / \eta .$$

Тарелкалар ф.и.к. η ни аниклаш учун ажратилаётган компонентлар учувчанлик коэффициенти $\alpha = P_e / P_T$ ва ўртача температура 86,85°С да бошланғич аралашма динамик ковушкоклик коэффициенти μ ни топамиз.

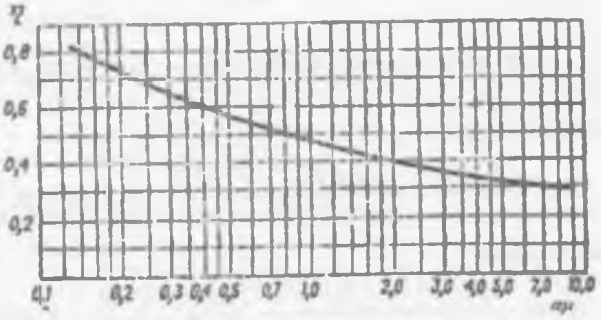
Этил спирт буғининг ушбу температурадаги тўйинган буғи Р=1065 мм.сим.уст., сувники Р=469,8 мм. сим. уст. Бундан,

$$\alpha = 1065 / 469{,}8 = 2{,}2669 .$$

Этил спиртнинг динамик ковушкоклик коэффициенти (86,85°С) μ =0,552 сП, сув учун μ=0,331 сП. Аралашма динамик ковушкоклик коэффициенти

$$\mu = 0{,}441\ сП = 0{,}441 \cdot 10^{-3}\ Па \cdot с .$$

Унда $\alpha\mu = 2{,}2669 \cdot 0{,}441 = 0{,}99970$.



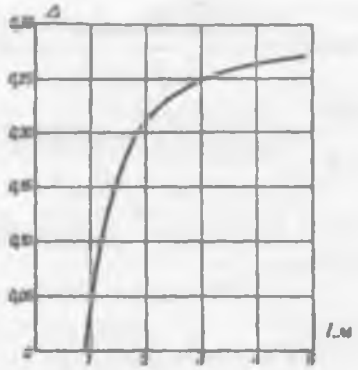
7.65-расм. Тарелка ўртача ф.и.к. тахминий аниклаш учун диаграмма.

Графикдан η=0,48 эканлигини топамиз. Суюкликнинг тарелкадаги ҳаракат йўлининг узунлиги:

$$l = D - 2b = 1{,}6 - 2 \cdot 0{,}257 = 1{,}086\ м$$

Графикдан Δ=0,059 эканлигини топамиз. Тарелкаларнинг ўртача ф.и.к.:

$$\eta_1 = \eta(1 + \Delta) = 0{,}48(1 + 0{,}059) = 0{,}508$$



7.66-расм. Тузатиш қиймати Δ нинг тарелкадаги суюқликнинг ҳаракат йўли узунлиги *l* га боғлиқлиги.

Таккослаш учун тарелка ф.и.к. η_o ни аниқлаймиз:

$$\eta_O = 0{,}068K_1^{0.1} \cdot K_2^{0.115}.$$

Ушбу формуладаги ўлчамсиз

$$K_1 = \frac{\mathrm{Re}_п}{S_{св}} \mathrm{Pr}'_ж \frac{\mu_п}{\mu_ж} = \frac{wh_п\rho_п}{S_{св}\mu_п} \frac{\mu_ж}{\rho_ж D_ж} \frac{\mu_п}{\mu_ж} = \frac{wh_п\rho_п}{S_{св}\rho_ж D_ж};$$

$$K_2 = \frac{\mathrm{Re}_п}{We} \mathrm{Pr}'_ж \frac{\nu_п}{\nu_ж} = \frac{wh_п\sigma}{\nu_п\rho_ж w^2} \frac{\nu_ж\nu_п}{h_п D_ж \nu_ж} = \frac{\sigma}{w\rho_ж D_ж},$$

бу ерда. w – колоннадаги буғ тезлиги, м/с, $S_{св}$ – тарелка тешиклари юзасининг улуши, $h_п$ – қуйилиш тўсиғининг баландлиги, м, $\rho_п$ ва $\rho_ж$ – буғ ва суюқлик зичлиги, кг/м^3, $D_ж$ – енгил учувчан компонентнинг диффузия коэффициенти, м^2/с; σ – суюқлик сиртий таранглиги, Н/м.

Физик-кимёвий константалар ўртача температура аниқланган. Диффузия коэффициенти $D_ж$:

$$D_ж = 7{,}4 \cdot 10^{-12} \frac{(\beta\mu)^{0.5} T}{\mu_ж \nu^{0.6}}$$

Ушбу шароит учун: β=1; $\mu_ж$=0,441·10^{-3}Па·с; M=M_f=22,872 кг/кмоль; ν=58 м^2/с; T=86,85+273=359,85 К.

Диффузия коэффициенти:

$$D_ж = \frac{7{,}4 \cdot 10^{-12} \cdot 22{,}872^{0.5} \cdot 359{,}85}{0{,}441 \cdot 58^{0.6}} = 2{,}5264 \cdot 10^{-9}$$

Ўлчамсиз комплекслар:

$$K_1 = \frac{\omega h_п \rho_п}{S_{св}\rho_ж D_ж} = \frac{0{,}9844 \cdot 0{,}04 \cdot 1{,}04569}{0{,}08 \cdot 879{,}2 \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-9}} = 2{,}34 \cdot 10^5;$$

$$K_2 = \frac{\sigma}{\omega\rho_ж D_ж} = \frac{40{,}3025 \cdot 10^{-3}}{0{,}9844 \cdot 879{,}2 \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-9}} = 0{,}931 \cdot 10^4.$$

Тарелка ўртача ф.и.к.

$$\eta_O = 0{,}068K_1^{0.1}K_2^{0.115} = 0{,}068(2{,}34 \cdot 10^5)^{0.1} \cdot (0{,}931 \cdot 10^4)^{0.115} = 0{,}669.$$

Тарелкалар сони

Колонна юкори кисмида

$$n' = n'_T / \eta_1 = 10 / 0{,}508 = 20;$$

Колонна пастки кисмида

$$n' = n''_T / \eta_1 = 4 / 0{,}508 = 8.$$

Тарелкалар умумий сони n=28, захира билан n=32. Шу жумладан, юқори кисмида 20 та ва пастки кисмида 12.

Колоннанинг тарелкали кисмининг баландлиги

$$H_T = (n-1)h = (32-1)\cdot 0{,}3 = 9{,}3 \text{ м}$$

Тарелкаларнинг умумий гидравлик каршилиги:

Курилманинг иссиклик хисоби. Дефлегматор – конденсаторда совутувчи сувга таркалаётган иссиклик микдори ушбу тенгламадан аникланади:

$$Q_Д = G_D(1+R)r_D = \frac{3471{,}48}{3600}\cdot(1+1{,}99)\cdot 921{,}660\cdot 10^3 =$$

$$= 2666163{,}563 Вт$$

Бу ерда

$$r_D = \bar{x}_D r_б + (1-\bar{x}_D)r_T = 0{,}95\cdot 848{,}493\cdot 10^3 +$$

$$+ (1-0{,}95)\cdot 2311{,}843\cdot 10^3 = 921{,}660\cdot 10^3 Ж/кг$$

бу ерда, $r_б$ ва $r_т$ – этил спирт ва сувларининг 78,5°С даги солиштирма конденсация иссиклиги.

Куб-буғлаткичда иссиклик сарфи ушбу тенгламадан аникланади:

$$Q_R = Q_Д + G_D c_D t_D + G_W c_W t_W - G_F c_F t_F + Q_{пот} =$$

$$= 1{,}03\cdot(2666163{,}5 + 0{,}9643\cdot 0{.}81\cdot 4190\cdot 78{,}5 + 1{,}81\cdot 1\cdot 4190\cdot 98 -)$$

$$- 2{,}777\cdot 0{,}9\cdot 4190\cdot 84) = 2870241{,}25 \text{ Вт}$$

бу ерда $Q_{пот}$ иссиклик йўкотилиши тахминан 3%.

Солиштирма иссиклик сиғимлари t_D=78,5°С; t_W=98°С; t_F=84°С температураларда олинган; бошланғич аралашма кайнаш температураси t_F=84°С диаграммадан олинади.

Буғ иситкичидаги иссиклик сарфи:

$$Q = 1{,}05 G_F c_F (t_F - t_{нач}) = 1{,}05\cdot 2{,}777\cdot 0{,}752\cdot 4190\cdot(84-18) = 606374{,}56 Вт$$

бу ерда, $Q_{пот}$ – иссиклик йўкотилиши тахминан 5% олинган.

Бошланғич эритма солиштирма иссиклик сиғими

$$c_F = (0{,}5\cdot 0{,}835 + 0{,}5\cdot 0{,}675)\cdot 4190 Ж/кг\cdot К$$

Ўртача температура $\frac{(84+18)}{2} = 51°С$ да олинган.

Дистиллят совуткичда сувга таркалаётган иссиклик микдори:

$$Q = G_D c_D (t_D - t_{кон}) = 0{,}9646\cdot 0{,}75\cdot 4190\cdot(78{,}5-25) = 162172{,}17 Вт$$

бу ерда дистиллят солиштирма иссиклиги $c_D = 0{,}75\cdot 4190$ Ж/(кг·К) ўртача 52°С да олинган.

Куб колдиғида совук сувга узатилаётган иссиклик микдори:

$$Q = G_W c_W (t_W - t_{хол}) = 1{,}81 \cdot 0{,}98 \cdot 4190 \cdot (98 - 25) = 542552{,}5\ Вт$$

бу ерда куб колдиги солиштирма иссиклиги $c_ж = 0{,}98 \cdot 4190$ Ж/(кг·К) ўртача (98+25)/2=62°С да олинган намлиги 5% ва босими $p_{абс}$=2,5 кг к/см² бўлган бугнинг сарфи:

а) куб – буғлаткичда

$$G_{г.п} = \frac{Q_К}{r_{г.п} x} = \frac{2870241{,}25}{2141 \cdot 10^3 \cdot 0{,}95} = 1{,}41\ кг/с$$

бу ерда, $r_{г.п}$=2141·10³ Ж/кг – иситувчи буг солиштирма конденсацияланиш иссиклиги;

б) аралашма иситкичида

$$G_{г.п} = \frac{606374{,}56}{2141 \cdot 10^3 \cdot 0{,}95} = 0{,}2981\ кг/с$$

Жами: 1,41 + 0,2981 = 1,7 *кг/с*

20°С га совитиш учун сувнинг сарфи:

а) дефлегматорда

$$V_в = \frac{Q_Д}{c_в (t_{кип} - t_{хол}) \rho_в} = \frac{2870241{,}25}{4190 \cdot 20 \cdot 1000} = 0{,}03425\ м^3/с$$

б) дистиллят совуткичда

$$V_в = \frac{162172{,}17}{4190 \cdot 20 \cdot 1000} = 0{,}001935\ м^3/с$$

в) куб қолдиғи совуткичида

$$V_в = \frac{542552{,}2}{4190 \cdot 20 \cdot 1000} = 0{,}006474\ м^3/с$$

Жами: 0,04265 м³/с

Ректификацион колоннанинг механик ҳисоби тарелкали абсорберларни ҳисоблаш каби тавсия этилади.

7-боб. Ҳайдаш ва ректификациялаш бўйича Мустакил тайёрланиш ва кайтариш учун саволлар

1. Ҳайдаш жараёнининг моҳияти нимада?
2. Қийин учувчан компонент нима?
3. Енгил учувчан компонент нима?
4. Дальтон конунининг физик маъноси ва формуласини ёзинг.
5. Коноваловнинг 1- конуни нимани ифодалайди?
6. Коноваловнинг 2- конуни нимани ифодалайди?
7. Қандай суюкликлар азеотроп эритма деб аталади?
8. Оддий ҳайдаш нима?
9. Фракцияли ҳайдаш схемасини чизинг ва тушунтиринг.
10. Дефлегмацияли ҳайдаш схемасини чизинг ва тушунтиринг.
11. Сув буғи билан ҳайдаш схемасини чизинг ва тушунтиринг.
12. Молекуляр ҳайдаш схемасини чизинг ва тушунтиринг.
13. Ректификация нима?
14. Жараён моддий балансини тузинг.
15. Ректификация жараёнининг иссиклик балансини тузинг.
16. Флегма нима?
17. Ректификат нима?
18. Ҳакикий флегма сони кайси формула билан ифодаланади?
19. Ректификация жараёнини ташкил этиш усуллари.
20. Ректификация колонналарини ҳисоблаш кетма-кетлиги.

АДСОРБЦИЯ

7.20. Умумий тушунчалар

Газсимон ёки суюклик аралашмаларидан бир ёки бир неча компонентни каттик, говаксимон жисм ёрдамида ютиш жараёни ***адсорбция*** деб номланади. Ютилаётган модда адсорбтив, ютувчи модда эса ***адсорбент*** деб аталади.

Адсорбция жараёнининг ўзига хослиги шундаки, селектив ва кайтар жараёндир. Жараённинг кайтар бўлишлиги туфайли адсорбент ёрдамида буғ - газ аралашамаларидан бир ёки бир неча компонентларни ютиш, сўнг эса махсус шароитда уларни адсорбентдан ажратиб олиш мумкин.

Адсорбцияга тескари жараён ***десорбция*** деб номланади. Адсорбция жараёни халк хўжалигининг турли соҳаларида кенг таркалган бўлиб, газларни тозалаш ва кисман қуритиш, эритмаларни тозалаш ва тиндириш, буғ - газ аралашмаларини ажратиш учун ишлатилади.

Кимё, нефть-газ саноатларида адсорбция қуйидаги ҳолларда: газлар ва эритмаларни тозалаш ва қуритишда, эритмалардан кимматбаҳо моддаларни ажратиб олишда, нефть ва нефть маҳсулотларини тозалашда, нефтни қайта ишлашда ҳосил бўладиган газ аралашмаларидан ароматик углеводородларни (этилен, водород, бензин фракцияларидан ароматик углеводородларни) ажратиб олишда ишлатилади.

Адсорбция жараёни 2 хил бўлади, яъни физик ва кимёвий адсорбция. Агар адсорбент ва адсорбтив молекулаларининг ўзаро тортишиши Ван-дер-Ваальс кучлари таъсири остида содир бўлса, бундай жараён ***физик адсорбция*** деб номланади.

Физик адсорбция жараёнида адсорбент ва адсорбтивлар ўртасида кимёвий ўзаро таъсир бўлмайди.

Адсорбция жараёнида буғларнинг ютилиши пайтида улар конденсацияланади, яъни адсорбент коваклари суюклик билан тўлиб қолади. Бошқача қилиб айтганда, адсорбентда капилляр конденсация рўй беради.

Кимёвий адсорбция ёки ***хемосорбция*** адсорбент ва ютилган модда молекулалари орасида кимёвий боғлар ҳосил бўлиши билан характерланади. Бу албатта кимёвий реакциянинг натижасидир. Ундан ташқари, хемосорбция жараёнида кимёвий реакция туфайли катта миқдорда иссиклик ажралиб чикади. Одатда, адсорбция жараёнида ажралиб чикадиган иссиклик ***адсорбция иссиқлиги*** (Ж/кг) деб номланади ва тажрибавий усулда ёки қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$r = \frac{19{,}16 \cdot \ln \frac{p_2}{p_1}}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}} \qquad (7.177)$$

бу ерда. p_1 ва p_2 – тегишли абсолют температуралар T_1 ва T_2 ларда адсорбент устидаги ютилаётган модданинг мувозанат босимлари

Шундай килиб, хемосорбция жараёни юкори температурада кичик тезликларда содир бўлади.

Адсорбция жараёнининг селективлиги адсорбент ва ютилаётган компонентнинг концентрациясига температурага, табиатига ва газлар ютилаётганда босимга боғликдир.

Ундан ташкари, жараён тезлиги адсорбентларнинг солиштирма юза катталигига ҳам боғлик.

7.21. Адсорбентлар турлари ва характеристикалари

Маълумки, мамлакат иктисодиятининг турли соҳаларида қўлланиладиган адсорбентлар иложи борича катта солиштирма юзага эга бўлиш керак. Кимё, озик-овкат ва бошка саноатларда фаолланган кўмир, силикагель, алюмогель, цеолит, целлюлоза, ионитлар, минерал тупрок

(бентонит, диатомит, каолин) ва бошка материаллар адсорбент сифатида ишлатилади. Албатта, адсорбентлар махсулот билан бевосита таъсирда бўлгани учун зарарсиз, мустаҳкам, заҳарлимас ва махсулотни ифлос килмаслиги керак.

Адсорбентлар модданинг масса бирлигига нисбатан жуда катта солиштирма юзали бўлади. Унинг капилляр каналлари ўлчамига караб 3 гуруҳга бўлинади, яъни макроковакли (>$2\cdot10^{-4}$ мм), оралик ковакли ($6\cdot10^{-6}$...$2\cdot10^{-4}$ мм) ва микроковакли ($2\cdot10^{-6}$...$6\cdot10^{-6}$ мм) бўлади. Шуни таъкидлаш керакки, адсорбция жараёнининг характери кўп жиҳатдан коваклар ўлчамига боглик.

Адсорбент юзасида ютилаётган компонент молекулаларининг миқдорига караб бир молекулали (мономолекулали адсорбция) ва кўп молекулали катлам (полимолекулали адсорбция) ҳосил килиш мумкин.

Адсорбентларнинг яна бир муҳим характеристикаси шундаки, бу унинг ютиш кобилияти ёки фаоллигидир. Адсорбент фаоллиги унинг бирлик массаси ёки ҳажмида компонент ютиш миқдори билан белгиланади. Ютиш кобилияти 2 хил, яъни статик ва динамик бўлади. Адсорбентнинг статик ютиш кобилияти масса ёки ҳажм бирлигида максимал миқдорда модда ютиши билан белгиланади.

Динамик ютиш кобилияти эса, адсорбент оркали адсорбтив ўтказиш йўли билан аникланади.

Адсорбентларнинг компонент ютиш кобилияти температура, босим ва ютилаётган модда концентрациясига боғлик. Ушбу шароитларда адсорбентнинг максимал ютиш кобилияти мувозанат фаоллиги деб номланади.

Адсорбентлар зичлиги, эквивалент диаметри, мустаҳкамлиги, гранулометрик таркиби, солиштирма юза каби хоссалари билан характерланади. Саноатда кўпинча гранула (2...7 мм) кўринишидаги ёки ўлчамлари 50...200 мкм бўлган кукунсимон адсорбентлардан фойдаланилади.

Фаолланган кўмирлар одатда таркибида углерод бор ёғоч, торф, ҳайвонлар суяги, тошкўмир каби махсулотларни курук ҳайдаш йўли билан олинади. Кўмир фаоллигини ошириш учун унга 900°С дан ортик температурада ҳавосиз термик ишлов берилади. Бунда, материал ковакларидаги смолалар экстрагент ёрдамида экстракция килиб олинади.

Фаолланган кўмирларнинг солиштирма юзаси - 600...1750 $м^2/г$, тўкма зичлиги - 250...450 $кг/м^3$, микроковаклар ҳажми - 0,23...0,7 $см^3/г$. Ундан ташкари, улар таркибида жуда кам миқдорда (<8%) кул бўлади. Яна шуни таъкидлаш керакки, ҳавода 300°С температурада фаолланган кўмир ёнади.

Фаолланган кўмирнинг майда кукунлари 200°С га якин температурада ёнади ва концентрацияси 17...24 $г/см^3$ бўлганда ҳаво таркибидаги кислород билан портловчи бирикма ҳосил килади.

Адсорбция жараёнида тозалашнинг самарадорлиги адсорбентнинг говаксимон тузилишига боғлик бўлиб, бунда микроковак асосий роль ўйнайди. Фаолланган кўмирлар адсорбцион бўшлиғининг чегаравий ҳажми 0,3 $см^3/г$ лиги тозалаш жараёнида кўллаш тавсия этилади. Маълумки, микроковаклар ўлчами каталитик реакциялар тезлигини белгилайди. Микроковак ўлчами 0,8...1,0 мкм бўлган фаолланган кўмирлар оптимал деб ҳисобланади.

Спирт ва ликёр-арок ишлаб чикариш саноатида ок кайин БАУ, бук каби ёғочлардан олинган фаолланган кўмир, спирт-ректификатларни альдегид, кетон, мураккаб эфир, карбон кислоталар ва юкори молекулали бирикмалардан тозалашда ишлатилади. Ундан ташкари, мевалар шарбати ва пивони тиндириш учун ҳам ишлатиш мумкин. Қанд шарбатини тиндириш учун эса суяк кўмири асосида олинган кўмирлар кўлланилади. Қанд шарбати, коньяк, вино, мева шарбатлари, эфир ёғлари, желатинни тозалаш учун майда донасимон фаолланган кўмир - деколар ишлатилади. Айрим ҳолларда, фаолланган кўмирлар тозалаш билан бирга ҳид, ёкимсиз таъм, коллоид ва бошка кўшимча аралашмаларни ҳам йўкотади.

Силикагеллар – бу кремний кислота гелининг сувсизлантирилган махсулотидир. Ушбу адсорбентлар натрий силикат эритмаларига кислота ёки улар тузларининг эритмаларини таъсири натижасида олинади. Силикагелларнинг солиштирма юзаси 400...780 $м^2/г$, тўкма

зичлиги эса 100...800 кг/м^3. Силикагел гранулалари 7 мм гача бўлиши мумкин. Силикагеллар асосан сув буғини ютиш, газларни қуритиш, суспензияларни тозалаш учун қўлланилади. Бу адсорбент бошқа адсорбентларга караганда ёнмайди, механик жиҳатдан мустаҳкам бўлади.

Цеолитлар – табиий ва сунъий минерал ҳолатида бўлиб, алюмосиликатнинг сувли бирикмаси. Ушбу адсорбент сувда ва органик эритмаларда эримайди. Сунъий цеолит коваклари ўлчами сорбцияланаётган молекула ўлчамига якин бўлгани учун, ковакларга кириётган молекулаларни адсорбция кила олади. Бу турдаги цеолитлар молекуляр элаклар деб номланади. Цеолитларнинг айрим турлари шарбатларни концентрлаш учун ишлатилади.

Цеолитлар юкори ютиш кобилиятига эга бўлгани учун, газларни ва суюкликларни кисман куритиш ёки сувсизлантириш учун ҳам қўлланилади. Цеолитлар, кўпинча 2...5 мм диаметрли гранула кўринишида ишлаб чикарилади.

Тупроклар ва табиий тупроксимон адсорбентлар каторига бентонит, диатомит, гумбрин, каолин, асканит, мураккаб кимёвий таркибли юкори дисперс системалар SiO_2, Al_2O_3, CaO, Fe_2O_3, MgO ва бошка металл оксидлари киради. Табиий тупроклар фаоллигини ошириш учун улар сульфат ва хлорид кислоталар билан кайта ишланади. Натижада кальций, магний, темир, алюминий ва бошка металл оксидлари чикариб юборилиши туфайли қўшимча коваклар ҳосил бўлади.

Бу тупроклар солиштирма юзаси 20...100 м^2/г, коваклар ўртача радиуси 3...10 мкм бўлади.

Катион алмашиниш сиғими ортиши билан тупрокларнинг тозалаш қобилияти кўпаяди. Одатда, тупроклар суюклик муҳитларни тозалаш учун ишлатилади, масалан, рангли моддаларни кайта ишлаш натижасида маҳсулот оқаради. Шунинг учун, айрим ҳолларда тупрокли адсорбентлар оқартирувчи тупрок деб ҳам аталади.

7.22. Адсорбция жараёни мувозанати

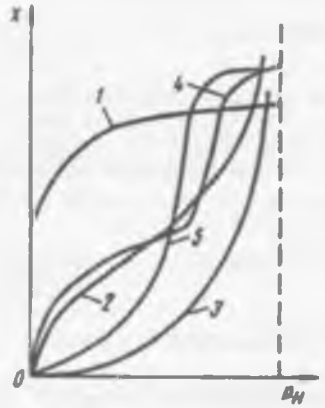
Адсорбцион кучлар табиатидан катъи назар, адсорбентнинг масса ёки ҳажм бирлигида ютилган модда миқдори, ютилаётган модда табиати, температура, босим ва фазадаги аралашма миқдорига боғлик.

Жараёндаги каттик ва газ ёки суюклик фазаларида ютилаётган модданинг мувозанат концентрациялари ўртасида қуйидаги боғликлик бор:

$$\bar{x}_м = f_1(\bar{y}) \qquad \text{ёки} \qquad \bar{x}_м = f_2(p) \tag{7.178}$$

бу ерда $\bar{x}_м$ - адсорбентда ютилган модда (адсорбтив) концентрацияси, яъни газ ёки суюклик фазаларидаги адсорбтивнинг мувозанат концентрацияси, кг адсорбтивнинг 1 кг адсорбентга нисбати; $\bar{y}$ – буг ёки суюклик фазадаги адсорбтив концентрацияси, кг адсорбтивнинг 1 кг инерт кисмига нисбати; p - буг-газ аралашмадаги адсорбтивнинг мувозанат босими, Н/м^2.

(7.178) тенглама билан ифодаланувчи боғликликлар ***адсорбция изотермалари*** деб номланади.



7.67-расм. Изотермаларнинг асосий турлари.

Кимёвий термодинамика асосида адсорбция изотермаларининг аник ифодалари топилади:

Ленгмюр изотермалари

$$x_м = \frac{abp}{1+ap} \tag{7.179}$$

ёки Фрейдрих изотермалари

$$x_м = k \cdot p^{\frac{1}{n}} \tag{7.179а}$$

бу ерда, $x_м$ – адсорбент билан ютилган модда концентрацияси, кг 1 кг адсорбентга; a, b, k, n – тажрибавий усул билан аникланадиган константалар.

Температура пасайиши, босим ортиши ва фазаларда қўшимча аралашмалар бўлмаса, адсорбция жараёни тезлашади.

Адсорбция изотермасининг тури кўпгина омилларга: адсорбентниг солиштирма юзаси, коваклар ҳажми, адсорбент тузилиши, ютилаётган модда хоссалари ва жараён температурасига боғлик.

7.67-расмда асосий 5 хил изотермалар тури келтирилган.

Расмдаги 1 эгри чизик микроковакли адсорбентга оид. 2 ва 4 эгри чизиклар бошланишидаги бўртиклик ҳам микроковаклар билан боғлик. Изотермаларнинг кейинги кисми йўналишини полимолекуляр адсорбция ва капилляр конденсация белгилайди. 3 ва 5 эгри чизиклар ботик кисми «адсорбент-адсорбтив» системада адсорбтив билан адсорбент молекулаларининг ўзаро таъсир кучлари адсорбтив молекулаларининг ўзаро таъсир кучларидан кам бўлган ҳолатини характерлайди. Бу турдаги изотермалар жуда кам учрайди.

Адсорбция жараёнида буг ёки суюклик фазадан бир неча модда адсорбцияланаётганда, ҳамма моддалар ютилиши аникланган. Лекин ҳар бир модданинг мувозанат концентрацияси ҳар бир моддани алоҳида адсорбциялашдаги концентрациясига караганда кам бўлади.

Адсорбция жараёнининг бир неча назарияси мавжуд бўлиб, уларнинг ҳар бири маълум шароитдаги тажриба натижаларини ифодалайди.

М.М.Дубинин назариясига биноан, микроковакли адсорбент иштирокида ўтказилаётган адсорбция жараёни микроковакларни адсорбтив билан тўлдирилиши деб каралади. Жуда катта температуралар оралиғида газ ва буғлар адсорбцияси учун келтириб чикарилган тенгламалар адсорбтив мувозанат концентрациясининг адсорбент коваклари тузилишига боғликлигини характерлайди. Бундай тенгламалар мураккабдир.

Проф. М.М.Дубинин томонидан олинган тенгламалардан бири қуйидаги кўринишга эга:

$$x_м = \frac{V}{V_c}\exp\left[-B\frac{T^2}{\beta_a^2}\lg\left(\frac{P}{p}\right)^2\right] \qquad (7.180)$$

бу ерда, V – адсорбент коваклари ҳажмининг йигиндиси, V_c – суюклик холатидаги ютилган модда ҳажми, B – адсорбент тузилишига боғлик константа, T – бугнинг абсолют температураси; β_a – бирор адсорбент ва стандарт коваклардаги суюклик ҳолатидаги моль ҳажмларига тенг бўлган аффинлик коэффициенти, P – адсорбтив тўйиниш бугининг босими, p – адсорбция температурасидаги адсорбтив бугининг парциал босими.

Адсорбция жараёнида бошлангич аралашмада ютилаётган модда буғининг босими камаяди ва иссиклик ажралиб чикади. Шунинг учун **Ле-Шателье принципига биноан, температура пасайиши ва босим ортиши билан адсорбцияланаётган модда миқдори кўпайиб боради.** Шундай килиб, босим пасайиши ва температура ортиши тескари - десорбция жараёнини тезлаштиради.

Адсорбция жараёнида ажралиб чиқаётган иссиклик миқдори (*кЖ/кмоль*) тажрибавий усул билан аникланади. Тажрибавий маълумотлар йўк бўлса, ажраб чиқаётган иссиклик миқдори (7.177) тенглама ёрдамида ҳисобланиши мумкин.

7.23. Адсорбция статикаси ва кинетикаси

Адсорбция жараёни бошка каттик фазали системаларда масса алмашиниш жараёнидан (механизми) фарк килмайди.

Проф. И.А.Шилов томонидан ўзгармас тезлик u да адсорбция кўламининг силжишини ифодалаш учун тегишли формуласи келтириб чикарилган. Адсорбция ёки ҳимояловчи таъсир вактини ушбу тенгламадан топиш мумкин:

$$\tau = kh - \tau_0 = \frac{h}{u} - \tau_0 \qquad (7.181)$$

бу ерда, $k=1/u$ – катламни ҳимояловчи таъсир коэффициенти, τ_0 – катламни ҳимояловчи таъсир вактининг йўкотилиши.

(7.181) тенгламадаги катталиклар тажрибавий йўл билан аникланади ва уларнинг график тасвири 2.1-расмда кўрсатилган. Эгри чизик тўғри кисмининг киялик бурчак тангенси ($tg\alpha=k$) катламнинг ҳимояловчи таъсири коэффициентига тенг. Ордината ўки давоми билан эгри чизик тўғри кисмининг кесишган жойидаги кесма эса, ҳимояловчи таъсир вакти йўкотилиши τ_0 га тегишли.

Адсорбция кўламининг силжиш тезлигини ҳисоблаш учун куйидаги тенглама тавсия этилади:

$$u = w_0 \frac{y_б}{\varepsilon \cdot y_б + x_м} \tag{7.182}$$

бу ерда, $w_0 = w'\varepsilon$ – оқимнинг сохта тезлиги (w' – адсорбент заррачалари орасидаги каналларда оқимнинг тезлиги, ε – адсорбент катламининг говаклилиги), $x_м$ – оқимдаги адсорбтивнинг ҳажмий концентрацияси $y_м$ билан мувозанатдаги адсорбент катламидаги адсорбтив концентрацияси.

Адсорбент катлами баландлиги h_0 масса ўтказишнинг асосий тенгламасидан аниқланади:

$$h_0 = \frac{u \cdot m_y}{K_{yv}} \tag{7.183}$$

бу ерда, $m_y = 0,9\, y_м / \Delta y_{ур}$ – газ ёки суюқлик фаза ўтказиш бирлигининг умумий сони, K_{yv} – масса ўтказиш коэффициентининг ҳажмий коэффициенти.

Масса ўтказишнинг ҳажмий коэффициенти ушбу формуладан аниқланади:

$$K_{yv} = \frac{1}{\frac{1}{\beta_{yv}} + \frac{m}{\beta_{xv}}} \tag{7.184}$$

бу ерда, β_{yv} ва β_{xv} – суюқ ҳамда қаттиқ фазаларда ҳажмий масса бериш коэффициентлари, m – мувозанат чизиғи қиялик бурчагининг ўртача тангенси.

Адсорбция жараёнининг тезлиги адсорция изотермалари шакли, адсорбент ва катлами табиати ва геометрик характеристикалари, адсорбтив концентрацияси, суюқлик фазаси тезлиги ҳамда масса беришнинг ташқи тезлиги (газ ёки суюқлик фазасидаги масса бериш коэффициенти) ёки ички масса ўтказиш қаршилигининг тезлиги билан белгиланади.

Адсорбция жараёнида ички ва ташқи фазавий тезликлар ***Био (Bi)*** критерийси билан ифодаланади. Агар $Bi \geq 30$ бўлса, жараён тезлиги адсорбент заррачаларининг ичидаги масса ўтказувчанлик тезлиги билан белгиланади. $Bi \leq 0,1$ бўлганда эса, жараённинг тезлиги газ ёки суюқлик фазаларидаги ташқи диффузиянинг тезлиги билан аниқланади. Лекин адсорбция жараёнининг тезлигига бу иккала фазавий диффузия тезликларнинг таъсирини миқдорий жиҳатдан алоҳида аниқлаш қийин.

Донадор адсорбент катламининг масса бериш коэффициентини аниқлаш учун куйидаги формулалардан фойдаланиш мумкин:

ламинар режимда (Re<30):

$$Nu_Д = 0,883\, \mathrm{Re}^{0,47} \cdot \mathrm{Pr}_Д^{0,33} \tag{7.185}$$

турбулент режимда эса (Re=30...150):

$$Nu_Д = 0,53 \cdot \mathrm{Re}^{0,54} \cdot \mathrm{Pr}_Д^{0,33} \tag{7.186}$$

бу ерда, $Nu_Д = \beta_y d_э / D$ – Нуссельт диффузион критерийси, $Re = w_0 d_э / \nu$ – Рейнольдс критерийси, $Pr_Д = \nu / D$ – Прандтл диффузион критерийси; D – газ ёки суюқлик фазадаги диффузия коэффициенти, w_0 – оқимнинг сохта тезлиги, ν – оқимнинг кинематик қовушқоқлик коэффициенти.

(7.185) ва (7.186) тенгламалардаги $Nu_Д$ ва Re критерийларида аниқловчи геометрик ўлчам сифатида эквивалент диаметр $d_э$ ҳисобланади.

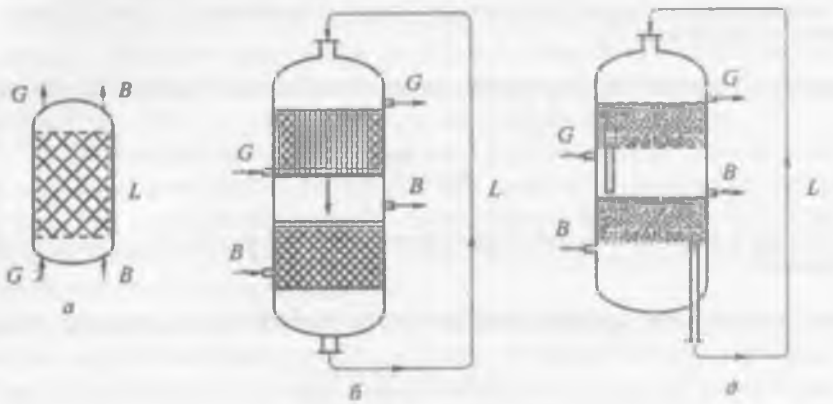
7.24. Адсорбция жараёнини ташкил этиш усуллари

Адсорбция жараёнини ташкил этиш схемалари 7.68-расмда келтирилган. Донадор адсорбентлар учун кўзғалмас (*а*) ва ҳаракатчан (*б*,*в*) катламли схемалар ишлатилади.

Биринчи ҳолатда жараён даврий бўлади. Даставвал адсорбент катлами L оркали буғ-газ аралашмаси G ўтказилади ва у ютилаётган модда билан тўйинтирилади; ундан сўнг сикиб чикарувчи модда B юборилади ёки адсорбент киздирилади. Ана шундай йўл билан адсорбент кайта тикланади, яъни десорбция жараёни содир бўлади.

Иккинчи ҳолатда адсорбент *L* ёпиқ системада циркуляция қилади (7.68б-расм); адсорбентнинг туйиниши қурилманинг юқори адсорбцион зонасида, қайта тикланиш эса пастки десорбцион зонасида юз беради.

Агар адсорбент кукун, чангсимон кўринишда бўлса, циркуляцияли, мавҳум қайнаш қатламли схема қўлланилади (7.68в-расм).

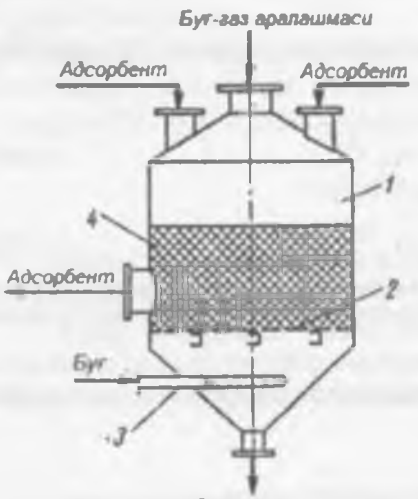


7.68-расм. Адсорбция жараёнининг принципиал схемалари:
а - қўзғалмас донадор адсорбентли, б - ҳаракатчан донадор адсорбентли, в - циркуляцияли, мавҳум қайнаш қатламли

7.25. Десорбция

Маълумки, адсорбция жараёни аралашмаларни ажратиш учун қўлланилади ва ҳар доим десорбция жараёни билан кетма-кет ўтказилади.

Одатда, адсорбентни қайта ишлатиш мақсадида унга ютилган модда десорбция қилиб ажратиб олинади. Бунинг учун кўпинча сув буғи ишлатилади. Десорбция натижасида олинган адсорбтив ва сув буғи аралашмаси конденсаторга узатилади. Ундан, маҳсулот сувдан чўктириш усулида ажратиб олинади.



7.69-расм. Қўзғалмас қатламли адсорбер:
1-кобик, 2-колосникли панжара, 3-халқасимон труба, 4-адсорбент

Саноатда десорбциянинг бир неча усули қўлланилади.

а) адсорбентга ютилган компонентлар ютилувчи моддаларга нисбатан юқори адсорбцион кобилиятга эга бўлган элткичлар ёрдамида сикиб чикарилади;

б) адсорбент қатламини қиздириш йўли билан нисбатан юқори учувчанликка эга ютилган компонентларни буғлатиш.

Айрим ҳолларда адсорбция жараёнида ҳосил бўлган смола ва бошқа маҳсулотларни тозалаш учун ушбу компонентлар қуйдирилади.

Десорбциянинг у ёки бу усулини қўллаш техник-иқтисодий максаддан келиб чиккан ҳолда танланади. Иккала усул ҳам амалиётда кенг ишлатилади ва кўпинча биргаликда қўлланилади.

Адсорбция жараёни тугагандан сўнг, адсорбент қатламидан тоза буг ёки газ ўтказилади ва ютилган модда ажратиб олинади. Десорбция жараёнини жадаллаштириш учун юқори температурадаги десорбловчи элткич адсорбент қатламидан ўтказилади.

Десорбловчи элткич сифатида сув ва органик моддалар буғлари ҳамда инерт газларни қўллаш мумкин. Десорбция жараёни тугагандан сўнг адсорбент қатлами одатда қуритилади ва совутилади. Қайта тиклаш жараёнида фаолланган кўмирга ютилган учувчан эритувчилар тўйинган сув буғи ёрдамида десорбция қилинади. Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, ютилган модданинг асосий қисми десорбция жараёнининг бошида ажратиб олинади. Жараён охирига бориб, унинг тезлиги пасаяди, аммо ютилган компонент бирлигига сув буғининг сарфи жуда кўпайиб кетади. Шунинг учун сув ёки бошқа органик модда буғларини тежаш максадида, десорбция жараёни охиригача олиб борилмайди. Шу сабабли, ютилган компонентнинг бир қисми адсорбентда колиб кетади.

Десорбция жараёни давомида иситувчи буғнинг бир қисми бутун системани иситишга, адсорбентда ютилган моддани десорбциялаш ва атроф-муҳитга йўқотилган иссиқликни компенсация қилишга сарфланади. Лекин шуни назарда тутиш керакки, иситувчи буғнинг ҳаммаси адсорбентда бутунлай конденсацияланади.

Адсорбент қатламидаги десорбцияланган моддалар динамик буғ ёрдамида пуфлаб чикарилади. Динамик буғ адсорбентда конденсацияланмайди ва қурилмадан десорбцияланган моддалар билан бирга учиб чикади.

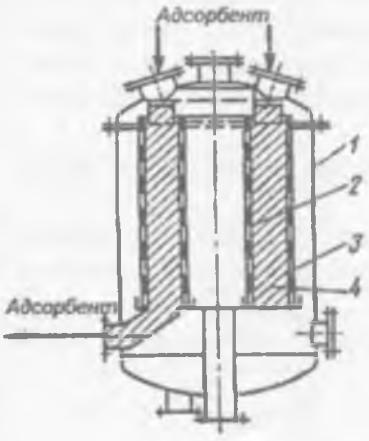
Тахминий ҳисобларга кўра, 1 кг моддани десорбциялаш учун 3...4 кг динамик буғ сарфланади. Цеолитларни кайта тиклаш учун кўпинча киздирилган қурук газ қўлланилади. Десорбция жараёни адсорбция каби қўзғалмас, ҳаракатчан ва мавҳум кайнаш катламларида олиб борилади.

7.26. Адсорберлар конструкциялари

Жараённи ташкил этиш бўйича адсорберлар 2 гуруҳга бўлинади: даврий ва узлуксиз.

Даврий адсорберлар қўзғалмас ва мавҳум кайнаш қатламли бўлади.

Вертикал цилиндрик адсорбер – даврий ишлайдиган адсорберларнинг энг кўп таркалган конструкциясидир (7.69-расм).



7.70-расм. Ҳалқасимон адсорбент қатламли адсорбер:
1-кобик, 2,3-ички ва ташки цилиндрсимон панжара 4-адсорбент

Колосникли панжара 2 га қурилма тепа қисмидаги люклар орқали адсорбент гранулалари юкланади. Қурилманинг пастки қисмидаги люклар орқали эса, ишлатиб бўлинган адсорбент тўкилади. Бу турдаги адсорберлар буғ-газ аралашма ва суюклик эритмаларини тозалаш учун ишлатилади. Бошланғич аралашма ва ўткир буғни узатиш учун адсорберда тегишли штуцерлар ўрнатилган. Одатда, бошлангич эритма адсорбернинг ҳалқасимон трубаси 3 орқали пастдан юкорига ҳаракатлантирилади. Буғ-газ аралашмаси эса, юкоридан пастга караб узатилиши мумкин. Бундай қурилмаларда, десорбция жараёнида ўткир буғ ҳалқасимон труба 3 орқали юборилади.

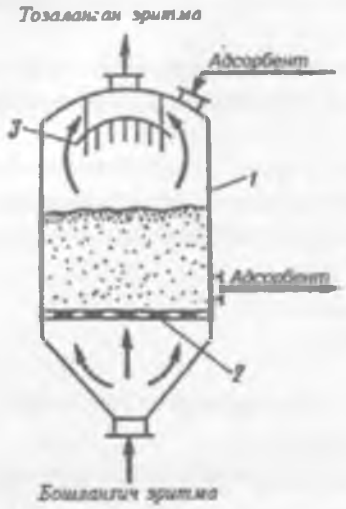
Бу турдаги адсорберларда адсорбция жараёни 4 боскичда ўтади: адсорбция, десорбшия, куритиш ва адсорбентни совитиш. Жараён тугагандан сўнг, ишлатилиб бўлинган адсорбентни кайта тиклаш масаласи пайдо бўлади. Адсорбентдан ютилган моддани десорбциялаш технологик жараённинг зарур боскичидир. Ушбу боскичда бирданига иккита масала ечилади: адсорбентни кайта тиклаш ва моддани ажратиб олиш.

Десорбциялашнинг асосий усули бу тўйинган сув буғи ёрдамида адсорбентдан ютилган компонентни сикиб чикариш. Десорбция жараёни тезлигини ошириш учун жараён юкори температураларда ўтказилади.

Вертикал, қўзғалмас ҳалқасимон адсорбент қатламли адсорбер – буғ-газ аралашмасидан компонентларни ютиш учун мўлжалланган (7.70-расм). Адсорбер вертикал кобик 1 дан

иборат бўлиб, унинг ичида ички 2 ва ташқи 3 панжаралар орасига адсорбент 4 жойлашган бўлади. Абсорбция боскичида буғ-газ аралашмаси адсорбернинг пастки қисмига берилади ва ҳалқасимон адсорбент қатламининг кесими бўйича таксимланади. Адсорбент қатламидан ўтиб, тозаланган буғ-газ аралашма марказий патрубкадан чиқиб кетади. Десорбциялаш боскичида сув буғи адсорбернинг марказий патрубкаси орқали узатилади. Десорбцияланган компонент ва сув буғларининг аралашмаси қурилманинг пастки қисмидаги штуцер орқали чиқарилади. Адсорбентни қуритиш учун иссиқ, совитиш учун эса совуқ ҳаво юборилади. Адсорбент совутилгандан сўнг цикл яна қайтадан такрорланади. Адсорбентни юклаш қурилманинг тепасидаги люк, тўкиш эса пастки штуцер орқали амалга оширилади.

Мавҳум қайнаш қатламли адсорбер – майда, донадор адсорбент билан тўлдирилган бўлади (7.71-расм).



7.71-расм. Мавҳум қайнаш қатламли адсорбер:
1-кобик; 2-таксимловчи тешикли панжара; 3-сепаратор.

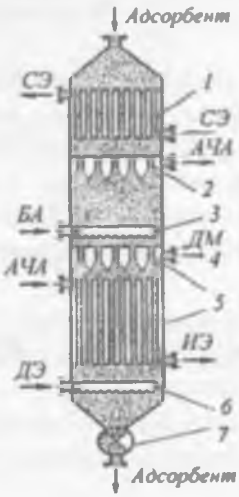
Бошланғич аралашма адсорбент заррачасининг мавҳум қайнаш тезлигидан каттарок тезликда газ таксимловчи тешикли панжара 2 остига узатилади. Натижада, адсорбент катлами кенгаяди ва сўнг мавҳум қайнаш ҳолатига ўтади. Адсорбция жараёнини мавҳум қайнаш қатламида ўтказиш масса алмашиниш жараёнини интенсивлашга ва давомийлигини кискартиради.

Реактор типидаги адсорбер – механик ёки пневматик аралаштириш мосламали бўлади. Адсорбер цилиндр кобик ва эллиптик тублардан иборатдир. Кобик ичида парракли аралаштиргич айланади. Адсорберга эритма қурилма тепа қисмидаги люкдан қуйилади, адсорбент эса ўша қисмида жойлаштирилган люкдан юкланади. Суспензия эса, қурилманинг пастки патрубкасидан тўкилади ва фильтрга узатилади. У ерда суспензия компонентларга ажратилади. Ишлатиб бўлинган адсорбент қайта тиклаш учун десорберга йўналтирилади. Адсорбцион қурилмалар даврий ишлайдиган бир нечта адсорбердан иборат бўлади. Бир нечта адсорбер адсорбция боскичида ишласа, колганлари эса адсорбентни қайта тиклаш боскичида ишлатилади.

Узлуксиз ишлайдиган адсорберлар сикик (зич) ҳаракатланувчи ва мавҳум қайнаш қатламли бўлади.

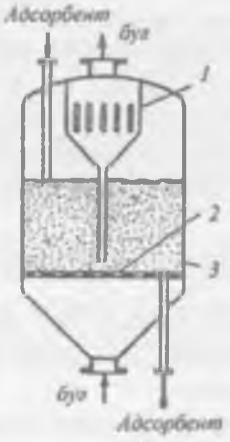
Ҳаракатчан донадор адсорбент қатламли адсорберлар – бу ичи бўш колонна типидаги қурилма бўлиб, унда тўсиклар, қуйилиш патрубкалари ва узатувчи мосламалар ўрнатилган.

7.72-расмда буғ-газ аралашмасини тозалаш ва таксимловчи тарелкалардан таркиб топган.



7.72-расм. Ҳаракатчан донадор адсорбент қатламли адсорбер.
1-совутқич; 2,4-таксимлаш тарелкалари; 3,6-таксимлаш мосламалари; 5-трубалар; 7-адсорбент учун затвор
I - адсорбент; II-СЭ; III-БА; IV-АЧА;
V-ДМ; VI-ИЭ; VII-Д

Бу турдаги адсорберда адсорбент узлуксиз циркуляция килиб туради ва газдаги ютилувчи компонент адсорбентга ўтади.



7.73-расм. Узлуксиз ишлайдиган, бир поғонали мавҳум қайнаш қатламли адсорбер:
1 - кобик, 2 - газ таксимлагич, 3 - чанг йиғгич.

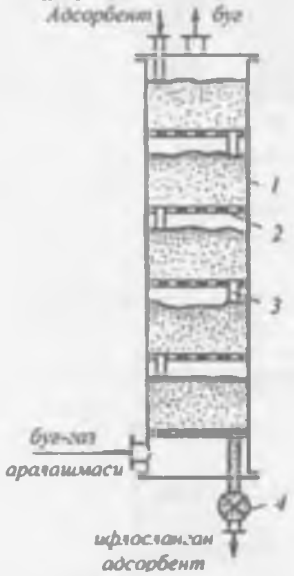
Ҳаракатчан донадор адсорбент қатламли адсорберлар – бу ичи бўш колонна типидаги қурилма бўлиб, унда тўсиклар, қуйилиш патрубкалари ва узатувчи мосламалар ўрнатилган.

7.72-расмда буғ-газ аралашмасини тозалаш ва таксимловчи тарелкалардан таркиб топган. Бу турдаги адсорберда адсорбент узлуксиз циркуляция килиб туради ва газдаги ютилувчи компонент адсорбентга ўтади.

Адсорбентнинг биринчи секцияси бўлмиш совуткичда қайта тикланган адсорбент совутилади. Ушбу секция кобик-трубали иссиклик алмашиниш қурилмаси кўринишида ясалган. Совуқлик элткич совуткичнинг трубаларо бўшлиғига узатилса, адсорбент эса – трубалар ичида ҳаракатланади.

Иккинчи секция адсорбер вазифасини бажаради. Бу ерда адсорбент буғ-газ аралашмаси билан тўкнашувда бўлади. Биринчи секциядан иккинчисига адсорбент патрубка ва таксимловчи тарелкалар орқали ўтади. Қайд этилган мосламалар адсорбент қурилма кўндаланг кесими бўйича бир хилда таксимлаш ва иккала секция орасида тамба ва ажратиб турувчи восита сифатида хизмат килади. Ундан кейин, ишлатиб бўлинган адсорбент десорбция секциясига ўтади ва у ерда десорбцияловчи элткич (ўтказилган буғ) билан ўзаро таъсирда бўлиб қиздирилади. Қайта тикланган адсорбент шлюзли тамба орқали чикариб юборилади.

Мавҳум қайнаш қатламли адсорберлар бир ва кўп поғонали бўлади.



7.74-расм. Кўп поғонали, мавҳум қайнаш қатламли адсорбер:
1 - кобик, 2 - газ таксимловчи тешикли панжара, 3 - қуйилиш патрубкаси, 4 - шлюзли тамба.

Бир поғонали, мавҳум қайнаш қатламли *адсорбер* конструкцияси 7.73-расмда келтирилган. Бундай қурилмаларда адсорбент мавҳум қайнаш ҳолатида бўлади ва узлуксиз равишда тегишли панжара устига узатилиб турилади.

Адсорбер вертикал цилиндр кобикдан ва уни ичига ўрнатилган сепаратор ва газ таксимловчи панжарадан иборат. Сепаратор чанг ушлаш вазифасини бажаради. Адсорбент қурилманинг тепасидаги труба орқали юкланади ва цилиндрик кобикнинг паст кисмида ўрнатилган штуцердан чикарилади. Бошланғич буғ-газ аралашмаси қурилманинг конуссимон тубидаги штуцердан тегишли панжара остига юборилади. Албатта, буғ-газ аралашманинг тезлиги адсорбент заррачасининг мавҳум қайнаш тезлигидан юкори бўлиши керак. Адсорбент билан ўзаро таъсирда бўлган буғ-газ аралашмаси сепаратордан ўтиб, тепа қисмидаги штуцердан чиқиб кетади.

Бундай адсорберларда адсорбент заррачалари интенсив аралашади ва қатламда бўлиш вакти ҳар хилдир. Бу эса, адсорбентнинг нотекис туйинишига сабабчи бўлади.

Ундан ташқари, фазаларнинг йўналиши бир томонлама бўлса, газ фазасида адсорбент қатламидаги ўртача концентрацияга мос келадиган мувозанат ҳолидаги концентрациядан кам бўлган адсорбтивнинг концентрациясига эришиш анча мураккаб.

Бир поғонали адсорбер камчиликлари кўп поғонали, карама-карши йўналишли курилмаларда бартараф килинган.

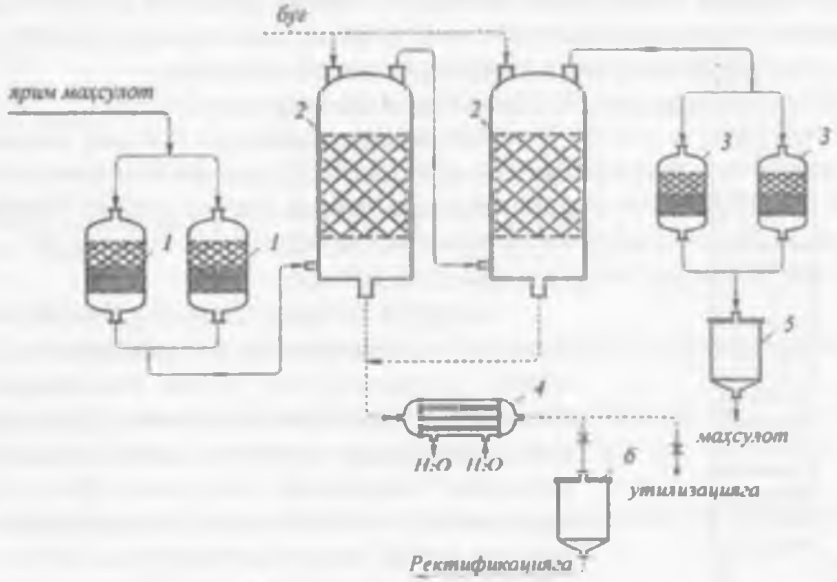
Кўп поғонали, мавҳум қайнаш қатламли адсорбер 7.74-расмда тасвирланган. Бу курилма колонна типида бўлиб, ичида қуйилиш патрубкали газ тақсимловчи тегишли панжаралар жойлаштирилган. Қуйилиш патрубкалари бир вақтнинг ўзида тамба вазифасини ўтайди, яъни газ окимини ўзидан ўтказмайди. Адсорбент курилманинг тепасидаги штуцердан энг юкори тарелкага узатилади ва ундан сўнг пастда ўрнатилган тарелкаларга қуйилиш патрубкаси оркали бирин-кетин ўтади. Энг пастдаги тарелкадан шлюзли тамба оркали ташкарига чикариб юборилади.

Бошланғич буғ-газ аралашма эса адсорбернинг пастки кисмидаги штуцердан киритилади ва тепадагидан чикарилади.

Бу турдаги курилмаларда буғ-газ аралашма кўндаланг кесим бўйлаб бир текисда таксимланади ва фазалар ўртасида интенсив масса алмашиниш юз беради. Натижада, адсорбентнинг туйиниши бир хил ва энг катта ютиш кобилиятига эга бўлади.

Бир поғонали адсорберлардан фаркли, кўп поғонали курилмалар идеал сикиб чикариш схемасида ишлайди. Бу ҳол адсорбция жараёнини фазалар карама-карши йўналишида олиб бориш имконини яратади.

Фаолланган кўмир қўзғалмас қатламда сув-спирт аралашмасини тозалаш схемаси 7.75-расмда келтирилган. Аввал сув-спирт аралашмаси қумли ёки керамик фильтрда тозаланади, сўнг эса адсорберларда тиндирилади. Битта цилиндрик адсорбердаги фаолланган кўмир массаси 250...300 кг. Кўмир курилманинг газ тақсимловчи тешикли панжарасига юкланади. Сув-спирт аралашмаси эса, газ таксимловчи панжара остига юборилади.



7.75-расм. Қўзғалмас фаолланган кўмир қатламида сув-спирт аралашмасини тозалаш курилмаси:
1,3-фильтрлар, 2-адсорберлар, 4-конденсатор-совуткич, 5,6-йиғгичлар

Янги ёки кайта тикланган адсорбентли адсорберга сув-спирт аралашмаси аркнинг иавига караб 30...60 дал/г миқдорга узатилади. Эксплуатациядаги адсорбер адсорбентни кайта тиклаш режимига бир йилда 3...4 марта ўтказилади. Ишлатиб бўлинган фаолланган кўмир адсорберда 115°С температурада кайта тикланади. Бунинг учун юкоридан пастга караб туйинган сув буғи ҳайдалади.

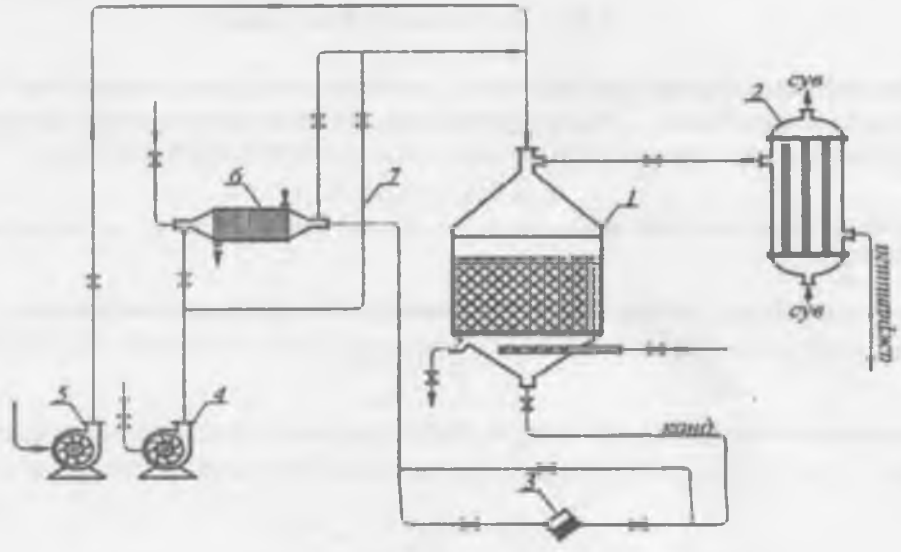
Битта адсорбердан қуввати 55...60% ли 50...60 декалитр спирт ҳайдаб олиш мумкин. Иккита даврий ишлайдиган адсорбер курилманинг узлуксиз ишлашини таъминлайди. Десорбциялаш жараёни давомийлиги 3...4 соат, 1 кг кўмирни тиклаш учун 4 кг сув буги сарфланади. Қайта тиклашдан сўнг, адсорбент совутилади ва иссик ҳаво билан куритилади.

Саноат миқёсида фаолланган кўмирни кайта тиклаш барабанли ўтхоналарда 800...850°С температурада олиб борилади. Куйдириш жараёнида фаолланган кўмирнинг йўкотилиши 20% ни ташкил этади.

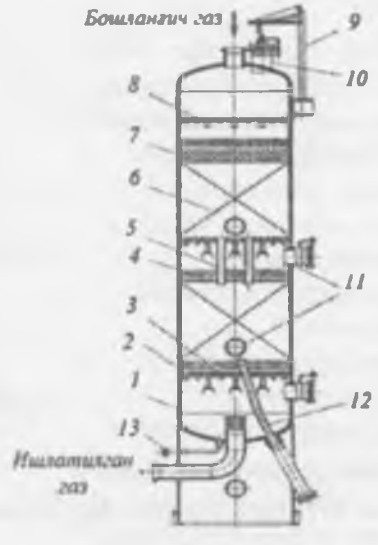
Буғ - ҳаволи аралашмани органик моддалардан тозалаш адсорбцион курилмаси 7.76-расмда тасвирланган.

Ушбу схеманинг асосий курилмаси адсорберлар бўлиб, улар галма-гал ишлайди. Шуни кайд этиш керакки, битта курилмада адсорбция, иккинчисида эса десорбция жараёни кечади. Адсорберга киришда аввал буғ-ҳаволи аралашма чанглардан тозалаш учун фильтрланади. Портлаш хавфини бартараф килиш максадида, фильтрдан кейин ёнғин тўскич ва сакловчи мембрана ўрнатилади. Ушбу мосламада босим микдори рухсат этилгандан ошиб кетмаслигини таъминлаб беради.

Адсорберга буғ-ҳаво аралашмаси вентилятор ёрдамида узатилади ва адсорбент катламининг тепа кисмидан кириб, пастидан чикиб кетади.



7.76-расм. Буғ-ҳаво аралашмасини тозалаш учун адсорбцион курилма схемаси:
1-адсорбер; 2-совуткич; 3-конденсат чикаргич; 4,5-вентиляторлар; 6-иссиклик алмашиниш курилмаси, 7- айланма линиялар.



7.77-расм. Аксиал турдаги кўзгалмас адсорбент катламли адсорбер.
1-кобик, 2-таянч панжара, 3-тешикли лист ва икки катлам тўр, 4- фарфор шарлар, 5-куйилиш трубаси, адсорбент учун, 6-цеолит катлами, 7-алюмогель катлами, 8-панжара, 9-кран-укосина, 10-адсорбент юклаш штуцери, 11-люк-лаз, 12-адсорбент тўкиш штуцери, 13-дренаж штуцери.

Десорбция жараёнида ўткир буғ адсорбернинг пастки кисмига юборилади. Адсорбердан чикаётган буғлар конденсацияланади ва конденсат ажратиш учун сепараторга ёки

ректификацияга узатилади. Адсорбентни қуритиш учун иссиклик алмашиниш қурилмасидаги иситилган ҳаво адсорберга юборилади. Адсорбентни совитиш учун вентилятор 1 ёрдамида айланма линия 7 оркали совук ҳаво ҳайдалади.Агар адсорбцион схемада бир нечта адсорбер бўлса, қурилма узлуксиз равишда ишлайди. 7.77-расмда табиий газни водород сульфид ва меркаптанлардан тозалаш учун аксиал турдаги қўзғалмас адсорбент катламли адсорбер конструкцияси тасвирланган. Адсорбер баландлиги бўйича иккита адсорбент 6 (цеолит *NaX*) катлами жойлашган. Ҳар бир адсорбент катлами тешикли панжара 2 устида икки қават сим тўр 3 устида туради. Адсорбент катламининг устига яна қўшимча алюмогель катлами 7 жойланган. Алюмогель катламининг асосий вазифаси газни қисман қуритишдир. Газ оқимининг катламга динамик таъсирини ва уни бир текисда таксимлаш учун адсорбент катламининг устига 300...600 мм ли фарфор шар 4 лар жойлаштирилади. Адсорбентни юклаш тепа люк 11 ва кран-укосина 9 лардан фойдаланилади. Ишлатиб бўлинган адсорбент пастки тешикли панжарадаги труба қувури оркали амалга оширилади.

7.27. Адсорберларни хисоблаш

Даврий ишлайдиган адсорберларни ҳисоблаш адсорбент катламининг баландлигини аниклашдан иборат. Бошланғич концентрацияси $y_б$ бўлган аралашманинг концентрациясини $y_{ак}$ гача тушириш учун зарур адсорбент миқдори моддий балансдан топилади:

$$G\cdot\left(y_б - y_{ак}\right) = V_а\left(x_{ак} - x_б\right) \qquad (7.187)$$

бу ерда, G ва $V_а$ – газ (ёки суюклик) аралашмаси ва адсорбентнинг массалари, кг, $x_б$, $x_{ак}$ – адсорбтив ва адсорбент концентрациялари, г/кг.

Агар $x = 0$ ва $x_{ак} \longrightarrow x_м$ деб кабул килсак, ушбу кўринишга эга бўламиз:

$$V_а = G\frac{y_б - y_{ак}}{x_{ак}} \qquad (7.188)$$

ёки аралашмадаги адсорбтивнинг охирги концентрацияси қуйидаги тенгламадан аникланиши мумкин:

$$y_{ак} = -\left(\frac{V_а}{G}\right)\cdot x_{ак} + y_б \qquad (7.189)$$

Охирги тенглама $tg\alpha = -V_а/G$ га тенг киялик бурчагида жойлашган тўғри чизикни ифодалайди.

Адсорбер диаметри буғ - газ аралашма ёки эритманинг сарфи V га караб топилади:

$$D = \sqrt{\frac{V}{0{,}785\cdot w_0}}$$

Адсорбент баландлиги эса:

$$H = \frac{V_а}{0{,}785\cdot D^2\cdot\rho_т}$$

ёки

$$H = u\cdot\left(\tau - \tau_0\right) \qquad (7.190)$$

бу ерда, $\rho_м$ – адсорбентнинг тўкма зичлиги, кг/м^3

Адсорбция жараёнининг давомийлиги:

$$\tau = \frac{V_а\left(x_{ак} - x_б\right)}{w_0\cdot 0{,}785\cdot D^2\cdot\rho\cdot\left(y_б - y_{ак}\right)} \qquad (7.191)$$

Адсорбция кўламининг силжиш тезлигини (7.182) тенгламадан топиш мумкин.

Қатламнинг ҳимоялаш таъсир вакти йўқотилиши τ_0 ни қуйидаги тенгламадан тахминан ҳисоблаш мумкин:

$$\tau_0 = \frac{0{,}5 \cdot h_0}{u} \qquad (7.192)$$

бу ерда, h_0 – адсорбент катламининг баландлиги бўлиб, (7 183) тенгламадан аниқланади.

Адсорбент катлами баландлиги ва конструктив ўлчамлардан келиб чиккан ҳолда, адсорбер баландлиги аниқланади.

Узлуксиз ишлайдиган адсорберларни ҳисоблашда колонна баландлиги, ишчи ҳажм, тарелкалар диаметри ва сони аниқланади.

Бундай адсорберлар баландлиги моддий баланс тенгламасидан аниқланади. Моддий баланс тенгламасида тегишли ўзгаришлар ва кискартиришлардан сўнг, ушбу кўринишга келамиз:

$$H = \frac{V_a}{0{,}785 \cdot D^2 \cdot \rho_T}$$

курилманинг ишчи ҳажми эса:

$$V_a = L\frac{x_{ox}}{\Delta y_{yp}} \cdot \frac{1}{K_y \sigma} \qquad (7.193)$$

бу ерда, L – адсорбент сарфи, кг/с; σ – жараён пайтидаги адсорбентнинг солиштирма юзаси, м²/кг; Δy_{yp} – ўртача харакатлантирувчи куч бўлиб, ушбу тенгламадан топилади:

$$\Delta y_{yp} = \frac{y - y_{ox}}{\int_{y_0}^{y_n} \frac{dy}{y - y_n}}$$

бу ерда, y_0, y_{ox} – газ аралашмадаги адсорбтивнинг бошлангич ва охирги концентрациялари; y_n – мувозанат концентрацияси.

Агар $\tau = V_a/L$ эканлигини инобатга олсак, адсорбентнинг адсорберда бўлиш вакти:

$$\tau = \frac{1}{K_y \sigma} \cdot \frac{x_{ox}}{\Delta y_{yp}} \qquad (7.194)$$

Мавҳум кайнаш катламли тарелкали адсорберларда тарелкалар сони ушбу тенгламадан топилади:

$$n = \frac{H}{h_T} \qquad (7.195)$$

бу ерда, h_T – тарелкалаги адсорбент катламининг баландлиги (одатда $h_T = 50$ мм деб кабул килса бўлади).

7.27.1. Ҳаракатчан адсорбент қамламли адсорберни ҳисоблаш

Ҳаво таркибидаги бензолни ажратиб олиш учун ҳаракатчан, фаолланган кўмир катламли узлуксиз ишлайдиган ҳаракатчан катламли адсорбцион курилма ҳисоблансин.

Бошланғич маълумотлар.

Аралашма бўйича курилма унумдорлиги $V = 4500$ м³/с = 1,25 м³/с;
Буг-ҳаво аралашмадаги бензол концентрацияси - y_n = 0,040 кг/м³;
Адсорбцион зонадан чиқишдаги аралашмадаги бензол концентрацияси - $y_к$ = 0,0015 кг/м³;
Ишлатиб бўлинган адсорбент таркибида бензолнинг миқдори - 98 %,
Қайта тиклан адсорбентдаги (регенерация килинганида) (мувозанатдаги дастлабки аралашмага нисбатан) - 3%;
Жараён температураси - 25°С.

Юкорида келтирилган маълумотлар асосида адсорбер диаметри, баландлиги ва адсорбент сарфи аниқлансин.

Адсорбция жараёни учун, тўкма зичлиги ρ_m= 500 кг/м³ бўлган АГ-3 маркали фаолланган кўмир адсорбентини танлаймиз [128, (жадвал – IX.2)]. Фаолланган кўмир АГ-3 да ҳаводан бензолни адсорбция жараёнининг мувозанат маълумотлари махсус адабиётларда

келтирилган [128,(жадвал–IX.1)]. Адсорбент турли ўлчамдаги заррачалардан таркиб топгани учун, заррачалар ўртача диаметри ушбу формуладан топилади:

$$d = \frac{1}{\sum_{1}^{n}(x_i / d_i)}$$

Фракциялар бўйича заррачалар ўртача диаметри қуйидагига тенг:

$$d_1 = \frac{0{,}0036 + 0{,}0028}{2} = 0{,}0032 м$$

$$d_1 = \frac{0{,}0028 + 0{,}0015}{2} = 0{,}00215 м$$

$$d_1 = \frac{0{,}0015 + 0{,}0010}{2} = 0{,}00125 м$$

Унда

$$d = \frac{1}{\frac{0.03}{0{,}0032} + \frac{0.86}{0{,}00215} + \frac{0.10}{0{,}00125}} = 0{,}00205 \ м$$

Курилма диаметрини ҳисоблаш. Газ оқимининг тезлиги мавҳум қайнаш бошланиши тезлигидан кичик бўлиши керак. Унда, сферик заррачалар учун $Re_{омк}$ қуйидаги формуладан аникланади:

$$\mathrm{Re}_{0мк} = \frac{Ar}{1400 + 5{,}22\sqrt{Ar}}$$

бу ерда, $\mathrm{Re}_{0мк} = w_{мк} \cdot d \cdot \rho_y / \mu_y$ – модификациялашган Рейнольдс критерийси; $w_{мк}$ – мавҳум қайнаш бошланиши тезлиги, м/с; d – заррача ҳажмига тенг шарнинг диаметри, м; $Ar = \frac{g \cdot d^3}{\upsilon_y^2} \cdot \frac{\rho_к - \rho_y}{\rho_y}$ - Архимед критерийси, t = 25 °С да ҳавонинг зичлиги ρ_y = 1,185 кг/м³, динамик ковушкоклик коэффициенти μ_y = 0,0186·10⁻³ Па·с; заррача зичлиги $\rho_к$ = 800 кг/м³.

Архимед критерийси қийматини топамиз:

$$Ar = \frac{0{,}00205^3 \cdot 1{,}185^2 \cdot 9{,}81}{(0{,}0186 \cdot 10^{-3})^2} \cdot \frac{800 - 1{,}185}{1{,}185} = 231218$$

Сўнг, модификациялашган Рейнольдс сонини аниклаймиз:

$$\mathrm{Re}_{0мк} = \frac{231218}{1400 + 5{,}22\sqrt{231218}} = 59{,}13$$

$Re_{0мк}$ ни билган ҳолда, $w_{мк}$ қийматини топамиз:

$$w_{мк} = \frac{\mathrm{Re}_{0мк} \cdot \mu_y}{d \cdot \rho_y} = \frac{59{,}13 \cdot 0{,}0186 \cdot 10^{-3}}{0{,}00205 \cdot 1{,}185} = 0{,}453 м$$

Газ оқимининг тезлигини w=0,3 м/с деб қабул киламиз (чунки, адсорбердаги ишчи тезлик рухсат этилгандан 25% га кам) ва курилма диаметрини ҳисоблаймиз:

$$D_a = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot w}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1{,}25}{3{,}14 \cdot 0{,}3}} = 2{,}3 \ м$$

Курилма диаметрини D_a = 2,4 м деб оламиз ва буғ-газ аралашмасининг чизикли тезлигини аниклаймиз:

$$w = \frac{4 \cdot V}{3600 \cdot \pi \cdot D_a^2} = \frac{4 \cdot 4500}{3600 \cdot 3,14 \cdot 2,4^2} = 0,3\ м$$

Критик тезлик танланган тезликдан юкори, шунинг учун бу тезлик адсорбентнинг курилма оркали нормал ҳаракатини таъминлайди.

Адсорбент ҳаракат тезлигини ҳисоблаш. Колоннада адсорбент ҳаракати тезлигини топамиз. Унинг тезлиги масса алмашиниш зонасидаги тезлик u га тенг бўлиши керак:

$$u = \frac{w \cdot y_н}{\varepsilon \cdot y_н + x_K^*}$$

бу ерда, w – адсорбер кўндаланг кесимига нисбатан олинган оким тезлиги, м/с; $x_к$ – $y_н$ билан мувозанатдаги, ажралиб чикаётган компонентнинг каттик фазадаги концентрацияси, кг/м³, ε – катламнинг говаклилиги.

Ҳаракатдаги донадор катламлар учун ε = 0,33-0,49. ε = 0,4 деб кабул киламиз.

Ажралиб чикаётган компонентнинг каттик фазадаги мувозанат концентрацияси x_K^* топиш учун келтирилган маълумотлар [128,(жадвал–IX.1)] асосида, бензол адсорбцияси изотермаларини курамиз. $y_н$ (кг/м³) буйича $x_к$ (кг/м³) топамиз. Адсорбент мувозанат ҳажмидан фойдаланиш даражаси 0,95 бўлганда, унинг ҳаракат тезлиги куйидагига тенг бўлади:

$$u = \frac{0,3 \cdot 0,04}{0,4 \cdot 0,04 + 75,57 \cdot 0,95} = 0,0000785\ м/с$$

Адсорбент катлами узунлигини ҳисоблаш. Масса ўтказиш тенгламасининг таркалиш бирлиги сони оркали ҳаракатдаги адсорбент катламининг зарур узунлиги $H_{дв}$ аникланади :

$$H_{дв} = \frac{V}{SK_{yv}\int_{y_к}^{y_н} \frac{dy}{y - y^*}} = h_y n_{0y}$$

бу ерда. S – катлам кўндаланг кесимининг юзаси, м², K_{yv}–ҳажмий масса ўтказиш коэффициенти, с⁻¹; h_y – таркалиш бирлигига эквивалент баландлик, м; n_{0y} – таркалиш бирлиги сони.

Масса ўтказишнинг ҳажмий коэффициенти ушбу формуладан топилади:

$$K_{yv} = \frac{1}{(1/\beta_{yv}) + (m/\beta_{xv})}$$

бу ерда, β_{yv} – газ фазасидаги ҳажмий масса бериш коэффициенти, с⁻¹; β_{xv} газ фазасидаги ҳажмий масса бериш коэффициенти, с⁻¹; m – таркалиш коэффициенти.

Таркалиш коэффициенти

$$m = y_м/x_к^* = 0,040/75,54 = 0,000529$$

жуда кичик бўлгани учун, m/β_{xv} кийматини инобатга олмаса ҳам бўлади. Унда $K_{yv} \approx \beta_{yv}$. Газ фазасидаги ҳажмий масса бериш коэффициентини аниклаш учун донадор катлам Рейнольдс сонини топиш керак:

$$\mathrm{Re} = 4 \cdot w \cdot \rho_y / a \cdot \mu_y$$

бу ерда, w – газ фазасининг тезлиги, м/с, a – донадор катлам солиштирма юзаси, м²/м³.

Адсорбент катламининг солиштирма юзасини қуйидаги нисбатдан аниқлаймиз:

$$a = 6 \cdot (1 - \varepsilon) / \Phi \cdot d$$

Гранула кўринишидаги фаолланган кўмир ва силикагеллар учун шакл омили Φ қуйидаги ораликда бўлади Φ = 0,7-0,9. Ҳисоблашлар учун Φ = 0,8 деб қабул қилиб, солиштирма юза a ни топамиз:

$$a = \frac{6 \cdot (1 - 0{,}4)}{0{,}8 \cdot 0{,}00205} = 2200 \ м^2/м^3$$

Унда, Рейнольдс сони қуйидагига тенг бўлади:

$$\mathrm{Re} = \frac{4 \cdot 0{,}3 \cdot 1{,}185}{2200 \cdot 0{,}0186 \cdot 10^{-3}} = 37{,}75$$

$Re > 30$ бўлганда $\beta_{уг}$ ни ҳисоблаш учун ушбу формуладан фойдаланилади:

$$Nu' = 00.395\,\mathrm{Re}^{0.64}(\mathrm{Pr}')^{0.33}$$

бу ерда $Nu' = \beta_{уг} d_э^2 / D$

Pr' сонини ушбу формуладан аниқлаймиз:

$$\mathrm{Pr}' = \frac{\nu}{D} = \frac{\mu_y}{\rho_y \cdot D} = \frac{0{,}0186 \cdot 10^{-3}}{1{,}185 \cdot 7{,}7 \cdot 10^{-6}} = 2{,}04$$

Ҳавода бензолнинг диффузия коэффициенти D=7,7·10^{-6} м^2/с [130].
Nu' кийматини ҳисоблаймиз:

$$Nu' = 0.395 \cdot 37.75^{0.64} \cdot 2.04^{0.33} = 5.1$$

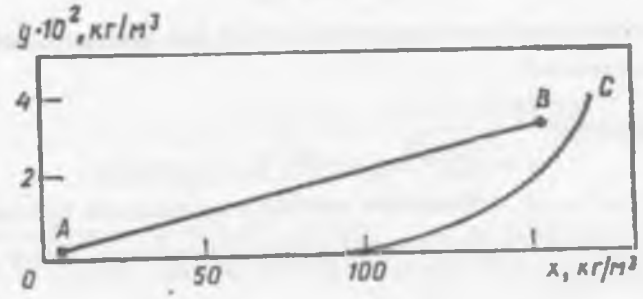
Донадар катламнинг эквивалент диаметрини ушбу нисбатдан аниқлаймиз:

$$d_э = 4\varepsilon / a = 4 \cdot 0.4/2200 = 7.3 \cdot 10^{-4} \ м$$

Энди, $\beta_{уг}$ нинг кийматини топамиз:

$$\beta_{уг} = \frac{Nu' \cdot D}{d_э^2} = \frac{5{,}1 \cdot 7{,}7 \cdot 10^{-6}}{0{,}00073^2} = 73{,}69 \ с^{-1}$$

$K_{уг} = \beta_{уг}$ = 73,69 с$^{-1}$ деб ҳисоблаб,



7.78-расм. АР-А маркали фаолланган кўмирда ҳаводан бензолни адсорбциялаш жараёнининг мшчи *(AB)* ва мувозанат *(OC)* чизиклари.

Таркалиш бирлиги сонини график интеграллаш усули билан топилади. Бунинг учун $y_н$ дан $y_к$ оралиғида бир нечта y кийматларини танлаб оламиз. Ҳар бир y нинг кийматига ишчи чизикда тегишли x нинг кийматини ва ҳар бир x нинг кийматига мувозанат чизиғида y^* ни топамиз (7.78-расм). Аникланган кийматлар қуйидаги 7.1-жадвалда келтирилган:

7.1-жадвал

т/р	y, кг/м^3	x, кг/м^3	y^*, кг/м^3	$y-y^*$, кг/м^3	$1/(y-y^*)$
1.	0.030	164	0.020	0.010	100
2.	0.025	130	0.006	0.019	53
3.	0.020	104	0,003	0.017	59
4.	0.015	76	0	0.015	67
5.	0.010	50	0	0.010	100
7.	0.005	25	0	0.005	200
8.	0.001	8	0	0.001	1000

$1/(y-y^*)$ нинг y богликлик графикини курамиз (7.79-расм). $y_н$ = 0,030 кг/м^3 ва $y_к$ = 0,001 кг/м^3 ординаталари билан чегараланган эгри чизик остидаги юза f = 2020 мм^2 тенг. Ўклар бўйича масштабни топамиз: $1/(y-y^*)$ ўки бўйича M_1 = 10 ва y ўки бўйича M_2 = 0,0002. n_{oy} сонини ушбу тенгламадан аниклаймиз:

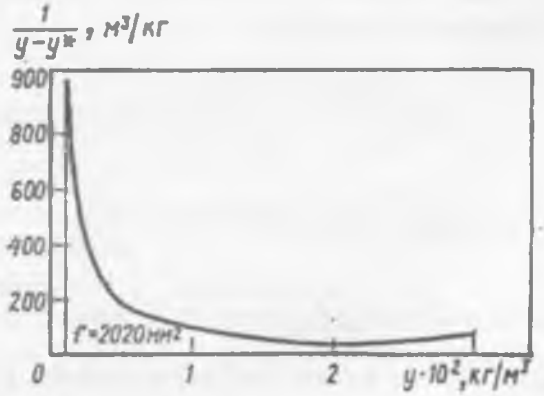
$$n_{oy} = \int_{y_к}^{y_н} \frac{dy}{y-y^*}$$

Ҳаракатдаги адсорбент катламининг зарур узунлигини ҳисоблаймиз:

$$H_{ад} = \frac{V}{S \cdot K_{yv}} \cdot n_{oy} = \frac{1{,}25 \cdot 4}{3{,}14 \cdot 2{,}4^2 \cdot 73{,}69} \cdot 4{,}04 = 0{,}02 \text{ м}$$

Қурилманинг бундай диаметри ва ҳаракатланувчи катламнинг баландлигида оқим тезлигининг тебранишлари туфайли адсорбтивнинг ўтиб кетиш ҳолатлари учрайди.

Шу ҳодисани инобатга олиб, $H_{ад}$ = 0,4 м деб кабул киламиз.



7.79-расм. График интеграллаш усулида таркалиш бирлиги сонини аниклаш.

Ҳаракатланувчи катламли адсорберларнинг юклаш ва тўкиш мосламалари қўпол ва мураккаб, лекин улардан адсорбент ҳаракатининг тезлиги ва узлуксизлиги боғлиқ. Юклаш мосламасининг баландлигини 1,2 м, тўкиш мосламасини – 1,4 м қабул қилиб адсорбер баландлигини аниклашимиз мумкин:

$$H_а = H_{ад} + H_{загр} + H_{разг} = 0{,}4 + 1{,}2 + 1{,}4 = 3\,м$$

Адсорбент сарфини қуйидаги тенгламадан топамиз:

$$G = \rho_н \cdot u \cdot S = \frac{500 \cdot 0{,}785 \cdot 10^{-4} \cdot 3{,}14 \cdot 2{,}4^2}{4} = 0{,}163\,кг/с = 587\ кг/с$$

Газодувка хисоби

Курилмада ҳавонинг сохта тезлиги: $w_0 = 4 \cdot Q / \pi \cdot D^2 = 0{,}362$ м/с

Қатламдаги Рейнольдс сонини ушбу формула орқали топамиз:

$$\mathrm{Re} = \frac{2 \cdot \Phi}{3 \cdot (1-\varepsilon)} \cdot \mathrm{Re}_0; \qquad \mathrm{Re}_0 = \frac{w_0 \cdot d \cdot \rho}{\mu}$$

$$\mathrm{Re} = \frac{2 \cdot 0{,}8}{3 \cdot (1-0{,}4)} \cdot \frac{0{,}362 \cdot 0{,}00205 \cdot 1{,}185}{0{,}0186 \cdot 10^{-3}} = 42{,}03$$

Гидравлик қаршилик коэффициенти λ қуйидаги формуладан ҳисобланади:

$$\lambda = \frac{133}{\mathrm{Re}} + 2.34 = 5.5$$

Қатлам гидравлик қаршилиги ушбу формуладан аниқланади:

$$\Delta P_к = \frac{3 \cdot \lambda \cdot H \cdot (1-\varepsilon) \cdot \rho \cdot w_0^2}{4 \cdot \varepsilon^3 \cdot d \cdot \Phi} = \frac{3 \cdot 5{,}5 \cdot 0{,}4(1-0{,}4) 1{,}185 \cdot 0{,}362^2}{4 \cdot 0{,}4^3 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}00205} = 1465\ Па$$

Адсорбернинг газ таксимлаш панжараси ва бошқа ёрдамчи мосламалар гидравлик қаршилигини умумий қаршиликнинг 10% ни ташкил этади деб қабул киламиз, яъни $\Delta P_д$=1465·1,1=1612 Па.

Труба қувуридаги ҳаво тезлигини w = 15 м/с деб қабул киламиз. Унда, труба қувурининг диаметри қуйидагига тенг бўлади:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot w}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1{,}25}{3{,}14 \cdot 15}} = 0{,}326\,м$$

Труба қувуридаги окимнинг Рейнольдс сони:

$$\mathrm{Re} = \frac{15 \cdot 0{,}326 \cdot 1{,}185}{0{,}0186 \cdot 10^{-3}} = 311540$$

Трубалар маълум муддат ишлатилган деб қабул киламиз, унда Δ=0,15 мм; Сўнг:

$$e = \frac{1.5 \cdot 10^{-4}}{0.326} = 4.6 \cdot 10^{-4}; \qquad \frac{1}{e} = 2173; \qquad 10\frac{1}{e} = 21730; \qquad 560\frac{1}{e} = 1216880$$

$$21730 < Re = 311540 < 1216880$$

Шундай килиб, гидравлик қаршилик коэффициенти λ аралаш ишқаланиш зонаси учун қуйидаги формула орқали ҳисоблаб топилади:

$$\lambda = 0{,}11 \cdot (e + 68/\mathrm{Re})^{0{,}25} = 0{,}11 \cdot (4{,}6 \cdot 10^{-4} + 68/311540)^{0{,}25} = 0{,}0178$$

Маҳаллий каршилик коэффициентларини аниқлаймиз:

1. Трубага кириш (ўткир киррали) - $\xi_1 = 0,5$;
2. Задвижка - d = 0,326 м - $\xi_2 = 0,18$;
3. Тирсак - $\xi_3 = 1,1$;
4. Трубадан чиқиш - $\xi_4 = 1$.

Маҳаллий каршилик йиғиндиси:

$$\sum \xi = 0,5 + 0,15 + 4,4 + 1 = 6,05$$

Труба қувури гидравлик каршилиги:

$$\Delta p_{т} = (\lambda \cdot \frac{l}{d_э} + \sum \xi_{мс}) \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} = (0,0178 \frac{20}{0,326} + 6,05) \frac{1,185 \cdot 15^2}{2} = 952 \ Па$$

$$\Delta P = \Delta P_д + \Delta P_т = 1612 + 952 = 2564 \ Па$$

Фойдали қувват:

$$N_п = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H = Q \cdot \Delta p = 1,25 \cdot 2564 = 3,205 \ кВт$$

$$N = \frac{3,205}{0,6} = 5,3 \ кВт$$

ТВ-100-1,12 русумли газодувка танлаймиз:

унумдорлик – $Q = 1,67$ м^3/с,
гидравлик каршилик – $\Delta P = \rho \cdot g \cdot H = 12000 \ Па$
айланиш – $n = 48,3$ с$^{-1}$
электр юриткич типи – АО2-81-2,
қуввати – $N = 40$ кВт,
ф.и.к. – $\eta = 0,88$.

Механик ҳисоблашни махсус адабиётларда келтирилган мисол асосида бажариш тавсия этилади [128, 134].

7-боб. Адсорбция бўйича
Мустақил тайёрланиш ва қайтариш учун саволлар

1. Адсорбция жараёнининг моҳияти нимада?
2. Адсорбент ва адсорбтив нима?
4. Десорбция қандай жараён?
5. Кимёвий реакция билан кечадиган адсорбция нима деб номланади?
6. Адсорбентлар турлари ва уларнинг асосий кўрсаткичлари.
7. Адсорбентлар неча гуруҳга бўлинади?
8. Ле-Шателье принципи нимани ифодалайди?
9. Адсорбция жараёнини ташкил этиш усуллари.
11. Қўзғалмас қатламли адсорбер тузилиши, афзаллик ва камчиликлари.
12. Ҳалқасимон қатламли адсорбер тузилиши, афзаллик ва камчиликлари.
13. Мавҳум қайнаш қатламли адсорбер тузилиши, афзаллик ва камчиликлари.
14. Ҳаракатчан адсорбент қатламли адсорбер тузилиши, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
15. Кўп поғонали мавҳум қайнаш қатламли адсорбер тузилиши, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
16. Адсорберларни ҳисоблаш кетма-кетлиги.

ҚУРИТИШ

7.29. Умумий тушунчалар

Қаттиқ ва пастасимон материалларни сувсизлантириш йўли билан уларга зарур хоссалар бериш, транспорт воситаларида узатиш ва узоқ муддат давомида сақлаш имкониятини беради.

Сувсизлантиришни 3 хил усулда амалга ошириш мумкин:

1. Механик (сиқиш, чўктириш, фильтрлаш, центрифугалаш ва х.);
2. Физик-кимёвий (сувни ўзига тортиб олувчи моддалар ёрдамида, масалан, кальций хлорид, сульфат кислота ва х.;
3. Иссиқлик таъсирида сувсизлантириш, яъни қуритиш.

Лекин юқорида қайд этилган усуллардан энг самаралиси, иссиқлик таъсирида сувсизлантириш, яъни қуритиш жараёнида тўлиқ сувсизлантиришга эришса бўлади.

Қаттиқ ва пастасимон материаллар таркибидаги намликни буглатиш ва ҳосил бўлаётган буғларни четга олиб чиқишга ***қуритиш жараёни*** дейилади.

Нам материалларни иссиқлик ёрдамида қуритиш - саноатда энг кенг тарқалган усул. Ушбу усул кимёвий, озиқ-овқат ва бир қатор бошқа технологияларда ишлатилади. Материал таркибидаги намлик даставвал арзон, механик (масалан, фильтрлаш) усулда, якуний, тўла сувсизлантириш эса қуритиш усулида олиб борилади. Сувсизлантиришнинг бундай комбинациялашган усули иқтисодий жиҳатдан самаралидир.

Саноатда нам материалларни қуритиш учун сунъий (махсус қуритиш қурилмаларида) ва табиий (очиқ ҳавода қуритиш – жуда давомий жараён) усуллар қўлланилади.

Физик моҳиятига кўра, қуритиш жараёни мураккаб диффузион жараёндир. Унинг тезлиги, қуритилаётган материал ичидан намликнинг атроф-муҳитга тарқалиши, диффузия тезлиги билан белгиланади. Маълумки, қуритиш жараёни бу иссиқлик ва масса (намлик) нинг материал ичида ҳаракати ва материал юзасидан атроф-муҳитга узатилишидир. Шундай қилиб, қуритиш бу иссиқлик ва масса алмашиниш жараёнларининг бир-бири билан узвий боғланган жараёнлар мажмуасидир.

Қаттиқ, нам материалга иссиқлик таъсир этиш усулига караб қуритиш қуйидаги турларга бўлинади:

1) ***конвектив*** қуритиш – бунда нам материал билан қуритувчи элткич бевосита ўзаро таъсирда бўлади. Одатда, қуритувчи элткич сифатида қиздирилган ҳаво ёки тутун газлари ишлатилади;

2) ***контактли*** қуритиш – иссиқлик ташувчи элткич ва нам материал орасида ажратувчи девор бўлади. Материалга иссиқлик шу девор оркали узатилади;

3) ***радиацион*** қуритиш – нам материалга иссиқлик инфрақизил нурлар оркали узатилади;

4) ***диэлектрик*** қуритиш – нам материалга иссиқлик юқори частотали ток майдонида қуритилади;

5) ***сублимацион*** қуритиш – нам материал музлаган ҳолатда, юкори вакуум остида қуритилади.

Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, исталган қуритиш усулида қуритилаётган нам материал кўпчилик ҳолларда иссиқ ҳаво билан ўзаро таъсирда бўлади. Конвектив қуритиш саноат технологияларида жуда кўп ишлатилади. Ушбу жараённи амалга ошириш учун нам материалга иссиқ ҳаво таъсирининг аҳамияти катта. Шунинг учун, нам ҳавонинг асосий хоссаларини билиш қуритиш жараёнини ўрганиш ва ҳисоблаш учун зарур.

7.30. Рамзиннинг нам ҳаво I-х диаграммаси

Қуруқ ҳавонинг сув буғи билан аралашмаси ***нам ҳаво*** деб номланади. Нам ҳаво абсолют ва нисбий намлик, нам сақлаш, энтальпия, қуруқ ва ҳўл термометр температуралари, парциал

босим каби параметрлар билан характерланади.

Абсолют намлик деб 1 м^3 нам ҳаво ҳажмидаги сув буғи (кг) миқдорига айтилади.

Агар парциал босим $p_б$ да сув буғи бутун ҳажми, масалан 1 м^3 ни, эгалласа, унда, абсолют намлик сув буғи зичлиги $\rho_б$ га тенг.

Нисбий намлик деб ҳаво абсолют намлигининг, тўйиниш пайтидаги абсолют намлик нисбатига айтилади:

$$\varphi = \frac{\rho_б}{\rho_т} \qquad (7.196)$$

бу ерда, $\rho_т$ – тўйинган сув буғининг зичлиги, кг/м^3, $\rho_б$ – сув буғининг зичлиги, кг/м^3

Газ таркибидаги буғлар парциал босими, унинг миқдорига пропорционал бўлгани учун, нисбий намлик бир хил температура ва босимда ҳаводаги сув буғи парциал босими $p_б$ нинг тўйинган сув буғлари босими p_T га нисбати сифатида ифодаланиши мумкин:

$$\varphi = \frac{p_б}{p_T} \qquad \text{ёки} \qquad p_б = \varphi \cdot p_T \qquad (7.197)$$

Нам сақлаш деб 1 кг абсолют қуруқ ҳавога тўғри келадиган сув буғлари (1 кг) миқдорига айтилади.

Нам ҳавонинг солиштирма нам саклаши x (кг/кг) ёки (г/кг) билан белгиланади. Ҳавонинг нам сақлаши ушбу нисбат оркали аникланади:

$$x = \frac{m_б}{m_{қ.х}} = \frac{\rho_б}{\rho_{қ.х}} \qquad (7.198)$$

бу ерда, $m_б$ ва $m_{қ.х}$ – сув буғи ва абсолют қуруқ ҳаво массалари, кг

Менделеев - Клапейрон идеал газлар ҳолатининг тенгламасига биноан нам саклаш ва нисбий намликлар орасидаги боғликликни аниклаймиз. Сув буғи ва қуруқ ҳаво зичликларини ушбу тенгламалардан топиш мумкин:

$$\rho_б = \frac{p_б \cdot M_б}{RT} \qquad \text{ва} \qquad \rho_{қ.х} = \frac{P_{қ.х} \cdot M_{қ.х}}{RT} \qquad (7.199)$$

бу ерда, $M_б$ ва $M_{қ.х}$ – 1 моль сув буғи ва абсолют қуруқ ҳаволар массалари, кг/комоль; $p_{қ.х}$ – бирор температурадаги қуруқ ҳавонинг парциал босими, Па; $R = 8314$ – газнинг универсал доимийси, Ж/(комоль·К)

(7.199) ни (7.198) га қўйиб, ушбу кўринишли тенгламани оламиз:

$$x = \frac{M_б}{M_{қ.х}}\left(\frac{p_б}{p_{қ.х}}\right) \qquad (7.200)$$

Дальтон конунига биноан $P = p_в + p_{қ.х}$. Унда:

$$p_{қ.х} = P - p_{қ.х} \qquad (7.201)$$

(7.197) тенгламадан биламизки, $p_б = \varphi \cdot p_т$

Агар $p_{қ.х}$ ва $p_б$ кийматларини (7.200) га қўйсак:

$$x = \frac{18}{29}\frac{\varphi \cdot p_т}{P - \varphi p_т} = 0{,}622\frac{\varphi \cdot p_т}{P - \varphi p_т} \qquad (7.202)$$

бу ерда, $M_{қ.х}$=29 кг/моль, $M_б$=18 кг/моль.

Энтальпия термодинамик системанинг ҳолат функцияси бўлиб, I ҳарфи билан белгиланади.

Нам ҳаво энтальпияси қуруқ ҳаво билан шу нам ҳавода бўлган сув буғининг энтальпиялари йиғиндисига тенг:

$$I = c_{қ.х} \cdot t + xI_б \qquad (7.203)$$

бу ерда, t – абсолют қуруқ ҳавонинг ўртача температураси, К, $c_в$ = 1000 Ж/(кг·К), $I_б$ – сув буғининг солиштирма энтальпияси, Ж/кг

Қуритиш жараёнида ҳаво билан аралашмада бўлган сув буғи ўта киздирилган ҳолатда

бўлади. Унинг солиштирма буғ ҳосил килиши $r_0 = 2493 \cdot 10^3$ Ж/кг бўлса, ўта киздирилган сув буғининг солиштирма иссиклик сигими эса, $c_\theta \approx 1{,}97 \cdot 10^3$ Ж/(кг·К).

Ўта киздирилган сув буғининг солиштирма энтальпияси:

$$I_\theta = r_0 + c_\theta I = 2493 \cdot 10^3 + 1{,}97 \cdot 10^3 \cdot t \qquad (7.204)$$

Агар (7.204) ни (7.203) га қўйсак, ушбу кўринишдаги тенгламага эришамиз:

$$I = \left(1000 + 1{,}97 \cdot 10^3 \cdot x\right) \cdot t + 2493 \cdot 10^3 \cdot x \qquad (7.205)$$

Нам ҳавонинг *зичлиги* $\rho_{нх}$ абсолют курук ҳаво $\rho_{акх}$ ва сув буғи $\rho_б$ зичликлари йиғиндисига тенг. Агар $\rho_б = x \cdot \rho_{акх}$ эканлигини инобатга олсак, ушбу тенгламани оламиз:

$$\rho_{нх} = \rho_{акх} + \rho_б = \rho_{акх}\left(1 + x\right) \qquad (7.206)$$

Менделеев - Клапейроннинг ҳолат тенгламасига биноан абсолют курук ҳаво зичлиги қуйидаги тенгламадан аникланади:

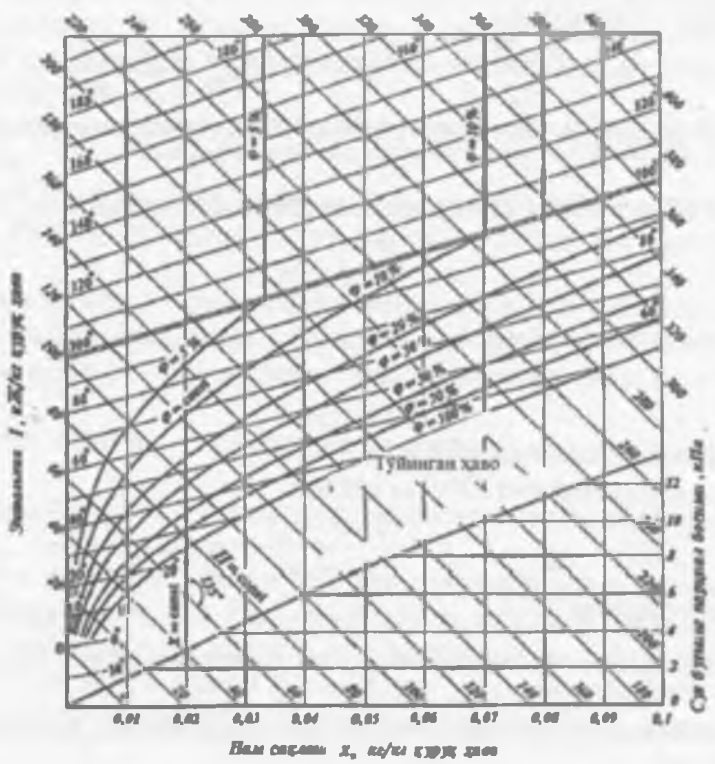
$$\rho_{акх} = \frac{M_{акх} \cdot \rho_{акх}}{RT} = \frac{29 p_{акх}}{8314 \cdot T} = \frac{P - p}{287T} \qquad (7.207)$$

(7.202) тенгламадан x ва (7.207) дан $\rho_{акх}$ кийматларини олиб (7.206) га қўйсак, ушбу кўринишли ифодани оламиз:

$$\rho_{нх} = \frac{P - 0{,}378 \cdot p_б}{287T} \qquad (7.208)$$

Иситиш, совитиш ва куритиш жараёнларида ҳавонинг асосий хоссалари ўзгариши тасвирланган ва техник ҳисоблашлар учун етарли аникликда Л.К. Рамзиннинг энтальпия диаграммаси ёрдамида аникланиши мумкин.

I - x диаграмма ўзгармас босим $p = 745$ мм.сим.уст. (~99 кПа) учун курилган (7.80-расм). Диаграмма энтальпия I (ордината ўки) – нам сақлаш x (абсцисса ўки) координаталарида курилган.



7.80-расм. Рамзиннинг I-x диаграммаси.

Координата ўклари 135° бурчак остида жойлаштирилган. Диаграммадан фойдаланиш қулай бўлиши учун нам сақлаш кийматлари ордината ўкига перпендикуляр, яъни қўшимча

горизонтал ўкга проекцияланган.

Диаграммага қуйидаги чизиклар ўтказилган: ордината ўкига параллел (*x=const*), ўзгармас нам саклаш вертикал чизиклар; қўшимча абсцисса ўкига 135° бурчакда ўтказилган ўзгармас энтальпия (*I=const*) кия чизиклари; ўзгармас температура (изотерма) чизиклари; ўзгармас нисбий намлик (*φ=const*) чизиклари; нам ҳаводаги сув буғининг парциал босим $p_б$ чизиклари.

Ўзгармас температура чизиклари (7.200) тенглама ёрдамида қурилади. Бунинг учун x_1 ва x_2 параметрларнинг исталган кийматлари қабул қилиниб, уларга тегишли I_1 ва I_2 кийматлари ҳисобланади.

Ундан кейин, диаграммада координатлари I_1, x_1 ва I_2 , x_2 бўлган нукталар аникланади. Топилган нукталар тўғри чизиқ билан бирлаштирилади ва изотерма деб номланади.

Ўзгармас нисбий намлик чизиклари (7.197) тенглама ёрдамида қурилади. φ = const чизиклари координаталари t = -273°C ва x = 0 бўлган нуктадан таркалувчи эгри чизиклар дастасини ҳосил килади.

φ = const чизиклари бир-бирига ёпишиб кетмаслиги учун диаграмма маълум бурчакли система координаталарида қурилган.

I - x диаграммадан кўриниб турибдики, 99,4°C температурада *φ = const* чизиклари синади ва юкорига вертикал кўтарилиб кетади, яъни диаграмма икки кисмга бўлинади. Ушбу температурада тўйинган сув буғининг босими 745 мм.сим.уст. тенг бўлади. (7.197) тенгламадан кўриниб турибдики, температура $t \geq 99{,}4$°C етганда нисбий намлик φ температурага боғлиқ бўлмай ва ўзгармас катталик бўлиб колади.

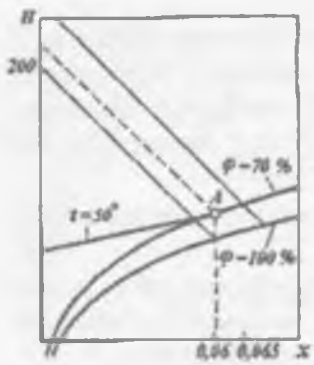
Ҳавонинг сув буғи билан тўйиниш чизиғи, яъни $\varphi = 100\%$, диаграммани тўйинмаган нам ҳаво ва чизиқ остида жойлашган, сув буғи билан ўта тўйинган ҳаво зоналарига ажратади.

Сув буғининг парциал босим чизиклари (7.199) тенгламани инобатга олган ҳолда (7.197) тенгламадан аникланади:

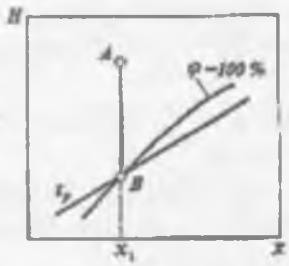
$$p_б = \frac{P_x}{0{,}622 + x} \qquad (7.209)$$

Сув буғининг *парциал босими I - x* диаграмманинг пастки кисмида жойлашган. Диаграмма ёрдамида нам ҳавонинг исталган икки параметри маълум бўлса, колган параметрларини топиш мумкин.

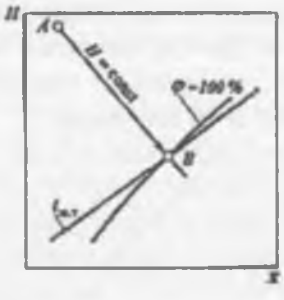
I-x диаграмма ёрдамида, нам ҳавонинг исталган икки параметри оркали колган параметрларини топиш мумкин. Масалан: ҳаво температураси t=55°C ва нисбий намлиғи φ=70% бўлган параметрлар учун нукта *A* ни аниклаймиз (7.81а-расм). Бу нукта учун нам саклаш параметри x=0,0608 кг намлик/кг курук ҳаво ва энтальпияси I=207,25 кЖ/кг курук ҳаво.



7.81а-расм. I-x диаграмма ёрдамида маълум икки параметр оркали нам ҳавонинг колган параметрларини аниклаш.



7.81б-расм. I-x диаграммада шудринг нуктасини аниклаш.



7.81в-расм. I-x дигграммада ҳўл термометр температурасини аниқлаш.

Шудринг нуқтаси. Ҳавонинг ўзгармас нам саклаш параметрида совиши, унинг сув

буғлари билан бутунлай тўйиниши натижасида, ҳаво ёки газ таркибидаги сув буғларининг конденсацияланиши рўй беради. Ушбу температура шудринг нуктаси деб номланади.

7.81б-расмда *A* нуктага мос бошланғич параметрли ҳаво учун шудринг нукта *B* ни график усулда аниклаш тасвирланган. Шудринг нуктаси φ=100% ва нам саклаш x_1 ларнинг кесилиш нуктаси *B* оркали ўтган изотерма t_p сифатида аникланади.

Ҳўл термометр температураси. Ҳавонинг нам материал билан изотермик ўзаро таъсири натижасида ҳаво совийди. Бунда, ҳаво материалга ўз иссиклигини беради ва нам материалдан ҳавога ўтаётган сув буғларининг энтальпияси ҳисобига ўз энтальпиясини орттиради. Бундай шароитда температура пасаяди, энтальпия эса ўзгармас бўлади. Ушбу изоэнтальпия жараёни ҳавонинг сув буғлари билан тўлик тўйингунга кадар боради, яъни φ=100% га эришадиган температурагача. *I-x* диаграммада *A* нуктадан φ=100% чизиғида *B* нукта билан кесишгунча *I*=const чизиғи ўтказилади (7.81в-расм). Нукта *B* оркали ўтадиган, изоэнтальпия шароитида ҳавонинг совиш чегарасига тўғри келадиган изотерма t_{MT} – ҳўл термометрнинг температураси деб номланади.

Куритиш потенциали. Ҳаво температураси $t_в$ ва ҳўл термометр температураси t_{MT} ларнинг фарки куритиш потенциали ε деб аталади. Ушбу кўрсаткич ҳавонинг материалдан намликни ютиш кобилиятини характерлайди. Куритиш потенциали канчалик катта бўлса, материалдан намликнинг буғланиш тезлиги шунчалик юкори бўлади. Агар $t_в = t_{MT}$ бўлса, куритиш потенциали $\varepsilon = 0$.

7.31. Куритиш жараёни статикаси

Ҳар бир каттик нам материал атроф-мухитдан намликни ютиш ёки уни атроф-мухитга бериш кобилиятига эга. Нам материални ўраб турган мухит таркиби факат сув буғи ёки сув буғи - газ аралашмасидан иборат бўлиши мумкин. Ҳаво билан аралашма ҳосил килган сув буғининг парциал босимини $p_в$ деб белгилаймиз. Материал таркибидаги намликка тегишли сув буғиниг босими деб номланади.

Материал билан нам ҳаво ўзаро таъсири пайтида система 3 ҳолатда бўлиши мумкин:

1. Куритилаётган нам материалдаги сув буғининг босими p_o, материални ўраб турган ҳаво ёки газдаги парциал босимдан катта, яъни $p_o > p_в$. Бундай ҳолда материалдан намлик атроф-мухитга десорбция килади, яъни куритиш жараёни содир бўлади. Куритилаётган материалдаги сув буғининг босими p_o материал намлиги, температура ва намликнинг материалга боғланиш усулига боғлик.
2. Атроф-мухитдаги буғнинг парциал босими, унинг нам материалдаги босимидан катта, яъни $p_в > p_o$. Бу ҳолда, материал ва намлик орасида сорбция жараёни юз беради, яъни материал намланиши рўй беради.
3. Нам материал ва атроф-мухитдаги сув буғларининг босими бир-бирига тенг, яъни $p_o = p_в$. Бундай ҳолда система динамик мувозанатда бўлади. Динамик мувозанат бошланишига тўғри келадиган материал намлиги мувозанат намлиги W_M деб номланади. Мувозанат намлик сув буғининг парциал босими $p_в$ ёки унга пропорционал бўлган ҳавонинг нисбий намлиги φ га боғликдир.

Мувозанат намлигининг $t = const$ да φ га боғликлиги *сорбция изотермаси* деб аталади ва кўпинча тажрибавий йўл билан топилади.

Куритиш жараёнида материал сиртидаги буғ босими камайиб боради ва мувозанат намлигига интилади. Намлаш жараёнида эса аксинча бўлади, яъни материал сиртидаги буғ босими ортиб бориб, мувозанат намлигига интилади.

Материал намлиги эркин ва боғланган ҳолда бўлиши мумкин.

Эркин намлик деб материалдан буғланаётган намликнинг буғланиш тезлиги сувнинг эркин юзадан ($p_o = p_m$) бугланиш тезлигига тенг бўлган намлик тушунилади. Маълумки, материалдаги боғланган намликнинг буғланиш тезлиги эркин юзадан сувнинг буғланиши тезлигидан ҳар доим кичик бўлади. Бунда, $p_o < p_m$, бу ерда p_m – сув буғининг тўйиниш босими.

Материал таркибидаги намликни характерлаш учун материал намлиги *W* (%) ва нам

сақлаш x (кг намлик/кг курук ҳаво) деган тушунчалар қўлланилади.

Материал намлиги материалнинг умумий миқдори ёки унинг таркибидаги абсолют курук модда миқдорига нисбатан ҳисобланиши мумкин.

7.32. Материал билан намликнинг боғланиш усуллари

Материал билан намликнинг боғланиши классификацияси акад. П.А.Ребиндер томонидан ишлаб чиқилган бўлиб, унга боғланиш энергияси асос килиб олинган. Ушбу боғланиш қуйидаги шаклларда бўлиши мумкин:

– намликнинг кимёвий боғланиши, кимёвий реакция натижасида ҳосил бўлади;

– намликнинг физик-кимёвий боғланиши, ярим ўтказувчан кобикча оркали газ молекулаларининг адсорбцияси натижасида ҳосил бўлади;

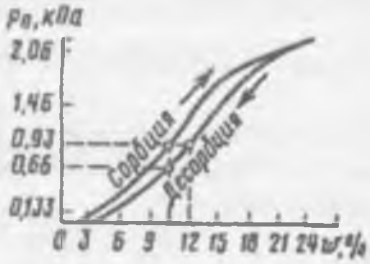
– намликни физик-механик боғланиши, микрокапилляр ($r<10^{-7}$), макрокапиллярлар ($r>10^{-7}$) томонидан буғларни ютишда ҳамда гель ҳосил бўлади.

Сиртий намлик энг осон, кимёвий боғланган намлик эса, энг кийин йўқотилади.

1) ***Кимёвий боғланган намлик*** гидроксид суви кўринишида бўлиб, гидратация реакцияси натижасида гидрооксид ва кристаллогидрат типидаги бирикмалар таркибига кириб олади. Ушбу намликни юкори температурада киздириш йўли билан йўқотиш мумкин.

2) ***Физик-кимёвий боғланиш*** шакллари турли-туман бўлади:

Адсорбцион боғланган намлик атроф-муҳит ва коллоид заррачани ажратиб турувчи чегара юзасида ушланиб туради. Коллоид заррачалар катта юза ва юкори адсорбцион кобилият тузилишга эга. Адсорбцион намлик молекуляр кучли майдон ёрдамида тортилиб туради. Адсорбцион намлик куритиш даврида иссиклик ажраб чикади ва гидратация иссиклиги деб номланади.



7.82-расм. Крахмал намлигининг сорбция - десорбция изотермалари.

Осмотик боғланган намлик ёки бўртиш намлиги материал скелети ичида бўлади ва осмотик кучлар ёрдамида боғланган бўлади.

3) ***Капилляр - боғланган намлик*** микро- ва макрокапиллярлар ичида бўлади. Ушбу намлик материал билан механик боғланишда бўлади ва нисбатан осон бартараф этилади.



7.83-расм. Қотирилган жисм намлигининг сорбция – десорбция изотермалари.

Намликнинг материал билан боғланиши қанчалик мустаҳкам бўлса, материал юзасидаги буғ босими шунчалик кам бўлади. Энг мустаҳкам боғланиш гигроскопик моддаларда бўлади.

Материал билан намлик боғланиш турларини характерлаш учун сорбция - десорбция изотермалари қўлланилади. 7.82-расмда сорбция ва десорбция изотермалари келтирилган.

Десорбция эгри чизиғи (десорбция изотермаси) нам крахмалдан намлик йўқотилиши даври учун курилган, яъни уни куритиш жараёнида.

Сорбция эгри чизиги крахмални намлаш даври учун курилган ва сорбция изотермаси деб номланади. Сорбция ва десорбция эгри чизиклари ўзига хос шаклдаги ***гистерезис ҳалқаси*** деб аталади.

Гистерезис ҳодисасидан қуйидаги хулосага келиш мумкин: бир хил кийматга эга бўлган мувозанат намликка эришиш учун ҳавонинг нисбий намлиги, куритиш жараёнида материални намлаш жараёнига нисбатан катта бўлиши зарур.

Буни, куритилаётган материал капиллярларида ҳаво борлиги, яъни ҳавонинг капилляр

деворларида сорбцияланиши билан тушунтириш мумкин.

Турли маҳсулотларнинг сорбция-десорбция характеристикаларини, яъни ҳаво намлиги ва унинг температурасини аниқлаш имконини беради.

Сорбция изотермалари таҳлили ёрдамида материал билан намликнинг боғланиш усулини билиш мумкин. 7.83-расмда котирилган жисм сорбция изотермалари келтирилган. Маҳсулотнинг бошланғич намлиги $W_б$, охиргиси эса – $W_{ак} = W_м$ (бу ерда $W_м$-мувозанат намлиги). Материал намлигининг $W_б$ дан $W_{ак}$ гача ўзгариш оралиғи ***қуритиш соҳаси*** дейилади. Бу соҳада материалдан чиқадиган намлик йўқотилади. Гигроскопик намлик $W_г$ дан $W_{ак}$ гача бўлган оралик десорбция соҳаси деб аталади. Мувозанат намлик эгри чизиғининг юқорисида сорбция, яъни материал намланиш, соҳаси бўлади. Материалнинг нам ҳолати (материал таркибида эркин боғланган намлик) ва гигроскопик ҳолатларини (материалда фақат боғланган намлик) гигроскопик намлик ажратиб туради.

Нисбий намлик $\varphi = 0{,}4$ бўлганда, изотерма абсцисса ўқига нисбатан бўртик кўринишга эга. Ушбу ҳолат мономолекуляр адсорбцияга хосдир. Материал билан намлик боғланишини енгиш учун мономолекуляр адсорбцияда жуда катта миқдорда иссиқлик сарфланиши зарур. Нисбий намлик φ = 0,1...0,9 оралигида изотерманинг AB бўлаги ордината ўқига нисбатан бўртик кўринишга эга. Ушбу ҳолат полимолекуляр адсорбцияга хосдир. Бу намликни йўқотиш учун мономолекуляр адсорбцияда намликни йўқотишга сарфланадиган иссиқлик миқдори нисбатан кам бўлади.

Изотерманинг BC (φ = 0,9...1,0) бўлаги микрокапилляр ($r < 10^{-8}$см) лардаги намликни ифодалайди.

Механик боғланган эркин намлик материалдан механик усулда ажратиб олиниши мумкин.

Материални сув билан боғланиши натижасида унинг устидаги сув буғларининг босими пасаяди. Шунинг учун, эркин энергия ҳам камаяди.

Ўзгармас температурада эркин энергия ёки боғланиш энергиясининг камайиши иш билан ифодаланади. Бу иш 1 моль сувни материалдан ажратиш учун сарфланади ва уни акад. П.А.Ребиндер томонидан келтириб чиқарилган формула ёрдамида топиш мумкин:

$$E = RT \ln \frac{p_T}{p_M} = -RT \ln \varphi \qquad (7.210)$$

бу ерда, $p_м$ – тўйинган сув буғи босими, $p_м$ – намлиги x бўлган материал устидаги сув бугининг мувозанат парциал босими, φ – ҳавонинг нисбий намлиги

Материал билан намлик боғланиши канчалик мустаҳкам бўлса, шунчалик $p_м$ катталиги кичик бўлади. Эркин сувни ажратиш даврида, $p_м = p_м$ бўлгани учун (7.205) формула қуйидаги кўринишни олади:

$$E = RT \ln 1 = 0$$

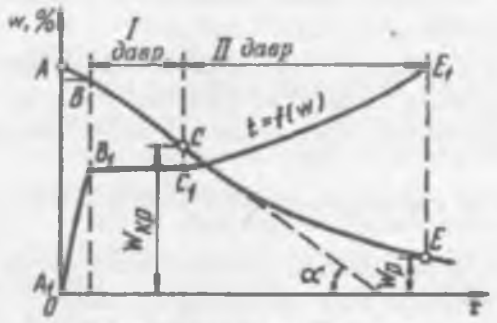
Материални қуритиш жараёнида боғланиш энергияси аста-секин кўпайиб боради, чунки материал намлиги камайиши билан адсорбцион боғланган намлик улуши ортади.

7.33. Қуритиш жараёни кинетикаси

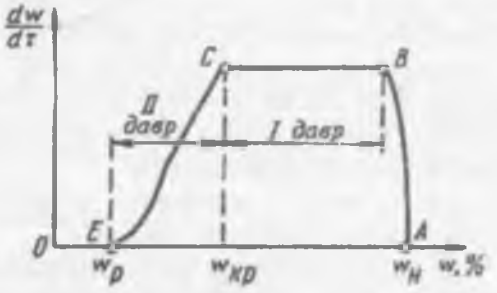
Юқорида қайд этилгандек, қуритиш жараёни мураккаб иссиқлик ва масса алмашиниш жараёндир. Материалдаги намлик унинг ичидан фазаларни ажратиб турувчи юзага масса ўтказувчанлик, ажратиб турувчи юзадан газ оқими ядросига эса конвектив диффузия ҳисобига ўтказилади.

Материал таркибидаги намликнинг диффузияси нафақат нам сақлаш градиенти, балки температура градиенти ҳам таъсири остида рўй беради.

Материалдаги диффузияни аналитик усулда ифодалаш жуда қийин масала. Маълумки, қуритиш жараёни тезлиги материал билан намликнинг боғланиш шакли ва унда намликнинг диффузия механизмига боғлиқ. Қуритиш жараёни кинетикаси материалнинг нам сақлаши ёки ўртача намлигининг маълум вақтдан кейин ўзгариши билан характерланади.



7.84-расм. Қуритиш эгри чизиғи.



7.85-расм. Қуритиш тезлигининг эгри чизиғи.

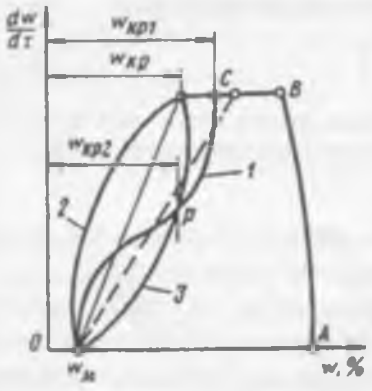
Одатда, қуритиш тезлигини тажрибавий усулда топиш учун қуритиш эгри чизиғи қурилади, сўнг у дифференциалланиб қуритиш тезлигининг эгри чизиғи ҳосил қилинади.

7.84-расмда материал намлиги W ва қуриш вақти τ орасидаги боғлиқлик тасвирланган.

Ундан ташқари, расмда материал температурасининг намликка боғлиқлиги ҳам келтирилган.

Типик қуритиш эгри чизиғи қуритиш жараёнининг турли даврларини ифодаловчи бир неча қисмдан иборат.

Жараён бошланишида нам материал қизийди ва ундан намлик буғланиб чика бошлайди. Материалнинг қуритиш температурасигача қизиши AB кесма билан ифодаланади. Ундан сўнг, ўзгармас қуритиш тезлиги даври (BC кесма), яъни I давр бошланади. Бу давр киялик бурчаги α нинг ўзгармас тангенсли тўғри чизиғи (BC кесма) билан ифодаланади ва C нуктада якунланади.



7.86-расм. Капиллар - говакли материалларнинг қуритиш тезлиги эгри чизикларининг тасвири.

Ушбу даврда материалнинг температураси термометрнинг ҳўл температураси (температура эгри чизиғидаги B_1C_1 кесма) кийматига тенг бўлади. Ўзгармас қуритиш тезлиги даврида узатилаётган иссиклик, материалдаги эркин намликни буғланишига сарфланади. Ушбу, ўзгармас қуритиш тезликли давр тўғри чизик билан ифодаланади ва у биринчи критик тезлик W_{kp} га етганда тамом бўлади.

W_{kp} дан бошлаб эса камаювчи тезлик даври бошланади, яъни материал намлиги аста - секин камаяди ва у CE кесма билан ифодаланади. Бу даврда материалдаги температураси C_1E_1 эгри чизик бўйлаб кўтарилади. Қуритиш жараёни охирида материал намлиги асимптотик равишда мувозанат намлиги W_M га якинлашиб боради. Материал W_M намликка эришиши билан ундан намлик чиқиши тўхтайди. Ушбу дакикада материал температураси уни ўраб турган иссиклик элткич температурасига (E_1 нукта) тенг бўлади. Лекин мувозанат намлигига эришиш учун анча вакт зарурдир.

Қуритиш тезлиги вакт бирлигида намлик ўзгаришини ифодалайди, яъни $dW/d\tau$ (%/соат) ёки $dx/d\tau$ ($с^{-1}$).

Қуритиш тезлиги бўйича маълумотлар асосида қуритиш тезлигининг эгри чизиклари қурилади (7.85-расм).

BC горизонтал кесма қуритиш жараёнининг биринчи, CE эса иккинчи даврдаги тезлигини кўрсатади.

Жараённинг биринчи даврида эркин боғланган намлик йўқотилади ва унинг тезлиги ташки диффузия зонасидаги масса алмашиниш каршилиги, яъни конвектив масса бериш коэффициенти билан аникланади. Биринчи критик тезликка оид C нуктада материал ташки юзасидаги намлик гигроскопик намликка тенг бўлиб колади. W_{kp} дан бошлаб материалдан боғланган намлик ҳайдалиб бошланади ва жараён тезлиги анча сусаяди. Шуни алохида таъкидлаш керакки, қуритиш тезлиги эгри чизикларининг кўриниши 7.85-расмда келти-

рилгандан анча фарқ қилиши мумкин. Намликнинг материал билан боғланиш шаклларига кораб, иккинчи даврнинг ўзи бир неча даврдан иборат бўлиши мумкин (7.86-расм).

Расмдаги эгри чизиқ 1 типик капилляр - ғовакли жисмлар учун хосдир. Чизикнинг тепа кисми капилляр, пастки кисми эса $W_{кр}$ га тенг адсорбцион намликни йўкотиш тезлигини ифодалайди. Эгри чизик 2 газлама ва юпка листли материаллар, 3 эса керамик материалларни куритиш жараёнини характерлайди.

Куритиш тезлиги жараённинг мухим технологик параметри, чунки у куритиш интенсивлигини аниклаш имконини беради.

Материал намлигининг буғланиш интенсивлиги, куритилаётган материал юзаси бирлигидан вакт бирлигида чикариб юборилаётган намлик миқдори билан белгиланади, яъни:

$$m = \frac{W}{F\tau}$$

бу ерда, τ – куритиш жараёнининг умумий давомийлиги.

Қаттик нам материалда намликнинг диффузияси 7.6-расмда келтирилган. Қаттик материал ичидан ташки юзасига намликнинг таркалиши масса ўтказувчанлик усулида боради. Фазаларни ажратиб турувчи юзадан газ окими ядросига намликнинг таркалиши эса, конвектив диффузия усулида ўтади.

Маълумки, капилляр - ғовакли материалларда модданинг таркалиши концентрация ва температура градиентлари остида бўлиши мумкин. Температура градиенти таъсирида каттик материалда рўй берадиган намликнинг таркалиши термодиффузия ҳисобига бўлади. Агар материални куритиш каттик режимларда олиб борилса, яъни температуралар градиенти салмокли бўлганда, термодиффузия ҳодисаси намоён бўлади.

$p = const$ бўлганда, массавий окимни ушбу тенглама билан ифодалаш мумкин:

$$i = \frac{dW}{Fd\tau} = \pm k\rho_{абс.к}\left(\frac{\partial x}{\partial l} + \delta\frac{\partial t}{\partial l}\right) \qquad (7.211)$$

бу ерда, k – масса ўтказувчанлик коэффициенти, м²/соат; $\rho_{абс.к}$ – абсолют курук материал зичлиги, кг/м³; x – материалнинг нам саклаши, кг/кг курук материалга; l – изоконцентрацион юза нормали; δ – *термоэлемлик* ўтказувчанлик коэффициенти, К⁻¹; t – температура, К.

(7.211) тенгламанинг биринчи қўшилувчиси концентрация градиенти таъсирида, иккинчиси эса температура градиенти таъсирида модда узатилишини характерлайди.

Тенгламадаги кинетик k ва δ коэффициентлар температура ва жисм намлиги функциясидир. Шунинг учун, нам материалда намликнинг таркалишини унда иссиклик алмашиниш билан биргаликда караш керак. Иссиклик алмашиниш Фурьенинг иссиклик ўтказувчанлик конуни билан ифодаланади.

$$\frac{dQ}{Fd\tau} = -\lambda\frac{\partial t}{\partial n}$$

Юкорида келтирилган масса ва иссиклик ўтказувчанлик тенгламалар асосида А.В. Ликов томонидан капилляр - ғовакли жисмда иссиклик ва масса алмашинишнинг дифференциал тенгламалар системаси келтириб чикарилган:

$$\frac{\partial x}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial l}\left(k\frac{\partial x}{\partial l} + k\delta\frac{\partial t}{\partial l}\right); \qquad c\rho_{абс.к}\frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial l}\left(\lambda\frac{\partial t}{\partial l}\right) + \varepsilon r\frac{\partial x}{\partial \tau} \qquad (7.212)$$

бу ерда, $\varepsilon = d\varphi/dx$ – фазавий ўзгариш критерийси, r – буғланиш иссиклиги, кЖ/кг.

Ушбу тенгламадаги λ, c, ε ва r коэффициентлар ўзгарувчи катталиклар бўлиб, жисмнинг намлиги ва температурасига боғлик.

(7.212) даги биринчи тенглама каттик жисмда намлик ва температура градиентлари таъсирида нам саклашнинг ўзгариш тезлигини ифодалайди. Иккинчи тенглама эса, иссиклик ўтказувчанлик ва ички буғланиш ҳисобига температура майдони ўзгариш тезлигини

характерлайди.

Конвектив куритишда моддалар диффузияси йўналишига карши йўналган термодиффузия оқими масса ўтказувчанлик тезлигини пасайтиради.

Материалдаги нотурғун концентрация ва температура майдонларини топиш учун дифференциал тенгламалар системасини ечиш керак. Куритиш жараёнини бундай ҳисоблаш усули, керакли намликка эришиш вактини ва куриткич ўлчамларини аниклаш, назарий жиҳатдан ўринлидир.

Лекин дифференциал тенгламалар системасини ечиш учун масса ва иссиклик ўтказиш коэффициентларини материал намлиги ва температурага боғликлигини билиш зарур. Юкорида кайд этилган ҳамма коэффициентлар, c ва r дан ташкари, x ва t га боғликлиги жуда мураккабдир.

Проф. А.Н. Плановский томонидан куритиш жараёнини факат масса ўтказувчанлик коэффициенти k оркали ҳисоблаш мумкинлиги исботланган. Унга биноан, (7.212) нинг биринчи тенгламаси ушбу кўринишни олади:

$$\frac{\partial x}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial l}\left(k^* \cdot \frac{\partial x}{\partial l}\right) \qquad (7.213)$$

бу ерда, k^* – ҳам термодиффузия, ҳам масса ўтказувчанликни характерловчи коэффициент бўлиб, факат материал намлигига боғлик.

Агар намликнинг маълум оралигида $k = const$ ва $\delta = const$ деб кабул килсак, (7.213) чизикли тенглама кўринишига келади:

$$\frac{\partial x}{\partial \tau} = k\frac{\partial^2 x}{\partial l^2} \qquad (7.214)$$

Куритиш жараёнининг бошланғич шартларига, каттик материалда намликнинг бир текисда таркалиши, яъни $\tau = 0$ бўлганда $x = x_н = const$ тўғри келади.

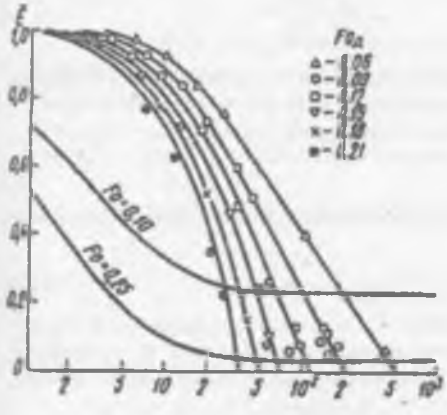
(7.213) ва (7.214) тенгламалар таҳлилидан қуйидаги кўринишдаги критериал формула келтириб чикарилади:

$$E = f\left(Bi_д, Fo_д\right) \qquad (7.215)$$

бу ерда, E – материалдаги намликнинг ўлчамсиз концентрацияси, яъни:

$$E = \frac{x - x_н}{x_б - x_н}$$

бу ерда, $x_н$ – материалдаги намликнинг мувозанат концентрацияси; $Bi_д = \beta l / (k \rho_д)$ – Био диффузион критерийси. $Fo_д = k\tau/l^2$ – Фурье диффузион критерийси.



7.87-расм. Иссиклик ўтказувчанлик тенгламасини ечишга оид $Fo_д$=const ва Fo=const чизиклари.

Нотўғри геометрик шаклдаги жисмлар учун (7.215) тенглама $\Gamma_1, \Gamma_2, ..., \Gamma_n$ параметрик критерийлар билан тўлдирилиши мумкин.

Агар материалнинг иссиклик - физик хоссалари ва жараён давомида температуранинг ўзгариши маълум бўлса, куритиш кинетикаси проф. А.Н.Плановский ва проф. С.П.Рудобашта томонидан таклиф этилган иссиклик ўтказувчанлик тенгламалари асосида ҳисоблаш усулидан фойдаланиш мумкин. Лекин Фурье тенгламаси ва масса ўтказувчанлик тенгламалари орасидаги ўхшашлик расмий характерга эга. $Fo = const$ чизикларининг турли характери температура ўтказувчанлик коэффициенти a нинг t дан ва масса ўтказувчанлик коэффициенти k^* нинг x дан боғликликлари орасида принципиал фарк борлигини кўрсатади (7.87-расм).

$Fo_д = const$ эгри чизиклар $k = f(x)$ функцияни характерлайди.

Тўғри геометрик шаклли жисм ва чексиз оким учун (7.210) тенгламанинг умумий ечими ушбу кўринишда бўлади:

$$E = \frac{x - x_м}{x_б - x_м} = \sum_1^n A_n \exp\left(-\mu_n^2 Fo_Д\right) \qquad (7.216)$$

бу ерда, $A = f(Bi_м, \mu_м)$ – жисм шакли, чегаравий ва бошлангич шартларига боғлик бўлган жисм функцияси; $\mu_м$ – характеристик тенгламалар илдизлари.

Капилляр-говакли жисмда масса ўтказувчанлик бўйича маълумотлар бўлса, (7.216) тенгламадан i - интервалда куритиш вактини аниклаш мумкин (бу ерда $k_i = const$):

$$\tau_i = \sum_1^n \frac{\ln \prod_1^3 \frac{\beta_{ij}}{E_i}}{k_i \sum_{j=1}^n \frac{\mu_j^2}{R_j^2}} \qquad (7.217)$$

бу ерда, μ_j ва β_{ij} - j – йўналишда жисм юзаси шаклига ва намлик ўзгаришининг i - оралигидаги $Bi_м$ нинг катталиги.

Амалиётда куритиш вактини аниклаш учун кинетика ва куритиш тезлиги эгри чизикларидан ёки кинетик тенгламалардан фойдаланилади.

Кинетик тенгламалар ёрдамида куриткичнинг асосий ўлчамлари ҳисобланади. Даврий курилмаларда - куритиш жараёни давомийлиги, узлуксиз ишлайдиган куриткичларда - материални куритиш вакти ёки фазалар ўзаро таъсир учун зарур юза аникланади.

Умумий ҳолатда даврий жараёнлар учун умумий куритиш вакти куйидаги тенгламадан ҳисобланади:

$$\tau_{ум} = \tau_1 + \tau_2 \qquad (7.218)$$

бу ерда, τ_1 – биринчи даврда куритиш давомийлиги, соат; τ_2 – иккинчи даврда куритиш давомийлиги, соат.

τ_1 нинг киймати масса ўтказишнинг асосий тенгламасидан аникланади:

$$\tau_1 = \frac{W}{\beta_x \cdot F \cdot \Delta x_{ур}} \quad \text{ёки} \quad \tau_1 = \frac{W}{\beta_p \cdot F \cdot \Delta P_{ур}} \qquad (7.219)$$

бу ерда, $x_{ур}$ – жараённинг ўртача харакатга келтирувчи кучи.

$$\Delta x_{ур} = \frac{\Delta x_б - \Delta x_{ик}}{2{,}3 \lg \frac{\Delta x_б}{\Delta x_{ик}}} \quad \text{ёки} \quad \Delta P_{ур} = \frac{\Delta P_б - \Delta P_{ик}}{2{,}3 \lg \frac{\Delta P_б}{\Delta P_{ик}}}$$

бу ерда, $\Delta x_б = (x_{ичб} - x_б)$ – куритиш жараёнидаги тўйинган ҳаво нам саклаши ва ишчи нам саклашларнинг бошлангич фарки, кг/кг курук ҳаво; $\Delta x_{ик} = (x_{ичк} - x_{ик})$ – жараён охиридаги нам саклашлар фарки, кг/кг курук ҳаво; $\Delta P_б = (P_{ичб} - P_б)$ – куритиш жараёнидаги тўйинган ҳаво парциал босими ва ишчи парциал босимларининг фарки; $\Delta P_{ик} = (P_{ичб} - P_{ик})$ – жараён охиридаги парциал босимлар фарки.

Куритиш жараёнининг биринчи даври учун кинетик конун масса бериш тенгламаси билан ифодаланиши мумкин:

$$W = \beta_x F\left(x_{ичб} - x\right) \cdot \tau; \qquad W = \beta_p F\left(p_{ичб} - p\right) \cdot \tau \qquad (7.220)$$

бу ерда, W – буглатилган суюклик миқдори, кг; F – фазалар ўзаро таъсир юзаси, м^2; $x_{ичб}$ – материал ташки юза температурасидаги тўйинган ҳаво нам саклаши, кг/кг курук ҳаво; x – ҳавонинг ҳакикий нам саклаши, кг/кг курук ҳаво; β_p – масса бериш коэффициенти, кг/(м^2·соат·Па); $p_{ичб}$ – материал юзаси атрофидаги тўйинган ҳаво сув буғларининг босими, Па; p – ҳаводаги сув буғининг парциал босими, Па.

Куритиш жараёнининг биринчи даврида масса бериш коэффициентини ҳисоблаш учун куйидаги тахминий формуладан фойдаланиш мумкин:

$$Nu = 2 + A\,\mathrm{Re}^n \cdot \mathrm{Pr}_Д^{0{,}33} \cdot Gu^{0{,}133} \qquad (7.221)$$

бу ерда, $Gu = (T_с - T_м)/T_с$ – Гухман критерийси; $T_с$ – мухит температураси, К; $T_м$ – материал ташки юзасининг температураси, К.

Формуладаги константа A ва даража кўрсаткичи n Рейнольдс критерийсига боғлик, яъни Nu, Re ва Pr критерийларидаги параметрлар газ окимининг ўртача температурасида

ҳисобланади.

7-3 жадвал

Re	*A*	*n*
200…25000	0,385	0,57
25000…70000	0,102	0,73
70000…315000	0,025	0,9

Қуритиш жараёни иккинчи даврининг давомийлигини ҳисоблаш учун Шервуд - Ликов тахминий усулидан фойдаланса бўлади. Лекин куритиш тезлигининг эгри чизиғи тўғри чизик тенгламаси билан ифодаланиш шарти бажарилиши зарур. Иккинчи давр учун кинетик конун ушбу кўринишга эга:

$$-\frac{dW}{Fd\tau} = K(x - x_м) \qquad (7.222)$$

бу ерда, K – куритиш тезлиги коэффициенти, x – материалнинг шу ондаги намлиги, кг/кг курук хаво, $x_м$ – материалнинг мувозанат намлиги, кг/кг курук хаво

Лекин куритиш тезлигининг $x_{кр}$ ва $x_{ох}$ ораликдаги ўзгариши тўғри чизикли конунга бўйсунмайди. Шунинг учун, (7.222) тенглама 40...60% хатолик беради.

Моддий баланс тенгламасини ҳисобга олсак:

$$dW = Gdx = KF(x - x_м) \cdot d\tau$$

бу ерда, G – куритилаётган материал массаси, кг

Математик ўзгартиришлардан сўнг ушбу кўринишга эришамиз:

$$2{,}3\lg\frac{x_{кр} - x_м}{x_{ох} - x_м} = \frac{KF}{G}\tau \qquad (7.223)$$

Охирги тенгламадан иккинчи даврдаги куритиш жараёни давомийлигини аниклаш мумкин:

$$\tau_2 = \frac{G}{KF}2{,}3\lg\frac{x_{кр} - x_м}{x_{ох} - x_м} \qquad (7.224)$$

Агар куритиш жараёни узлуксиз бўлса, биринчи ва иккинчи даврларни ўтказиш учун зарур бўлган фазалар тўкнашиш юзасини ушбу тенгламадан топамиз:

$$F_{ум} = F_1 + F_2 \qquad (7.225)$$

бу ерда, F_1 – биринчи даврдаги газ ва материаллар ўзаро таъсир юзаси, м^2, F_2 – иккинчи даврдаги фазалар тўкнашиш юзаси, м^2

W/τ ни W_τ оркали белгилаб, (7.218) ва (7.219) тенгламалардан F_1 ни топамиз:

$$F_1 = \frac{W_\tau}{\beta_р \cdot \Delta P_{ур}} = \frac{W_\tau}{\beta_г \cdot \Delta x_{ур}} \qquad (7.226)$$

G/τ ни G_τ деб белгилаб, (7.224) тенгламадан ушбу кўринишни оламиз:

$$F_2 = \frac{G_\tau}{K}2{,}3\lg\frac{x_{кр} - x_м}{x_б - x_м} \qquad (7.227)$$

Шундай килиб, куритиш жараёни тезлигини оширувчи омилларга куйидагилар киради:

а) жараён температурасини кўтариш;

б) куритилаётган материал устидаги бўшликда босимни пасайтириш;

в) иссиклик элткич нам саклашини камайтириш;

г) материал устидаги иссиклик элткич тезлигини ошириш;

д) жараён давомида материални аралаштириш.

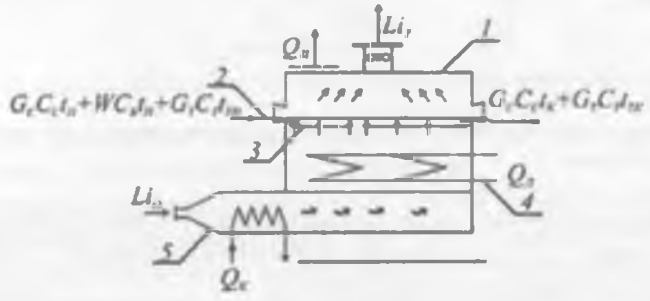
7.34. Куриткичнинг моддий ва иссиклик баланслари

Конвектив куритиш курилмаси куриткич, транспорт мосламаси, вентилятор ва калориферлан таркиб топган деб фараз килайлик (7.88-расм).

Куритишга узатилаётган нам материалнинг массавий сарфини $G_б$ (кг/соат), куритилган материал массавий сарфини $G_{ак}$ (кг/соат), материалнинг бошланғич ва охирги намликларини W_1 ва W_2 (%), буғланган намлик миқдорини W (кг/соат) деб белгилаб оламиз.

Унда, жараённинг моддий балансини ушбу тенглама кўринишида ифодалаш мумкин:

$$G_б = G_{ак} + W \quad ёки \quad W = G_б - G_{ак} \tag{7.228}$$



7.88-расм. Конвектив куриткич схемаси:
1 - куриткич; 2 - нам материал; 3 - лентали транспортёр;
4-кўшимча калорифер; 5-асосий калорифер; 6 - вентилятор.

Курук моддалар бўйича моддий балансни куйидагича ёзиш мумкин:

$$G_б \cdot (100 - W_1) = G_{ак} \cdot (100 - W_2) \tag{7.229}$$

ёки

$$G_{ак} = G_б \cdot \frac{100 - W_1}{100 - W_2}. \tag{7.230}$$

Буғлатилган намлик миқдори эса, ушбу тенгламадан ҳисоблаб аникланади:

$$W = G_б \cdot \frac{W_1 - W_2}{100 - W_2} \tag{7.231}$$

Куриткичга узатилаётган газ ёки абсолют курук ҳаво миқдорини L (кг/соат), бошланғич нам сақлашини x_1 ва охиргисини x_2 деб белгилаб оламиз.

Унда, намлик бўйича моддий баланс:

$$W + Lx_1 = Lx_2 \tag{7.232}$$

бундан курук ҳаво сарфи:

$$L = \frac{W}{x_2 - x_1} \tag{7.233}$$

Ҳавонинг солиштирма сарфи (1 кг намликни буғлатиш учун кетаётган сарф) эса,

$$l = \frac{L}{W} = \frac{1}{x_2 - x_1}. \tag{7.234}$$

Конвектив куритишнинг иссиклик балансини ҳам 7.88-расм асосида тузамиз. Куритиш вактида иссиклик ва масса алмашиниш жараёнлари биргаликда ўтади. Моддий ва иссиклик окимлар орасида маълум боғликлик мавжуд. Контактли куритиш жараёнида иссиклик материални кандайдир бошланғич куритиш температурасигача иситиш ва куритиш учун сарфланади.

Куритишга кираётган материал миқдори G_c+W (кг/соат) бўлиб, у массаси $G_т$ бўлган конвейерда жойлашган. Куриткичга L (кг/соат) миқдорда абсолют курук ҳаво узатилмокда. Калориферда иситилаётган ҳавога $Q_к$ (кЖ/соат) миқдорда иссиклик узатилса, курилмада эса унга кўшимча $Q_д$ (кЖ/соат) иссиклик берилади.

Куритиш жараёнида катнашаётган материал, иссиклик элткич ва мосламалар параметр-

ларини қуйидагича белгилаб оламиз:

G_c – қуритилаётган материал массаси, кг/соат;

c_c – қуритилган материал солиштирма иссиклик сиғими, кЖ/(к·К);

$c_т$ – транспорт мосламасининг солиштирма иссиклик сиғими, кЖ/(кг·К);

$t_н$ – материалнинг қуритишгача бўлган температураси, °С;

$c_в$ – сувнинг солиштирма иссиклик сиғими, кЖ/(кг·К);

$t_к$ – материалнинг қуритилгандан кейинги температураси, °С;

$t_{тн}$, $t_{тк}$ – транспорт мосламасининг қуриткичга киришдан аввалги ва ундан чиккандан кейинги температуралари, °С;

I_0 – қуриткичга кираётган ҳавонинг солиштирма энтальпияси, кЖ/кг;

I_1 – калориферда иситилаётган ҳавонинг солиштирма энтальпияси, кЖ/кг;

I_2 – қуриткичдан чикаётган ҳавонинг солиштирма энтальпияси, кЖ/кг;

$Q_п$ – атроф-мухитга иссикликнинг йўкотилиши, кЖ/кг.

Жараённинг иссиклик баланс тенгламасини қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$LI_0 + Q_к + Q_м + G_c c_c t_н + Wc_в t_к + G_т c_т t_{тн} = LI_2 + G_c c_c t_к + G_т c_т t_{тк} + Q_п \qquad (7.235)$$

Ушбу тенгламадан қуритиш учун керакли иссиклик сарфини аниклаш мумкин:

$$Q = Q_к + Q_Д = L \cdot (I_2 - I_0) + G_c c_c (t_к - t_н) + G_т c_т (t_{тк} - t_{тн}) - Wc_в t_к + Q_п \qquad (7.236)$$

Агар ҳамма иссиклик сарфларини буглатилаётган 1 кг намликка нисбатан олиб, тегишли белгилашларни амалга оширсак, (7.236) тенглама ушбу кўринишни олади:

$$q = q_к + q_Д = l \cdot (I_2 - I_0) + q_м + q_т + q_п - c_в t_н \qquad (7.237)$$

Ушбу тенгламадан калорифердаги солиштирма иссиклик сарфини топамиз:

$$q_к = l \cdot (I_2 - I_0) + q_м + q_т + q_п - q_Д - c_в t_н \quad \text{ёки} \quad q_к = l \cdot (I_2 - I_0) \qquad (7.238)$$

Олинган $q_к$ кийматини (7.237) тенгламага қўйиб, қуйидаги кўринишга эришамиз:

$$l \cdot (I_1 - I_0) + q_Д = l \cdot (I_2 - I_0) + q_м + q_т + q_п - c_в t_н$$

ёки

$$l \cdot (I_1 - I_0) = q_Д + c_в t_н - q_м - q_т - q_п \qquad (7.239)$$

агар $q_Д = 0$ бўлса

$$l \cdot (I_2 - I_0) = c_в t_н - q_м - q_т - q_п$$

(7.239) тенгламанинг ўнг томонини

$$(q_Д + c_в t_н) - (q_м + q_т + q_п) = \Delta \qquad (7.239а)$$

деб белгиласак, ушбу кўринишга эришамиз:

$$l(I_2 - I_1) = \Delta$$

ёки

$$I_2 = I_1 + \frac{\Delta}{l} \qquad (7.240)$$

Агар (7.234) тенгламани инобатга олсак, ушбу тенгламага эришамиз:

$$\frac{I_2 - I_1}{x_2 - x_1} = \Delta \qquad (7.241)$$

оралик, бирор ондаги кийматлар учун эса:

$$\frac{I - I_1}{x - x_1} = \Delta \qquad (7.242)$$

(7.242) тўғри чизик тенгламаси бўлиб, қуритиш жараёнининг ишчи тенгламаси деб номланади.

Шундай килиб, энтальпия ва нам саклашлар орасидаги боғликлик тўғри чизик функцияси билан характерланади.

Қуритиш жараёнларини тахлил килиш учун назарий қуриткич тушунчасини киритамиз. Қуритишга узатилаётган материал температураси нолга тенг ҳамда материал ва транспорт

воситалар иситилиши бўлмаган курилма, назарий куриткнч деб аталади. Унда, (7.239а) тенгламага биноан, $\Delta = 0$ бўлади. Бунда $l \neq 0$ ва (7.240) тенгламадан назарий куритиш учун $I_1 = I_2$ эканлигини аниклаймиз. Шундай килиб, $I - x$ диаграммада жараён $I=const$ чизиги билан тасвирланади. Назарий куриткичда материал намлигининг буғланиши факат ҳавонинг совиши ҳисобига бўлади. Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, ҳаво бераётган иссиклик миқдори материалдан буғланган намлик билан бирга кайтарилади.

Ҳакикий куриткичларда ҳавонинг энтальпияси кўпчилик ҳолларда ўзгарувчан бўлади.

Агар иссикликнинг кириши унинг сарфидан катта ($q_д + c_м t_м > q_и + q_т + q_п$) бўлса, яъни $\Delta > 0$, унда (7.240)га биноан $I_2 > I_1$ бўлади. Бундай ҳолларда куриткич иктисодий жиҳатдан тежамсиз режимда ишлайди, чунки ҳамма иссиклик фойдали сарфланмайди.

Агар $\Delta < 0$ дан бўлса, унда $I_2 < I_1$ бўлади. Бундай ҳолларда куриткич тежамкор ва самарали ишлайди.

Ҳакикий куриткичларда $\Delta = 0$ бўлган тенглик ҳоллари ҳам бўлиши мумкин. Бундай ҳолатда куриткичга кираётган иссиклик унинг сарфига тенгдир, яъни $q_д + c_м t_м = q_и + q_т + q_п$

Контактли куриткичда намликни буғлатиши учун зарур иссиклик фазаларни ажратиб турувчи девор оркали узатилади. Ушбу куритиш жараёнида иссиклик элткич сифатида тўйинган сув буғи ишлатилади.

Узатилаётган иссиклик материални куритиш температурасигача иситиш ва унинг ичидаги намликни йўкотиш учун сарфланади, яъни $Q_{ум} = Q_м + Q_с$.

Материални иситиш учун иссиклик сарфи

$$Q_м = D_м\left(I'' - I'\right) = G_с c_с\left(t_{ск} + t_К\right) + W c_в\left(t_{ск} - t_м\right) + Q_п \qquad (7.243)$$

Куритиш учун зарур иссиклик сарфи

$$Q_с = D_с\left(I'' - I'\right) = G_с c_с\left(t_{ск} + t_{сн}\right) + W\left(I_в - c_в t_{сн}\right) + Q_п \qquad (7.244)$$

Буғнинг умумий сарфи

$$D_{ум} = \frac{Q_{ум}}{I'' - I'} \qquad (7.245)$$

Конвектив куритиш жараёнини $I - x$ диаграммада тасвирлаш учун ҳавонинг 2 та бошланғич параметри t_1 ва x_1 берилган бўлиши керак. Жараён тамом бўлгандан сўнг, ҳавонинг охирги 3 та параметрларидан, яъни нисбий намлик, температура ёки нам саклашдан биттаси кабул килинади.

Кейин, ҳавонинг бошланғич параметрларини ифодаловчи ва берилган ($\varphi = const$, $t_2 = const$ ёки $x = const$) нукталар бўйича $I - x$ диаграммада куритиш жараёнининг ишчи чизиги ўтказилади. Топилган нукта бўйича иссиклик элткич - ҳавонинг ҳамма охирги параметрлари ҳамда унинг сарфи ва иссиклик миқдори аникланади.

I-x диаграммада куритиш учун ҳаво ва иссикликнинг сарфини аниклаш

Куритиш жараёни I-x диаграммада қуйидагича тасвирланади (7.89-расм). Калориферга кираётган ҳавонинг температураси t_0 ва унинг нисбий намлиги φ_0 бўлган параметрли ҳаво диаграммада A нукта билан ифодаланади. Ушбу параметрли ҳавонинг нам саклаши x_0.

Калориферда ҳавонинг t_0 дан t_1 температурагача исиши ўзгармас нам саклаш $x_0 = x_1$ да ўтади ва жараён диаграммада вертикал кесма AB билан ифодаланади. Нукта B га изотерма t_1 тўғри келади.

Куритиш жараёнида ҳаво ҳолатининг ўзгаришини қуйидаги тенглама ёрдамида аниклаймиз:

$$l\cdot(I_1 - I_2) = \Delta \qquad (7.246)$$

бу ерда, Δ – иссикликнинг солиштирма сарфи

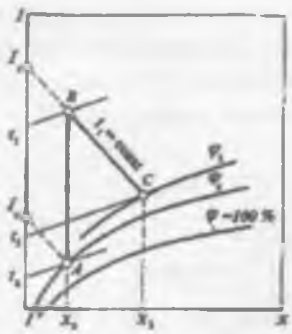
Агар куриткичга қўшимча иссиклик узатилмаса $Q_{қўш}=0$, унда

$$q_{м1} + q_{т1} + q_{ф/х} > q_w$$

яъни $\Delta>0$. Куриткичдан чикиб кетаётган иссик ҳавонинг энтальпияси унга кираётгандан кичик ($I_2<I_1$).

Агар куриткичга қўшимча иссиклик $Q_{қўш}$ узатилса, унда

$$q_M + q_T + q_{ташқ} < q_{ҳўл} + q_W$$



7.89-расм. I-x диаграммада назарий қуритиш жараёнининг график тасвири.

яъни $\Delta<0$. Қуриткичдан чиқиб кетаётган ҳавонинг энтальпияси ортиб боради ($I_2>I_1$).

Лекин шундай қуритиш шароитларини ташкил этиш мумкинки, унда

$$q_M + q_T + q_{ташқ} = q_{ҳўл} + q_W$$

яъни $\Delta=0$ ва $I_1=I_2$=const.

Қуриткичда ҳаво энтальпияси ўзгармасдан кечадиган жараён назарий қуритиш деб номланади. *I-x* диаграммада назарий қуритиш жараёни *B* нуктадан *I*=const бўйлаб ҳавонинг юқори нам сақлаш қийматлари ўнгга томон йўналган чизиғи билан ифодаланади. Ушбу чизиқ *C* нуктадаги изотерма t_2 ёки нисбий намлик φ_2 тўхтайди (7.89-расм). Нукта *C* нинг абсциссаси ишлатиб бўлинган иссиқ ҳаво нам сақлаши x_2 ни кўрсатади.

Агар x_2 ва x_0 маълум бўлса, ҳавонинг солиштирма сарфи *l*, унинг сарфи $L=l\cdot W$ ва калориферда ўзатилаётган иссиқлик миқдори $Q=L(I_1-I_0)$ аниқланиши мумкин. Ҳисоблашларда ишлатиладиган ҳамма катталиклар (x_0, x_2, I_0, I_1) *I-x* диаграммадан топилади.

Агар $\Delta\neq0$ бўлган ҳолларда *C* нукта *I=const* чизиғидан юқорида ёки пастда бўлади.

Аввал $\Delta>0$ бўлган шароит учун *I-x* диаграммада қуритиш чизиғининг шаклини кўрамиз. Бошлангич маълумотлар бўйича назарий қуритишнинг чизиғи *BC* ни топамиз. Қуриткичга қўшимча иссиқлик узатилганда ($\Delta>0$), ҳақиқий қуриткичнинг чизиғи *B* нуктадан бошланиб, I_1=*const* чизиғининг юқорисидан ўтади (7.90-расм). Ҳақиқий қуриткич чизиғини топиш учун *BC* кесмада ихтиёрий C_1 нуктани танлаймиз ва вертикал, горизонтал чизиқлар ўтказиб *D*, D_1 ва *E*, E_1 нукталарни топамиз. BC_1E_1 ва *BCE* ҳамда BD_1C_1 ва *BDC* учбурчакларнинг ўхшашлигидан қуйидаги ифода келиб чиқади:

$$\frac{CE}{CD}=\frac{C_1E_1}{C_1D_1}$$

Нукта *E* да ҳаво энтальпияси I_1 бўлиб, *C* да эса I_2 бўлгани учун, уларга тегишли кесмалар $CE=I_1-I_2$ ва $DC=x_2-x_1$ га тенг бўлади.

Демак,

$$\frac{CE}{CD}=\frac{I_1-I_2}{x_2-x_1}$$

Аммо $\Delta=(I_1-I_2)/(x_2-x_1)$ эканлигини инобатга олсак, яъни

$$\frac{CE}{CD}=\Delta=\frac{I_1-I_2}{x_2-x_1}$$

Агар C_1 нуктанинг координатларининг *x* ва *I* деб белгилаб олсак, унда тегишли кесмалар қуйидаги кўринишни олади:

$$C_1E_1=I_1-I \qquad \text{ва} \qquad C_1D_1=x-x_0$$

Юқорида келтирилганларни ҳисобга олсак, ушбу нисбатни оламиз:

$$\frac{CE}{CD}=\frac{C_1E_1}{C_1D_1}=\Delta=\frac{I_1-I_2}{x_2-x_0}=\frac{I_1-I}{x-x_0}$$

ёки

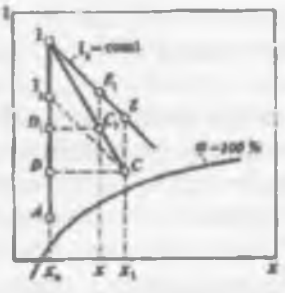
$$I_1-I=\Delta(x_2-x_0)$$

Демак, *BC* қуритиш чизиғи Δ катталикни ҳавонинг бошланғич параметрлари I_1 ва x_0 ҳамда координатлар *I* ва *x* лар билан боғлайди.

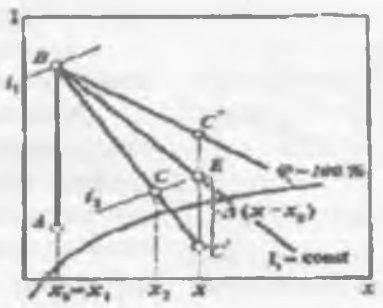
Шундай қилиб, юқорида келтирилганларга асосланиб исталган ҳолат учун қуритиш чизигининг йўналишини топиш мумкин.

Агар $\Delta<0$ бўлса, яъни қуриткичда иссикликнинг йўқотилиши мавжуд бўлса, ҳақиқий

куриткичнинг чизиғини тузиш аввалги мисолдан (яъни $\Delta>0$ бўлгандағидан) фарк килмайди (7.90а-расм). Куритиш чизиғи BC' кесма билан ифодаланади.



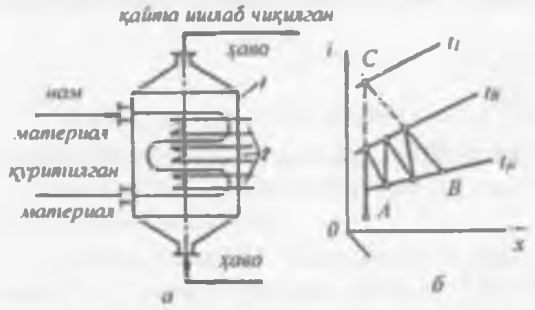
7.90-расм. Куритиш жараёнининг ишчи чизигини I-x диаграммада тасвирлаш.



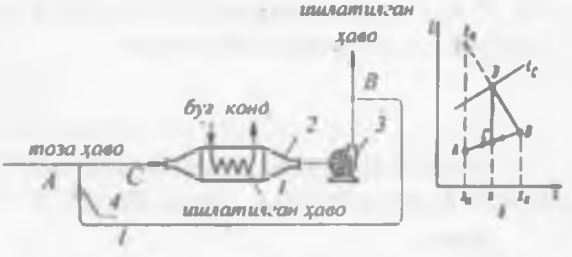
7.90а-расм. I-x диаграммада куритиш чизиғини аниқлаш.

7.35. Куритиш жараёнини ташкил этиш усуллари

Кимё, озик - овкат ва бошка саноатларда ҳаво киздирилиши ва бир марта куритиш камерасидан ўтиши каби энг содда куритиш жараёнидан ташкари бошка усуллар ёрдамида ҳам жараённи ташкил этиш мумкин. Саноат микёсида қуйидаги усуллар қўлланилади: ҳавони кўп марта оралиқ иситиш йўли билан куритиш, ишлатилган ҳавони қисман рециркуляция



7.91-расм. Ҳавони кўп марта оралиқ иситиш йўли билан куритиш схемаси (а) ва жараённинг i - x диаграммадаги (б) тасвири:
1 - куритиш камераси, 2 - калорифер



7.92-расм. Ишлатилган ҳавони қисман рециркуляция қиладиган куриткич схемаси (а) ва жараённи i – x диаграммада тасвирлаш (б):
1 - калорифер, 2 - куритиш камераси,
3 - вентилятор, 4 - кран

килиш йўли билан куритиш, ишлатилган ҳаводан кўп марта фойдаланиш йўли билан куритиш.

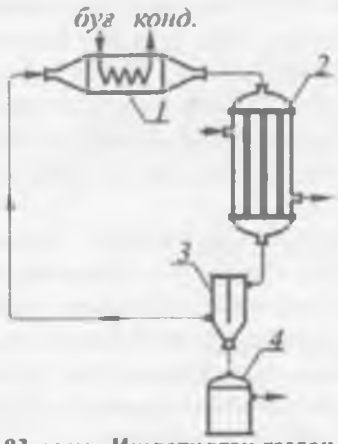
Ҳавони кўп марта оралиқ иситиш йўли билан куритиш схемаси 7.91-расмда келтирилган.

Одатда, бу усулда ҳавонинг юкори $t_в$ ва куйи $t_н$ температуралари кабул килинади. Даставвал ҳаво $t_в$ температурагача киздирилади ва ундан сўнг нам материал билан ўзаро таъсирда бўлиб, $t_н$ температурагача совийди. Кейин, калориферда ҳаво яна $t_в$ температурагача киздирилади ва яна материал билан ўзаро таъсирда бўлиб $t_н$ температурагача совийди ва ҳ. Бу ҳолда ҳавонинг охирги температураси B нукта оркали аниқланади.

Куритишнинг бу усулида нам материални нисбатан паст температурали иссиқ ҳаво ёрдамида куритиш имкони бор. 7.91б-расмдаги пунктир чизиклардан кўриниб турибдики, агар иссиклик элткич камералар оралиғида кўшимча киздирилмаганда, ҳавони t_1 температура (C нукта) гача киздириш зарур бўлар эди.

Бу усулда юкори температураларга чидамли материаллар куритилади.

Ишлатилган ҳавони қисман рециркуляция қилиш йўли билан қуритиш схемаси 7.92-расмда кўрсатилган. Диаграммада *А* нуктани ифодаловчи параметрли иссиқ ҳаво, ишлатиб бўлинган ҳаво (*АС* ва *ВС* чизиклар) билан аралашади ва калориферда t_c температурагача киздирилади. Ундан кейин, киздирилган ҳаво нам материал билан ўзаро таъсир эттирилади. Нам ҳавонинг сўнгги параметрларини *В* нукта характерлайди.



7.93-расм. Ишлатилган газдан кўп марта фойдаланиш усулида куритиш схемаси: 1 - куриткич, 2 - конденсатор-совуткич, 3 - сув ажратгич, 4 - йиггич

Оддий қуритиш усулига нисбатан бу усул пастрок температураларда, яъни $t_к$ ўрнига t_c да ва газ окимининг юкори тезликларида ўтказилади.

Юкорида кайд этилган ҳавонинг параметрлари ва унинг куриткичдаги тезлиги аралашиш карралиги $n = l/L$ га боғлик. Циркуляцияли ва циркуляциясиз қуритиш усуллари ва ҳаво ҳолатининг ўзгариш оралиғи бир хил бўлганда, иссиклик сарфи ҳам бир хил бўлади.

Ишлатилган газ кўп марта фойдаланиш усулида қуритиш схемаси 7.93-расмда келтирилган.

Қуритувчи газ сифатида тоза ва киммат газлар, масалан водород, ишлатилганда ушбу усулни қўллаш максадга мувофик. Бундай ҳолларда ишлатиб бўлинган газни атмосферага чикариб бўлмайди. Шунинг учун, бу схемалар ёпик циркуляцияли бўлади.

Сув буглари билан тўйинган газ калориферда киздирилади (*АВ* кесма). Натижада унинг нисбий намлиги пасаяди ва куритиш кобилияти ортади. Ундан кейин, газ ва материал ўзаро таъсирда бўлади (*ВС* кесма) ва намлик билан тўйинади. Сўнг эса, намланган газ шудринг нуктасигача (*СД* кесма) совутилади. Лекин намланган газ таркибидаги бир кисм намлик конденсацияланади (*ДЕ* кесма). Кейин эса, газ киздирилади ва яна куриткичга йўналтирилади.

Бу қуритиш усули ҳавонинг паст температураси, юкори бошлангич нам саклаш ва нисбий намликлари билан характерланади. Ундан ташкари, куриткичда газ тезлиги ҳам жуда катта. Газ тезлигининг юкори бўлиши масса бериш коэффициенти ва биринчи даврда қуритиш тезлигининг ортишига олиб келади.

Юкорида кайд этилган қуритиш усуллари керакли микдордаги иссикликни узатиш ва майин куритиш режимларини таъминлайди.

Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, у ёки бу қуритиш усули жараённи тезлаштириши ёки секинлаштириши, уни ўтказиш шароитига таъсир этиши мумкин. Лекин иссиклик сарфига салмокли таъсир этмайди, чунки у қуритувчи газнинг бошланғич ва охирги параметрлари билан аникланади.

7.36. Куриткичлар конструкциялари

Турли хилдаги технологияларда қўлланиладиган куриткичлар конструкциялари хилма-хилдир. Улар бир - биридан ҳар хил белгиларига караб фаркланади. Қаттик, нам материалга иссиклик узатиш турига караб конвектив, контактли, сублимацияли, радиацион, диэлектрик ва махсус куриткичларга бўлинади. Иссиклик элткич сифатида ҳаво, газ ва буг қўлланилиши мумкин. Куритиш камерасидаги босим катталигига караб, вакуум ва атмосфера босимида ишлайдиган куриткичларга бўлинади. Жараённи ташкил этиш усулига караб, даврий ва узлуксиз ишлайдиган куриткичлар бўлиши мумкин. Ундан ташкари, материал ва иссиклик элткич ҳаракатига караб параллел, карама-карши ва ўзаро кесишган йўналишли куриткичлар тайёрланади. Юкорида кайд этилганлардан кўриниб турибдики, куриткичларни умумлаштирувчи классификация килиш жуда кийин.

Шунинг учун, қуйида иссикликни узатиш ва куритилаётган материал катламининг ҳолатига караб гурухларга ажратилган куриткичлар конструкцияларини кўриб чикамиз.

Халк хўжалигининг турли соҳаларида камерали, туннелли, лентали, шахтали, сиртмокли,

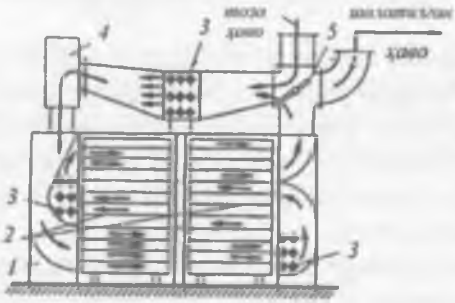
мавҳум кайнаш катламли, барабанли, тебранма, жўвали, пурковчи, пневматик, икки поғонали ва бошка қуриткичлар қўлланилади.

Камерали қуриткичлар конвектив қурилмалар ичида энг содда тузилган ва кобик 1 ичида вагонетка 2 лар жойлашган бўлади (7.94-расм).

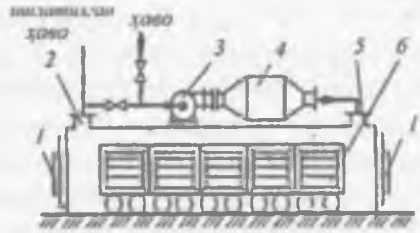
Вагонеткалар токчаларида нам материал жойлаштирилади. Ҳаво калориферда киздирилиб, вентилятор ёрдамида ҳайдалади ва материал устидан ёки ичидан ўтиб намликни буғлатади. Ишлатиб бўлинган ҳавонинг бир кисми янги ҳаво билан аралаштирилади. Бу турдаги қуриткичлар, одатда атмосфера босимида ишлайди. Улар кичик корхоналарда майин режим ва паст температурада нам материалларни қуритиш учун мўлжалланган. Афзалликлари: тузилиши содда ва таъмирлаш осон. Камчиликлари: камерали қуриткичларнинг иш унумдорлиги кичик ва маҳсулот қуриши бир текисда эмас.

Туннелли қуриткичлар. Жараённи ташкил этиш бўйича бу қурилмалар узлуксиз ишлайдиган қуриткичлар каторига киради. Бу қуриткичлар тўғри тўртбурчак кўндаланг кесимли узун камерадан иборатдир (7.95-расм). Нам материал юкланган аравачалар темир рельслар устида ҳаракатланади. Қурилманинг кириш ва чикиш эшиклари зич ёпилади. Аравачаларнинг қуритиш камерасида бўлиш вакти қуритиш жараёни давомийлигига тенг. Материал юкланган аравачаларнинг камерадан бир марта ўтишида нам материал қуритилади. Иссиклик элткич калориферда киздирилиб, вентилятор ёрдамида қурилмага узатилади.

Бу турдаги қуриткичларда иссиклик элткич кисман рециркуляция килинади. Нам мате-



7.94-расм. Камерали қуриткич:
1 - кобик, 2 - вагонетка, 3 - калорифер, 4 - вентилятор, 5 - шибер.



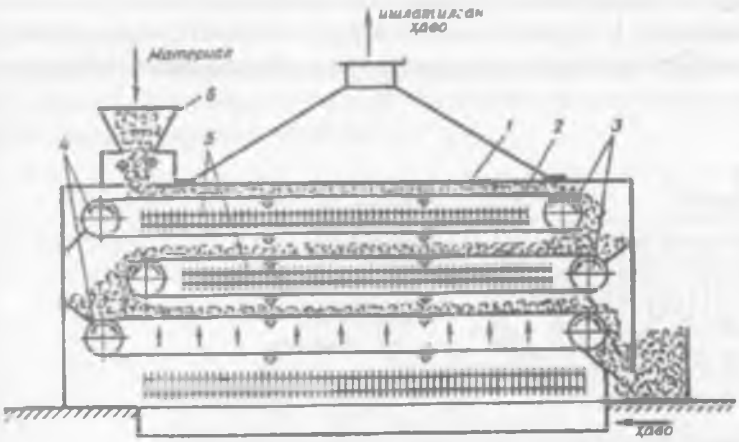
7.95-расм. Туннелли қуриткич:
1-эшикчалар; 2-газоход, 3- вентилятор, 4-калорифер, 5-кобик, 6-материалли аравача.

риал ва иссиклик элткич параллел ёки карама-карши йўналишли бўлиши мумкин. Кўпинча калорифер ва вентилятор қуриткичнинг ёнига ёки томига ўрнатилади. Ишлатиб бўлинган ҳаво кувур оркали атмосферага чикариб юборилади. Бу турдаги қурилмаларда материални аралаштириб бўлмайди ва қуриш бир текисда эмас; туннелли қуриткичлар ўлчами катта, донасимон материалларни, сабзавот, мева, макарон ва бошка маҳсулотларни қуритиш учун мўлжалланган. Қуриткич камчиликлари: қуритиш тезлиги кичик, жараён узок муддатда давом этади ва бир текисда эмас.

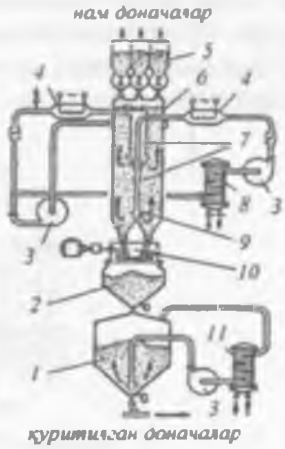
Лентали қуриткичлар узлуксиз ишлайдиган қуриткичлар каторига киради (7.96-расм).

Нам материал қурилманинг тепа кисмидаги бункер оркали юкланади ва конвейернинг юкори лентасига тушади. Одатда, иккита барабан орасига тортилган лента тешикли бўлади ва нам материал унинг устида ҳаракатланади. Лентанинг иккинчи учига етганда, материал пастки конвейерга тўкилади. Энг пастки конвейердан, қуритилган материал чикариш бункерига тўкилади.

Қуритилаётган материалнинг бир лентадан иккинчиси тўкилиб ўтиши унинг аралашишига сабабчи бўлади. Натижада, қуритиш тезлиги ортади. Кўпинча бундай қуриткичлар кўп лентали килиб ясалади.



7.96-расм. Лентали куриткич:
1 - кобик, 2 - лентали конвейер, 3 - етакловчи барабанлар,
4 - етакланувчи барабанлар, 5 - калорифер,
6 - юкловчи мосламали бункер



7.97-расм. Сочилувчан, донадор материалларни қуритиш учун шахтали куриткич:
1 - бункер - совуткич, 2 - оралик бункер,
3 - газодувка, 4 - калорифер, 5 - бункер,
6 - шахта, 7 - иссиклик элткични узатиш трубалари, 8 - конденсатор-совуткич,
9 - жалюзлар, 10 - кадоклагич,
11 - совуткич

Материал ва иссиклик элткич ўзаро кесишган йўналишда ҳаракатланади.

Шу билан бирга, параллел ва карама - карши йўналишли куриткичлар ҳам ишлаб чикарилади. Бундай куриткичларда иссиклик элткич кисман рециркуляция килиниши мумкин.

Ҳавони рециркуляция ва оралик киздирилиши туфайли лентали куриткичларда майин куритиш режимларига эришиш мумкин.

Лентали куриткичларнинг айрим конструкцияларида, бир текисда куритишга эришиш учун, материал катламини аралаштириш ва катламни текислаш учун лента устига махсус ағдирувчи мослама ўрнатилади.

Куриткичнинг асосий камчиликлари: кўпол, кўп жой эгаллайди, таъмирлаш ва эксплуатация килиш мураккаб, иш унумдорлиги кичик ва иссиклик сарфи катта.

Шахтали куриткичлар донадор, сочилувчан материалларни куритиш учун ишлатилади (7.97-расм). Иссиклик элткични узатиш учун куриткичнинг ўки бўйлаб трубалар ўрнатилган.

Трубаларнинг иккинчи учида иссиклик элткични бир хилда таксимлаш учун жалюзлар ўрнатилган. Иссиклик элткични узатиш ва циркуляция килиш системаси куритиш ҳажмини иккита зонага бўлади. Биринчи зонада иккинчисидан чикаётган иссикликдан фойдаланилади. Биринчи зонада асосан сиртий намлик, иккинчисида эса - ички намлик йўкотилади.

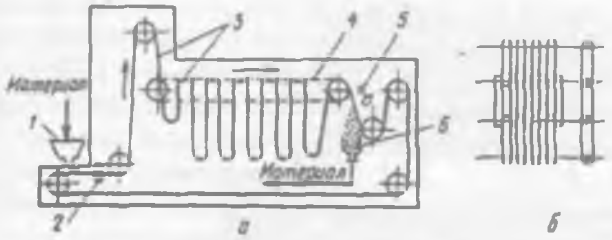
Иккинчи зонага юборилаётган иссиклик элткич даставвал шу зонадаги конденсаторда кисман куритилади. Куриткичнинг тепа кисмида иккила оким бир-бирига аралашиб кетади ва калориферда киздирилгандан сўнг, газодувка ёрдамида куриткичнинг биринчи зонасига узатилади. Куритилган материални тўкиш узлуксиз ишлайдиган токчали кадоклагич ёрдамида амалга оширилади.

Сиртмокли куриткичлар пастасимон материалларни узлуксиз куритишга мўлжалланган курилмалардир (7.98-расм).

Сиртмокли куриткичларда материал 5...20 мм ли катламда, икки томонидан иссик ҳаво билан иситиладиган жувалар киздирилиши натижасида (масалан, коғоз) куритилади. Бу курилмада камерали куриткичга караганда жараён тезлиги юкори. Куриткич камчиликлари: конструкцияси мураккаб ва эксплуатацион сарфлар катта.

Тебранма куриткичлар майин дисперс, полидисперс, кумок-кумок ва шу каби бошка, яъни мавҳум кайнашга мойил бўлмаган, материалларни куритиш учун мўлжалланган. Дисперс материал катламига паст частотали тебранишлар таъсири катламдаги иссиклик ва

масса алмашиниш жараёнларни интенсивлайди. Ундан ташкари, тебранишлар ўзаро кесишган йўналишли, юкори самарадор ва идеал сикиб чикарувчи куриткичлар яратиш имконини очиб беради. Бу турдаги куриткичларда температура ва концентрация майдонлари бир текисда бўлади.



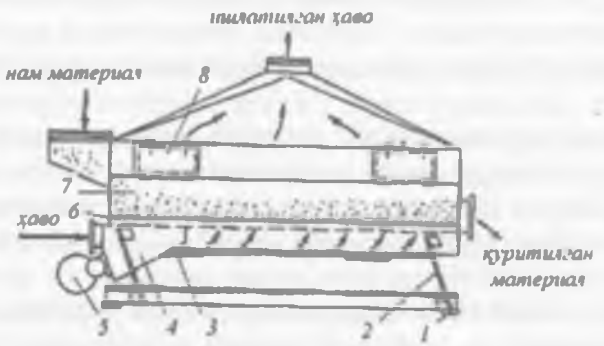
7.98-расм. Сиртмокли куриткич (а) ва тўрли лента элементи (б):
1 - нам материал таъминлагич; 2 - ситиладиган жувалар;
3 - чексиз тўрли лента, 4 - занжирли конвейер,
5 - таянчли механизм; 6 - шнекли бункер

Тебранма мавҳум кайнаш катламини вертикал, горизонтал ва новли курилмаларда ташкил этиш мумкин.

Кимё ва бошка саноатларида новли куриткичлар энг кенг таркалган. Лекин шуни алоҳида кайд этиш керакки, бу курилмалар кичик киялик бурчак остида ўрнатилган бўлади (7.99-расм).

Куриткич узатмаси маятникли юриткич - тебратгичдан иборат. Қатлам оркали ўтаётган газ оқими ва паст частотали тебранмаларнинг бир вақтда таъсири натижасида тебранма мавҳум кайнаш катлами ҳосил бўлади. Бундай катламда масса ва иссиклик алмашиниш жуда юкори бўлади.

Барабанли куриткичлар узлуксиз ишлайдиган курилмалар каторига киради ва атмосфера босимида донадор, сочилувчан материалларни (минерал туз, фосфорит, канд лавлаги, турпи, буғдой, шакар ва ҳ.) куритиш учун қўлланилади. Иссиклик элткич сифатида ҳаво ёки тутун газлари хизмат килади.

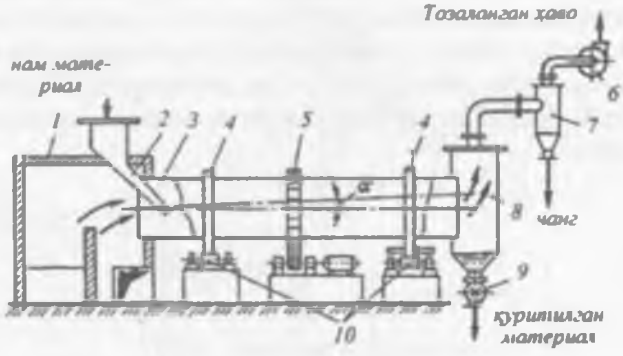


7.99-расм. Тебранма мавҳум кайнаш катламли куриткич:
1 - амортизатор, 2 - пружина; 3 - тўкиш люки; 4 - тебраткич, 5 - юриткич,
6 - газ таксимловчи тешикли панжара, 7 - тарнов, 8 - кузатиш ойнаси

Барабанли куриткичлар ичи бўш цилиндрдан иборат бўлиб, уфкка нисбатан кичик киялик бурчагида ўрнатилган бўлади (7.100-расм).

Барабан бандаж ва роликларга таяниб туради. Унинг айланиши электр юриткич ва редуктор ҳамда тишли ғилдирак ёрдамида амалга оширилади. Барабаннинг айланиш частотаси 5...8 мин$^{-1}$ дан ошмайди. Куриткичга нам материал таъминлагич ёрдамида узатилади. Барабан айланиши даврида материал тепага кўтарилиб пастга тўкилади ва бу жараён узлуксиз давом этади. Шу билан бирга, курилма ўрнатилгани ва ичига махсус

насадкалар жойланганлиги сабабли, қуритилаётган материал тўкиш бункери томонига караб харакатланади. Одатда, насадкалар цилиндрик барабаннинг бутун узунлиги бўйлаб жойлаштирилади. Барабан ичида материал иссиклик элткич билан ўзаро таъсирда бўлиб куритилади. Материал ва қуритувчи элткич билан ўзаро таъсир самарасини ошириш учун турли хилдаги насадкалар мавжуд.



7.100-расм. Барабанли қуриткич:
1 - ўтхона; 2 - бункер, 3 - барабан; 4 - бандаж; 5 - тишли гилдирак; 6 - вентилятор; 7 - циклон; 8- тўкиш бункери; 9 - шлюзли таъминлагич; 10 - таянч роликлар

Насадкалар нам материални бир текисда таркатади ва уни иссиклик элткич билан ювилиб туришини яхшилайди. Насадка тури материал хоссаларига караб танланади (7.101-расм).

Йирик бўлакли ва ёпишиб колишга мойил материалларни куритиш учун кўтарувчи куракчали насадкаларни қўллаш максадга мувофик. Майда, сочилувчан материалларни куритиш учун эса, таксимловчи насадкалар қўлланилади. Майин дисперс, кукунсимон, чанглайдиган материаллар эса ағдарувчи насадкали қурилмада куритилади.

Иссиклик элткич ва материал параллел ва карама-карши йўналишда харакатланиши мумкин. Параллел йўналишли куриткичларда материал ўта кизиб кетишини олдини олиш мумкин, чунки иссиклик элткич юкори намликка эга материал билан ўзаро таъсирда бўлади. Куритилаётган материал таркибидаги кукунсимон фракция учиб кетмаслиги учун вентилятор хайдаётган иссиклик элткич тезлиги 2...3 м/с дан ошмаслиги керак. Ишлатилган газ атмосферага чикариб юборишдан аввал циклоида тозаланади.



7.101-расм. Барабанли куриткич насадкаларининг асосий турлари:
а- парракли; б,в- таксимловчи, хажмий типдаги; г - ағдарувчи, секторли; д-ағдарувчи, ёпик ячейкали

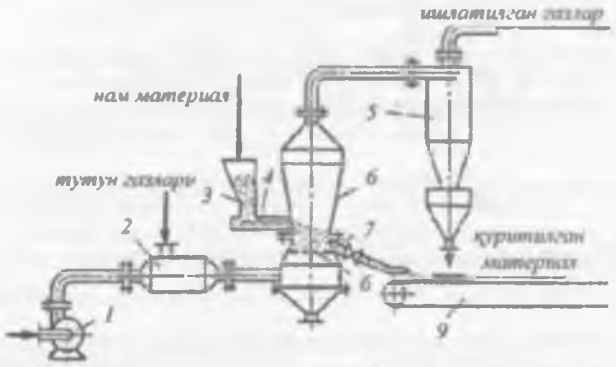
Барабанли куриткичлар диаметри 1 дан 3,5 м гача бўлади. Диаметри 2,8, 3,0 ва 3,5 м ли барабанларнинг узунликлари 14, 20 ва 27 м килиб ясалади.

Ундан ташкари, барабанли вакуум-куриткичлар хам саноатнинг турли соҳаларида ишлатилади. Купинча бу курилмалар даврий ишлайдиган бўлади. Ушбу куриткичлар

иссикликка сезгир материаллардан сув ва органик эритмаларни йўқотиш ҳамда заҳарли материалларни қуритиш учун қўлланилади.

Барабанли вакуум - қуриткичлар гербицид, заҳарли дорилар, баъзи бир полимерларни ишлаб чиқариш ҳамда медицина, озик - овқат, кимё ва фармацевтика саноатларида ишлатилади.

Мавҳум қайнаш қатламли қуриткичлар узлуксиз ишлайдиган қурилмалар каторига киради ва майда, сочилувчан, донадор нам материалларни қуритиш учун кенг кўламда ишлатилади. Бундай қурилмаларда сиртий ва боғланган материалларни сувсизлантириш мумкин. Мавҳум қайнаш қатламли қуриткичлар вертикал ва горизонтал, бир ёки бир неча секцияли килиб ясалади. Узлуксиз ишлайдиган, бир секцияли мавҳум қайнаш қатламли қуриткич 7.102-расмда келтирилган.



7.102-расм. Бир секцияли мавҳум қайнаш қатламли қуриткич:
1 - вентилятор, 2 - калорифер, 3 - бункер, 4 - шнек, 5 - циклон, 6 - қуриткич, 7 - тўкиш патрубкаси, 8 - газ тақсимловчи тешикли панжара, 9 - конвейер

Нам материал узлуксиз равишда қуриткичга узатилади. Калориферда киздирилган иссиклик элткич вентилятор ёрдамида газ тақсимловчи тешикли панжара остига ҳайдалади. Қуритиш жараёни ушбу панжара якинидаги зонада юз беради. Қуритилган материал тўкиш патрубкаси оркали чикарилади. Ишлатиб бўлинган газ циклонда тозаланиб, қуриткичдан атмосферага чиказиб юборилади.

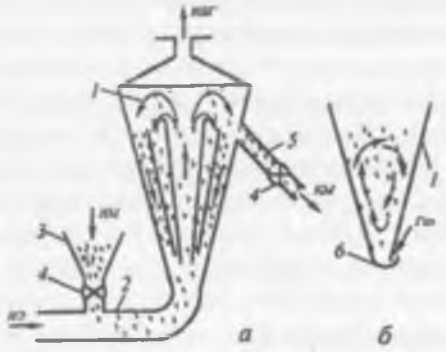
Мавҳум қайнаш қатламли қуриткич камчиликлари: материални қуритиш бир текисда эмас. Бу камчиликни бартараф килиш учун кўп секцияли ёки ўзгарувчан кўндаланг кесимли қуриткичлардан фойдаланилади.

Ушбу турдаги қурилмаларда материал қуриши бир текисда бўлади. Конуссимон қуриткичларда тартибли циркуляция вужудга келади, яъни заррачалар қурилманинг марказий кисмида тепага кўтарилади ва чекка кисмида эса пастга караб тушади. Натижада материал бир текисда кизийди ва камеранинг ишчи баландлиги камаяди.

Ҳозирги кунда мавҳум қайнаш қатламли қуриткичлар кимёвий технологияда минерал ва органик тузлар, ёпишиб колишга мойил, масалан сульфат аммоний, поливинилхлорид, полиэтилен ва бошка полимерларни ҳамда пастасимон материаллар (пигмент, анилинли бўёвчи моддалар), эритмалар, суспензияларни қуритиш учун ишлатилади.

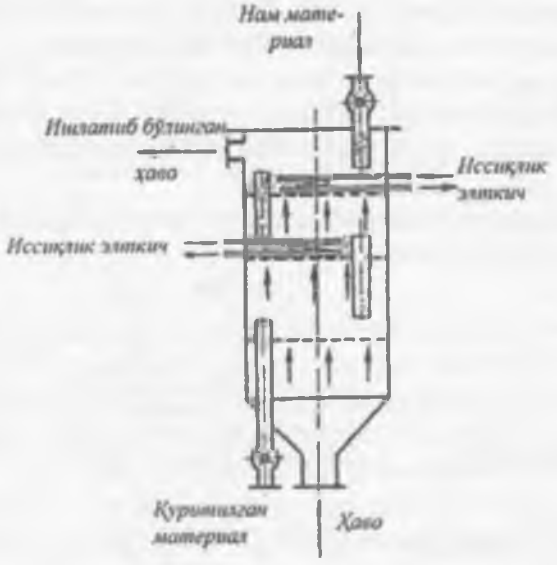
Аэрофонтанли қуриткич. Қуйидаги 7.103-расмда конуссимон аэрофонтан қуриткич тасвирланган. Бошланғич хом-ашё бункер 3 дан таъминлагич 4 оркали труба қувури 2 га узатилади. У ерда хом-ашё иссиқ ҳаво окими билан аралашиб пневмотранспорт бўлиб қурилма 1 га ҳайдалади. Қурилма 1 да каттик материалнинг йўналтирувчи циркуляцияси ҳосил бўлади: пневмотранспорт бўлиб кўтарилаётган оким нисбатан тор марказий каналда, камера девори олдида пастга караб ҳаракатланаётган катлам ва улар орасида ҳалкасимон мавҳум қайнаш қатламли мавжуддир. Ишлатиб бўлинган иссиқ ҳаво қурилма тепасидан чанг тозалаш ускунасига узатилади. Қуритилган материалда кия ўрнатилган патрубок 5 ва таъминлагич 4 дан чикарилади.

Аэрофонтан куриткичлар идеал сикиб чикариш курилмалар турига жуда якин. Бунга сабаб, каттик жисмнинг бир айланиш цикли (каналда «кўтарилувчи пневмотранспорт окими» - девор якинида пастга тушиш – «кўтарилувчи пневмотранспорт окими») материалнинг фавворасимон катламда ўртача бўлиш вактидан анча камлигидир.

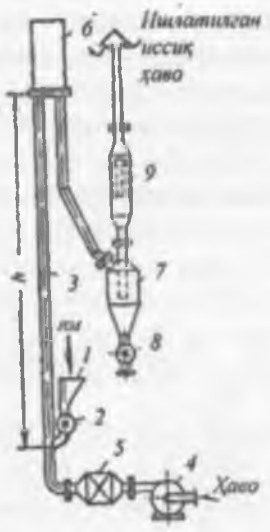


7.103. Аэрофонтан куриткич:
а) конуссимон, б) призматик
1-куритиш камераси; 2-хаво қувури; 3-хом-аше бункери;
4-таъминлагич; 5-тўкиш патрубкаси; 6-газ кириш тиркиши.
ИЭ – иссиклик элткич; ИБГ-ишлатиб бўлинган газ;
НМ-нам материал; КМ-куритилган материал.

Кўп камерали куриткич. Иссикликка бардош нам материалларни куритишда кўп камерали карама-карши окимли куриткичлар кўлланилади (7.104-расм).



7.104-расм. Мавҳум кайнаш катламли карама-карши окимли куриткич.



7.105-расм. Пневматик куриткич:
1-бункер, 2-таъминлагич, 3-труба, 4-вентилятор, 5-калорифер, 6-йиғгич-амортизатор, 7-циклон, 8-тўкиш мосламаси, 9-фильтр.

Нам материал ва иссиқ ҳавонинг карама-карши ҳаракати туфайли куритувчи ҳавони намлик билан тўйинтиришнинг юкори кўрсаткичларига эришса бўлади. Лекин бунда куритилган материал температура юкори бўлган иссиқ ҳаво билан тўкнашади. Материал катламини исиш температурасини ростлаш учун ҳар бир камерага змеевик жойланади. Бундай ҳолатларда куритилган материални тўкиш жараёни куйилиш трубкалари оркали амалга оширилади.

Қурилма гидравлик қаршилиги жуда ортиб кетмаслиги учун ҳар бир камерадаги материал қатламининг баландлигини 400…700 мм атрофида ушлаб туриш максадга мувофик.

Кичик ҳажмдаги нам материалларни қуритиш учун даврий ишлайдиган мавҳум кайнаш катламли куриткичлар қўлланилади. Айрим ҳолларда, узлуксиз ишлайдиган мавҳум кайнаш катламли куриткичлар қурилманинг намлик бўйича кучланиши A=1250 кг/(м^3 соат) ни ташкил этади. Мавҳум кайнаш катламли куриткичларда нам материалдан қурилманинг бирлик ҳажмида кўп миқдорда намликни ажратиб олишни, самарали куритишни ташкил этса бўлади. Шу сабабли, мавҳум кайнаш катламли куриткичлар кўпчилик технологияларда барабанли куриткичлар ўрнини босмокда. Ушбу куриткичларни ҳисоблаш материал хоссалари ва намликнинг материал билан боғликлигини инобатга олга ҳолда ҳисобланади.

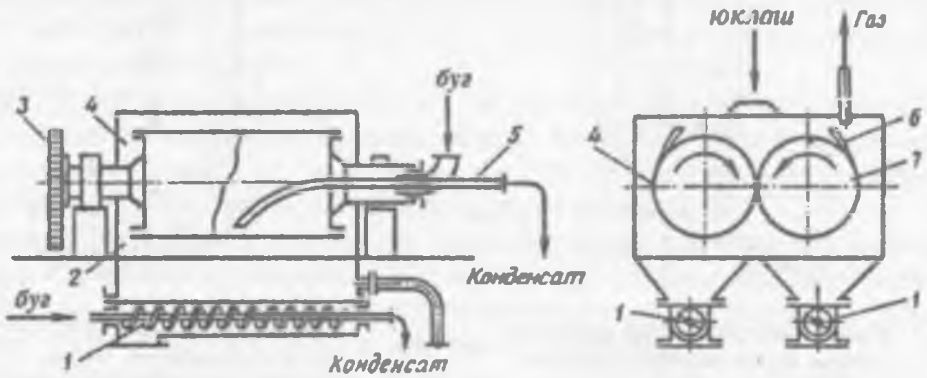
Пневматик куриткич. Сочилувчан, донадор нам материаллар (ёпишқоқ бўлмаган)даги эркин намликни мавҳум кайнаш катламда куритиш учун пневматик куриткичлар қўлланилади (7.105-расм). Куритиш жараёни узунлиги 20 м гача бўлган вертикал трубада олиб борилади. Нам материал заррачалари иссик ҳаво оқимида ҳаракатланади ва бунда уларнинг тезлиги заррача учиб чиқиш тезлигидан юкори бўлади ва 10-30 м/с ни ташкил этади. Бундай труба-куриткичларда куритиш жараёни бир неча секунд давом этади ва ушбу вакт ичида материалдан фақат бир қисм эркин боғланган намлик чикариши мумкин.

Нам материал таъминлагич 2 ёрдамида бункер 1 дан тўғридан-тўғри труба 3 га узатилади. Калорифер 5 да иситилган ҳаво вентилятор 4 ёрдамида труба 3 га ҳайдайди ва материални ўзи билан юкорига олиб кетади. Куритилган материални ҳаво ўзи билан бирга йиғгич-амортизатор 6, сўнг эса циклон 7 га олиб чикади. Циклонда ҳаво каттик фазадан ажратилади ва каттик фаза тўкиш мосламаси 8 оркали қурилмадан чикарилади. Ишлатиб бўлинган иссик ҳаво эса якунловчи тозалаш учун фильтр 9 га юборилади ва ундан сўнг атмосферага чикариб юборилади.

Труба-куриткичларда энергия сарфи катта. Куритилаётган заррачалар диаметри камайса, энергия сарфи камаяди. Одатда каттик заррачалар диаметри 8-10 мм дан ошмайди.

Агарда, заррачалар диаметри катта ва боғланган намликни куритиш учун труба-куриткичдан аввал бошка турдаги куриткич фойдаланиш максадга мувофик. Шундай қилиб, ихчам ва тузилиши содда бўлишига қарамасдан, труба-куриткичларнинг қўлланиш соҳаси анча кам.

Жувалн куритгичлар суюк ва пастасимон материалларни атмосфера босими ёки вакуум остида куритиш учун мўлжалланган (7.106-расм).



7.106-расм. Жували куриткич:
1 - шнекли нов-куриткич; 2 - кобик; 3-узатма; 4 - стакловчи жува;
5 - сифон трубкаси; 6 - пичок; 7 - стакланувчи жува.

Жува бир - бирига караб 2...10 мин$^{-1}$ частота билан айланади. Ичи бўш жувага цапфа оркали иситувчи буғ юборилади ва иссиклигини бериб конденсатга айланади. Жувалар иссик сув ёки юкори температурали органик суюкликлар ёрдамида қиздирилиши мумкин.

Материал қурилманинг тепасидан, жувалар орасига юкланади ва уни юпка катлам билан коплайди. Юпка катлам калинлиги жувалар орасидаги тиркиш катталиги билан белгиланади. Одатда, ушбу тиркиш эни 0,5...1,0 мм бўлади. Материалнинг кириши юпка катламда, жуванинг

тўлик айланишида содир бўлади.

Жувадаги материал катламининг калинлиги канчалик кичик бўлса, у шунчалик тез ва бир текисда курийди. Лекин қуритиш давомийлиги кам бўлгани учун, кўпинча қўшимча қуритиш талаб этилади. Қуритилган материал пичок ёрдамида жувадан кесиб олинади.

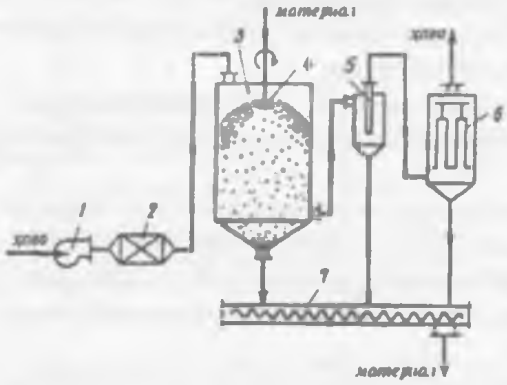
Пурковчи қуриткичлар эритма, суспензия ва пастасимон материалларни қуритиш учун қўлланилади. Пуркаб қуритиш усулида аммиакли селитра, карбамид, аммофос ва бошка минерал ўғитлар олинади.

Бундай қуриткичларда материал махсус мосламаларда пуркалади ва иссиклик элткич окимида куритилади (7.107-расм). Материалнинг куритиш зонасида бўлиш вакти жуда киска, лекин юкори даражада майдаланганлиги ва намликнинг буғланиш тезлиги катталиги, унинг тез куришига олиб келади. Шунинг учун, пурковчи қуриткичларда юкори температурали иссиклик элткичларни қўллаш мумкин.

Қуритиш натижасида олинган махсулот бир хил дисперс таркибли, сочилувчан ва майда дисперс бўлади.

Пурковчи қуриткичлар камчиликлари: габарит ўлчамлари ва энергия сарфи катта.

Материални пуркаш механик ёки пневматик пуркагичлар ёрдамида ҳамда айланиш частотаси 4000...20000 мин$^{-1}$ бўлган марказдан кочма дискда амалга оширилади. Қуриткичда материалнинг бўлиш вакти 50 с дан ортмайди. Шу киска вакт ичида иссиклик ва масса алмашиниш жараёни юз беради. Пурковчи қуриткичларда фазалар параллел ва карама-карши йўналишда ҳаракатланиши мумкин. Бундай қуриткичлар афзалликлари: юкори температурали иссиклик элткичларни ҳам қўллаш мумкин.



7.107-расм. Пурковчи қуриткич:
1 - вентилятор, 2 - калорифер, 3 - қуритиш камераси, 4 - диск, 5 - циклон, 6 - енгли фильтр, 7 - қуритилган материални тўкувчи шнек.

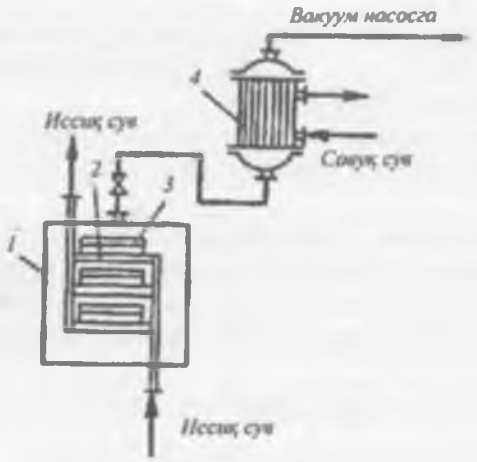
Камчиликлари: иссиклик элткич сарфи катта бўлгани учун энергия ва металл сарфи ҳам нисбатан юкори; солиштирма намлик олиш кўрсаткичи жуда паст, яъни 20 кг/м^3; материал қуриткич деворларига ёпишиб колади; иссиклик элткич тезлиги нисбатан кичик, чунки катта тезликларда майда заррачалар учиб кетади.

Сублимацияли қуриткичлар. Турли материаллардаги муз агрегат ҳолатидаги намлигини вакуум остида буғга (суюк агрегат ҳолатидан сакраб) айлантириб сувсизлантириш жараёни сублимацияли қуритиш деб номланади. Сублимацияли куритиш юкори вакуум, колдик босим 133,3...13,3 Па (1,0...0,1 мм сим.уст.) бўлган оралик ва паст температураларда ўтказилади.

Сублимация қуритиш жараёнида материал юзасидан намликнинг буғ агрегат ҳолатида таркалиш механизми ўзига хос *эффузия* усулида боради. Эффузия усулида буғ молекулаларининг эркин ҳаракати даврида молекулалар бир-бири билан ўзаро тўкнашмайди.

Сублимацияли куриткич куритиш камераси, конденсатор-музлаткич ва вакуум насосдан таркиб топган (7.108-расм.)

Плита ичида иссик сув насос ёрдамида циркуляцияли ҳаракат килади. Қуритилаётган материал тунука товаларда плита устига жойлаштирилади. Плита ва товалар орасида маълум ҳаволи бўшлик бўлади. Плиталардан товаларга иссиклик нурланиш усули (радиация) ҳисобига ўтади. Сублиматорда ҳосил бўлган сув буғи ва ҳаво аралашмаси конденсатор - музлаткичга ўтади. Буғ-ҳаволи аралашма кобик-трубали иссиклик алмашиниш курилмасининг трубалар бўшлиғида, трубалараро бўшликда эса аммиак циркуляцияли ҳаракат килади.



7.108-расм. Сублимацияли қуриткич:
1 - қуритиш камераси, 2- плита,
3 - тунука това, 4 - конденсатор-музлаткич

Қурилма трубаларида сув буғлари аввал конденсацияланади, ундан сўнг эса музлайди. Сублимацияли қуриткичларда 2 та конденсатор-музлаткич бўлади. Улар навбатма-навбат ишлайди, яъни биттасида конденсация ва музлатиш содир бўлса, иккинчисида ҳосил бўлган муз эритиб йўқотилади.

Материалдан намликни чикариб юбориш жараёни 3 боскичдан иборат:

1) қуритиш камерасида босим пасайиши билан намлик ўз - ўзидан музлайди ва материалдан чиккан иссиклиги ҳисобига муздан буғга айланади. Бу боскичда 15% намлик йўқотилади;

2) намликнинг асосий кисми сублимация йўли билан қуритиш жараёнининг ўзгармас тезлик даврида йўқотилади;

3) колдик намлик материалдан иссиклик ёрдамида йўқотилади.

Сублимацияли қуритиш оз миқдорда паст температурали (40...50°С) иссиклик элткич сарфланади. Лекин умумий энергия ва эксплуатацион сарфлар бошка қуритиш (диэлектрик қуритишдан ташкари) усулларига караганда юкори.

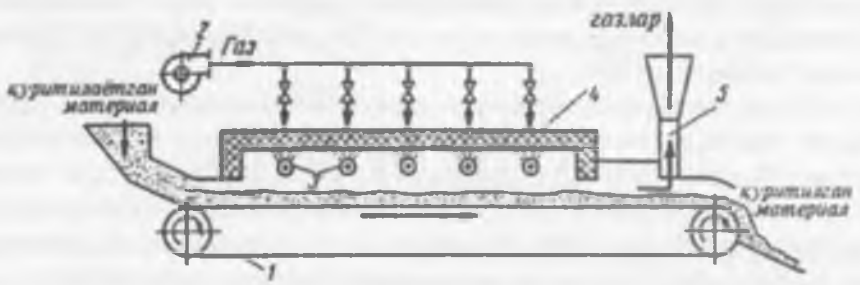
Шунинг учун, бу қуритиш усули кимматбаҳо моддалар, юқори температурага чидамсиз ва биологик хоссалари узоқ муддат давомида сакланиб туриши керак бўлган материалларни (гўшт, мева, сабзавот, медицина ва фармацевтика маҳсулотлари) қуритиш учун ишлатилади.

Энергия сарфи бўйича сублимацияли қуритиш, атмосфера босимида қуритишга якинрок туради.

Терморадиацияли қуриткичлар. Бу қуриткичларда материал таркибидаги намликни буғлатиш учун зарур иссиклик инфракизил нурлар оркали узатилади. Иссиклик инфракизил нурланишга мосланган лампалар ёки ўта киздирилган керамик ёки металл юзалардан тарқалади. Инфракизил нурланишли лампалар оддий ёритиш лампаларидан киздириш температураси билан фарк килади. Нурланиш окимини нам материалга йўналтириш учун парабола шаклли рефлекторлар ишлатилади.

Ушбу усулда қуритиш даврида материал юза бирлигига контактли қуритишга караганда вакт бирлигида анча кўпрок иссиклик тўғри келади. Натижада, жараён интенсивлашади. Масалан, юпка катламли материалларни инфракизил нурлар ёрдамида қуритиш давомийлиги 30...100 маротабагача кискаради.

Газ билан иситиладиган радиацияли қуриткич тузилиши 7.109-расмда келтирилган. Бундай қуриткичлар тузилиши содда ва лампали қуриткичларга нисбатан арзон.



7.109-расм. Радиацияли қуриткич:
1-конвейер, 2-газодувка; 3-газ ёндиргичи;
4-нур тарқатгич; 5-чикиш трубаси.

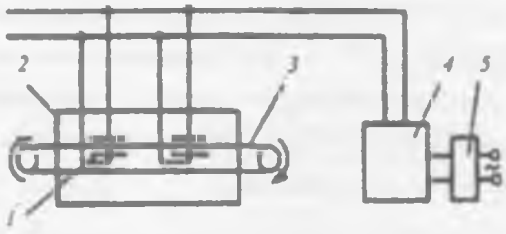
Нур таркатувчи курилманинг пастки кисмида газ ёкилади. Газ ёниши окибатида нур таркатувчи курилма кизийди, сўнгра инфракизил нурларни таркатади. Нур таркатгич нам материал хоссаларига караб танланади. Юкори сифатли махсулот олиш учун мураккаб жараёнлардан (масалан, радиацияли ва конвектив усулларни бир вактда қўллаш) фойдаланилади.

Намликнинг термодиффузион окими материал сиртидан намлик диффузияга халакит бермаслиги ҳамда терморадиацияли куритиш жараёнини интенсивлаш учун куриткич осцилляцияли режимда ишлаши керак.

Терморадиацияли куриткич тузилиши ихчам, юпка катламли материалларни куритишда юкори самара беради. Лекин унинг энергия сарфи нисбатан кўп, яъни 1 кг намликни буғлатиш учун 1,5…2,5 кВт·соат энергия зарур.

Юкори частотали (диэлектрик) куриткичлар калин катламли материалларни куритиш учун мўлжалланган. Бу куритиш усулида материалнинг юзаси ва калинлиги бўйлаб температура ва намликни ростлаш мумкин. Ушбу куриткичда пластмасса ва диэлектрик хоссаларга эга бўлган материалларини ҳамда озик-овкат махсулотларини куритиш мумкин.

Диэлектрик куриткичлар лампали юкори частотали генератор, куриткич ва лентали конвейердан таркиб топган (7.110-расм).



7.110-расм. Юқори частотали куриткич:
1-конденсатор пластинкаси, 2-куритиш камераси, 3-лентали конвейер, 4-лампали, юкори частотали генератор, 5-тўғрилагич

Частотаси 50 Гц ли ўзгарувчан ток тўғрилагич оркали генераторга узатилади. Генераторда ток юкори частотали токка айлантирилади. Сўнг, бу ток лентали конвейернинг икки томонида жойлашган конденсатор пластинкаларига юборилади.

Конденсатор пластиналари заряд ишоралари ўзгариши билан юкори частотали майдон таъсирида материал ион ва электронлари синхрон равишда харакат йўналиши ўзгаради. Диполь молекулалар айланма ҳаракатланса, электр зарядлар силжиши туфайли кутбсиз молекулалар кутбланади.

Юкорида кайд этилган ходисалар окибатида материалда иссиклик ажралиб чикади ва кизийди. Электр майдон кучланишини ўзгартириб куритиш тезлигини ростлаш мумкин.

Бу усулда намлик ва температура градиентларнинг йўналиши бир хил бўлади. Натижада, намликнинг днффузияси тезлашади. Шунинг учун бу куритиш усули тезлиги, конвектив куритиш тезлигидан анча катта.

Диэлектрик куритиш жараёни учун кўп микдорда энергия зарур. 1 кг намликни буглатиш учун 2,5…5 кВт·соат энергия сарфланади.

Бу турдаги куриткичлар тузилиши мураккаб ва киммат. Шунинг учун, юкори частотали куриткичлар кимматбаҳо материалларни сувсизлантириш учун ишлатиш максадга мувофик, яъни иктисодий жихатдан самарали.

7.37. Куриткичларни хисоблаш

7.37.1. Пневматик трубали куриткич хисоби

Пневматик трубали куриткичлар йирик дисперс ва кийин курийдиган материалларни куритиш учун мўлжалланган.

Қийин курийдиган материалларни бир боскичли куритишда махсулот рециркуляция (ретур) килинади. Ретурга курилмадан чиккан классификациялашдан ўтган махсулотнинг йирик фракцияси билан бирламчи хом-ашё аралашмаларини узатиш максадга мувофик.

Пневматик трубали куриткичнинг соддалашган схемаси 7.111-расмда келтирилган.

Таъминлагич 1 оркали нам материал труба 2 га узатилади. Калорифер 6 да иситилган ҳаво вентилятор 5 ёрдамида трубанинг пастки кисмига юборилади. Иссик ҳавонинг тезлиги йирик заррачанинг учиш тезлигидан юкорирок бўлгани учун ҳаво-материал аралашма-

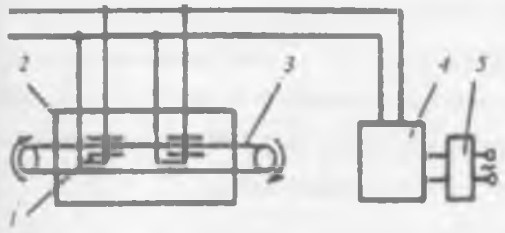
Нур таркатувчи қурилманинг пастки қисмида газ ёкилади. Газ ёниши окибатида нур таркатувчи қурилма кизийди, сўнгра инфракизил нурларни таркатади. Нур таркаттич нам материал хоссаларига караб танланади. Юкори сифатли маҳсулот олиш учун мураккаб жараёнлардан (масалан, радиацияли ва конвектив усулларни бир вактда қўллаш) фойдаланилади.

Намликнинг термодиффузион окими материал сиртидан намлик диффузияга халакит бермаслиги хамда терморадиацияли куритиш жараёнини интенсивлаш учун куриткич осцилляцияли режимда ишлаши керак.

Терморадиацияли куриткич тузилиши ихчам, юпка катламли материалларни куритишда юкори самара беради. Лекин унинг энергия сарфи нисбатан кўп, яъни 1 кг намликни буғлатиш учун 1,5…2,5 кВт·соат энергия зарур.

Юкори частотали (диэлектрик) куриткичлар калин катламли материалларни куритиш учун мўлжалланган. Бу куритиш усулида материалнинг юзаси ва калинлиги бўйлаб температура ва намликни ростлаш мумкин. Ушбу куриткичда пластмасса ва диэлектрик хоссаларга эга бўлган материалларини хамда озик-овкат маҳсулотларини куритиш мумкин.

Диэлектрик куриткичлар лампали юкори частотали генератор, куриткич ва лентали конвейердан таркиб топган (7.110-расм).



7.110-расм. Юкори частотали куриткич:
1-конденсатор пластинкаси; 2-куритиш камераси; 3-лентали конвейер; 4-лампали, юкори частотали генератор; 5-тўғрилагич

Частотаси 50 Гц ли ўзгарувчан ток тўғрилагич оркали генераторга узатилади. Генераторда ток юкори частотали токка айлантирилади. Сўнг, бу ток лентали конвейернинг икки томонида жойлашган конденсатор пластинкаларига юборилади.

Конденсатор пластиналари заряд ишоралари ўзгариши билан юкори частотали майдон таъсирида материал ион ва электронлари синхрон равишда ҳаракат йўналиши ўзгаради. Диполь молекулалар айланма ҳаракатланса, электр зарядлар силжиши туфайли кутбсиз молекулалар кутбланади.

Юкорида кайд этилган ходисалар окибатида материалда иссиклик ажралиб чикади ва кизийди. Электр майдон кучланишини ўзгартириб куритиш тезлигини ростлаш мумкин.

Бу усулда намлик ва температура градиентларнинг йўналиши бир хил бўлади. Натижада, намликнинг диффузияси тезлашади. Шунинг учун бу куритиш усули тезлиги, конвектив куритиш тезлигидан анча катта.

Диэлектрик куритиш жараёни учун кўп микдорда энергия зарур. 1 кг намликни буғлатиш учун 2,5…5 кВт·соат энергия сарфланади.

Бу турдаги куриткичлар тузилиши мураккаб ва киммат. Шунинг учун, юкори частотали куриткичлар кимматбаҳо материалларни сувсизлантириш учун ишлатиш максадга мувофик, яъни иктисодий жиҳатдан самарали.

7.37. Куриткичларни ҳисоблаш

7.37.1. Пневматик трубали куриткич ҳисоби

Пневматик трубали куриткичлар йирик дисперс ва кийин курийдиган материалларни куритиш учун мўлжалланган.

Қийин курийдиган материалларни бир боскичли куритишда маҳсулот рециркуляция (ретур) килинади. Ретурга курилмадан чиккан классификациялашдан ўтган маҳсулотнинг йирик фракцияси билан бирламчи хом-ашё аралашмаларини узатиш максадга мувофик.

Пневматик трубали куриткичнинг соддалашган схемаси 7.111-расмда келтирилган.

Таъминлагич 1 оркали нам материал труба 2 га узатилади. Калорифер 6 да иситилган ҳаво вентилятор 5 ёрдамида трубанинг пастки кисмига юборилади. Иссик ҳавонинг тезлиги йирик заррачанинг учиш тезлигидан юкорирок бўлгани учун ҳаво-материал аралашма-

си пневмотранспорт режимда ҳаракатланади. Ушбу режимда нам материал иссиқ ҳаво билан яхши ювилади ва юқори суръатлар билан қуритилади. Сўнг, қуритилган материал ва ишлатиб бўлинган иссиқ ҳаво циклон 3 га ҳайдалади. Ундан чиққан газ фазаси енгли фильтр 4 тозаланиб атмосферага чиқариб юборилади. Одатда, пневматик трубали қуриткичнинг диаметри 2 м, узунлиги – 30 м, газнинг трубадаги максимал тезлиги 40 м/с дан ошмайди.



7.111-расм. Пневматик трубали қуриткич схемаси:
1-таъминлагич; 2-труба; 3-циклон; 4-енгли фильтр; 5-вентилятор; 6-калорифер.

Асосий хисоблаш формулалари. Пневматик трубали қуриткичларнинг ўлчамлари қуритиш вақти ва ундаги газнинг тезлигига боғлик.

Қуритиш давомийлиги ушбу тенгламадан аникланади:

$$\tau = \frac{Q}{\alpha \cdot F_c \cdot \Delta t_{yp}} \qquad (7.247)$$

бу ерда, Q –иссиқ ҳаводан нам материалга узатилаётган иссиклик оқими, Вт; α – иссиқ ҳаводан нам материалга иссиклик бериш коэффициенти, Вт/м²·К; F_c – нам материал юзаси, м²; Δt_{yp} – иссиқ ҳаво ва нам материал орасидаги температуралар фарки, ℃.

Иссиклик оқими ушбу йиғинди сифатида аникланади

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3, \qquad (7.248)$$

бу ерда

$$Q_1 = (G \cdot c_м + W \cdot c_в) \cdot (t_м - \theta_н) \qquad (7.249)$$

Нам материални иситиш учун зарур иссиклик оқими:

$$Q_2 = W \cdot r_н \qquad (7.250)$$

Намликни буғлатиш учун керакли иссиклик оқими:

$$Q_3 = G_2 \cdot c_м \cdot (\theta_к - t_м) \qquad (7.251)$$

Материални иситиш учун иссиклик оқими.

(4.108) – (4.110) формулаларда: G_2– қурук материал бўйича қуриткич унумдорлиги, кг/с; c, $c_м$ – материал ва намликнинг солиштирма иссиклик сиғим коэффициентлари, Ж/(кг·К); $t_м$, $\theta_м$, $\theta_н$ – хўл термометр температураси, материлнинг қуриткичга кириш ва чикишдаги температуралари, ℃; W – бугланаётган намлик массаси, кг/с; $r_н$– t_1 температурадаги буғ ҳосил бўлиш иссиклиги, Ж/кг.

Қуритиш юзаси ушбу формуладан аникланади:

$$F_c = \frac{6G_2}{d_э \cdot \rho_м}, \qquad (7.252)$$

бу ерда, $d_э$ – материал заррачасининг эквивалент ўлчами, м; $\rho_м$ – зичлик, кг/м³.

Иссиклик бериш коэффициенти α критерий Nu дан топилади.

$$Nu = 2 + 0{,}51 \cdot Re^{0{,}52} \cdot Pr^{0{,}33} \qquad (7.253)$$

Қаттиқ заррача труба ичида ҳаракатланганда тезликни ошириш ва тезлиги ўзгармас участкалар мавжуд. Трубанинг умумий узунлиги иккала участкаларнинг йиғиндиси сифатида аникланади:

$$l = l_{уч} + l_{уп} \qquad (7.254)$$

бу ерда

$$l_{yu} = (w_c - w_{yu}) \cdot \tau_{yu} \quad (7.255)$$

бу ерда, l_{yu} – тезлиги турғун (ўзгармас) участка узунлиги, м; w_c – куриткичда газнинг тезлиги, м/с; w_{yu} – материалнинг трубада учиш тезлиги. В. М. Ульянов томонидан келтириб чиқарилган формула ёрдамида ҳисоблаш мумкин:

$$w_{yu} = \frac{\mathrm{Re} \cdot \mu}{d_e \cdot \rho} \quad (7.256)$$

бу ерда

$$\mathrm{Re} = \frac{\sqrt{367 + K_\psi} \cdot Ar}{0{,}588 K_\psi} \quad (7.257)$$

бу ерда $K_\psi = (11 \ldots 10)\psi$, ψ – шакл омили коэффициенти (7.2-жадвал), d_e – заррачалар максимал диаметри, м

$$Ar = \frac{g d_e^3 \cdot \rho_e \cdot \rho}{\mu^2} \quad (7.258)$$

Турли шаклли заррачалар шакл омили коэффициентлари

7.4-жадвал

Заррача шакли	Ψ
Думалоқ, ўткир киррасиз	0.80…0.90
Думалоқ, ўткир киррали	0.65…0.80
Чўзинчоқ, ғадир-будур	0.40…0.65
Пластинали	0.20…0.40
Толасимон	0.2

Труба куриткич ичида газнинг тезлиги:

$$w_c = (1{,}5 \ldots 2) \cdot w_{yu} \quad (7.259)$$

Тезликни ошириш участкасининг узунлиги Б.И.Броунштейн формуласи ёрдамида аниқланади:

$$l_p = \frac{w_{yu}}{2g}\left[(w_c + w_{yu}) \ln \frac{w_{so} - w_c - w_{yu}}{w_{sb} - w_c - w_{yu}} - (w_c - w_{yu}) \times \ln \frac{w_{so} - w_c + w_{yu}}{w_{sb} - w_c + w_{yu}}\right] \quad (7.260)$$

бу ерда, w_{sb} – заррачаларнинг бошланғич тезлиги (одатда $w_{sb} = 0$), w_{so} – заррачаларнинг охирги тезлиги

Одатда

$$w_{so} = w_c - w_{yu} = 0{,}95(w_c - w_{yu})$$

Газнинг ҳажмий сарфи жараён параметрларининг ўртача қийматларида ҳисобланади ($м^3/с$):

$$V_c = \frac{L \cdot (1 + \bar{x})}{\bar{\rho}} \quad (7.261)$$

бу ерда, $\bar{x}$, $\bar{\rho}$ – нам саклаш ва ҳаво зичлигининг ўртача қийматлари.

Пневматик трубали куриткичнинг гидравлик каршилиги ушбу формуладан топилади:

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4 + \Delta P_5 \quad (7.262)$$

Тезлик напорини таъминлаш, газ окимининг труба деворига ишқаланиши ва маҳаллий каршиликлар туфайли босим ΔP_1 нинг йўқотилиши, Па:

$$\Delta P_1 = \lambda \frac{l}{D} \cdot \frac{\rho w_г^2}{2} + \sum \xi_i \frac{\rho_i w_{ti}^2}{2} \qquad (7.263)$$

бу ерда, $\Sigma\xi_i$ – маҳаллий қаршилик коэффициентларининг йиғиндиси; ρ_i, w_{ti} – маҳаллий қаршиликдаги газнинг зичлиги ва тезлиги, λ – ишқаланиш коэффициенти.

Материални юқорига кўтариш туфайли босим ΔP_2 нинг йўқотилиши, Па:

$$\Delta P_2 = \frac{G_{ур} \cdot g \cdot l}{w_г \cdot F_{тр}} \qquad (7.264)$$

бу ерда, $G_{ур}=(G_1+G_2)/2$ – нам материалнинг ўртача сарфи, кг/с; $F_{тр}$ – труба кўндаланг кесимининг юзаси, м^2.

Заррачалар тезлигини ошириш окибатида босим ΔP_3 нинг йўқотилиши, Па:

$$\Delta P_3 = \frac{G_{ур}\left(w_{зо} - w_{зб}\right)}{F_{тр}} \qquad (7.265)$$

Трубадаги газ ва ташқаридаги ҳаво зичликларининг фарқи билан белгиланадиган босимлар фаркини ҳисобга олган кўтарувчи газ устунининг статик напорини енгишга сарфланган босим ΔP_4 нинг йўқотилиши, Па:

$$\Delta P_4 = (\rho + \Delta\rho) \cdot g \cdot l \qquad (7.266)$$

бу ерда, ΔP_4 – труба-қуриткич ва атроф-муҳитдаги ҳаволар зичликларининг фарқи, кг/м^3.

Материални мавҳум қайнаш ҳолат (муаллақ ҳолатдаги заррачалар устунининг статик напори) да ушлаб туриш учун босим ΔP_5 нинг йўқотилиши, Па:

$$\Delta P_5 = \rho_м \cdot g \cdot l \cdot \chi \qquad (7.267)$$

бу ерда, $\chi=\mu_м \cdot \rho'/\rho_м$; $\mu_м=G_{зр}/G_г$ – сарф массавий концентрацияси; $G_г = L\left(1+\bar{x}\right)$ – газнинг массавий сарфи; $\bar{x}$ – газнинг ўртача нам сақлаши; $l = w_г/w_к$ – сирпаниш коэффициенти.

Пневматик трубали куриткич диаметри ва баландлигининг ҳисоби.

Бошланғич маълумотлар. Нам материал бўйича унумдорлик G_1=700 кг/с (0,19 кг/с); нам материалнинг бошланғич нам сақлаши W_1=0,1 кг/кг; нам материалнинг охирги нам сақлаши W_2=0,01 кг/кг; иссиқ ҳавонинг бошлангич температураси t_1=300°С; иссиқ ҳавонинг охирги температураси t_1=100°С; нам материалнинг куриткичга киришдаги температураси θ_1=15°С; материал зичлиги ρ=1940 кг/м^3.

Заррача эквивалент диаметри $d_э$= 0,9мм, заррача максимал ўлчами $d_м$=1,2 мм; заррачанинг шакл омили ψ =0,7. Материалнинг солиштирма иссиқлик сиғими $c_м$ = 1200 Ж/(кг·К).

Буғлатилган намлик миқдори эса, ушбу тенгламадан ҳисоблаб аниқланади:

$$W = G_1 \cdot \frac{W_1 - W_2}{1 - W_2} = 700 \cdot \frac{0{,}1 - 0{,}01}{1 - 0{,}01} = 63{,}6\ кг/с$$

Қурук модда бўйича куриткич унумдорлиги:

$$G_2 = G_1 - W = 700 - 63{,}6 = 636{,}4\ кг/с$$

Температураси t=18°С ва нисбий намлиги 75% бўлган ҳавонинг нам сақлаши x_0=0.01 кг намлик/кг курук ҳаво ва энтальпияси I = 45 кЖ/кг курук ҳавони I-x диаграммадан топамиз.

Температураси t_1=300°С гача киздирилган ҳавонинг энтальпияси I_1 = 350 кЖ/кг курук ҳаво (4.20-расм).

Калориферда иситилаётган ҳаво ёпик курилмада кечаётгани учун унга кириш ва чикишдаги нам саклаши бир хилдир, яъни $x_1 = x_0 = 0.01$.

Иссиклик окимларини аниклаймиз:

– нам материални иситиш учун

$$Q_1 = (G_2 c_м + W c_в)\cdot(t_м - \theta_н) = \left(\frac{636,4}{3600}\cdot 1200 + \frac{63,6}{3600}\cdot 4190\right)\cdot(50-15) =$$

$$= 10010\ Вт$$

– намликни буғлатиш учун

$$Q_2 = W r_п = \frac{63,6}{3600}\cdot 2,38\cdot 10^6 = 42047\ Вт$$

бу ерда $t_м$= 50°С да $r_п$= $2,38\cdot 10^6$ Ж/кг

– куритилган материални иситиш учун

$$Q_3 = G_2 c_м\ (\theta_к - t_м) = \frac{636,4}{3600}\cdot 1200\ \cdot(80-50) = 6366\ \ Вт$$

бу ерда, θ_2 – курилмадан чикишда материалнинг температураси ундан чикаётган иссик хавонинг температурасидан 20% кам деб кабул килинади (одатда, 10..30% ораликда тавсия этилади).

– иссиклик окимларининг йиғиндиси:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 10010 + 42047 + 6366 = 58423\ Вт$$

Куритиш юзаси ушбу формуладан топилади:

$$F_c = \frac{6G_2}{d_э \rho_н} = \frac{6\cdot 636,4}{3600\cdot 0,0009\cdot 1940} = 0,60\ м^2/с$$

Рейнольдс ва Архимед критерийларини ҳисоблаймиз:

$$\mathrm{Re} = \frac{\sqrt{367 + K_ф Ar} - \sqrt{367}}{0,588\cdot K_ф} = \frac{\sqrt{367 + 4\cdot 36486} - \sqrt{367}}{0,588\cdot 4} = 154$$

$$Ar = \frac{g d_э^3 \rho_н \rho}{\mu^2} = \frac{9,81\left(1,2\cdot 10^{-3}\right)^3 1940\cdot 0,75}{\left(26\cdot 10^{-6}\right)^2} = 3648$$

Заррачаларнинг учиб чикиш тезликларини аниклаймиз:

$$w_в = \frac{\mathrm{Re}\,\mu}{d_э \rho} = \frac{154\cdot 26\cdot 10^{-6}}{0,9\cdot 10^{-3}\cdot 0,75} = 5947\cdot 10^{-3} = 5,9 м/с$$

Иссик ҳаво тезлигини куйидагича кабул киламиз:

$$w_г = 1,7\cdot w_в = 1,7\cdot 5,9 = 10,0\ м/с$$

Нам саклаш x_2 топиш учун куриткичнинг ички иссиклик балансини ҳисоблаймиз:

$$\Delta = c_м \theta_1 + q_{ам} - (q_м + q_н + q_п).$$

Бизнинг мисол учун $q_н = 0$ (атроф-мухитга иссикликнинг йўкотилиши инобатга олинмаган).

Унда $\Delta = 4{,}5 \cdot 15 - 780{,}4 = -713$ кЖ/кг,

бу ерда, $q_м = \dfrac{G_2 c_м (\theta_2 - \theta_1)}{W} = \dfrac{636{,}4 \cdot 1{,}2 \cdot (80-15)}{63{,}6} = 780{,}4$ кЖ/кг намлик

Ишлатиб бўлинган иссик хавони аниклаш учун *I-x* диаграммада куритиш жараёнининг ишчи чизигини курамиз. Бунинг учун хавонинг нам саклаши параметрининг исталган киймати, масалан $x = 0{,}075$ га тегишли энтальпия кийматини ушбу тенгламадан аникланади:

$$I = I_1 + \Delta \cdot (x - x_1) = 350 - 713 \cdot (0{,}075 - 0{,}01) = 303{,}7 \text{ кЖ/кг}$$

I-x диаграммада куйидаги координатали икки нукта (4.20-расм) : $x_1 = 0{,}01$ кг/кг, $I_1 = 350$ кЖ/кг и $x = 0{,}07$ кг/кг, $I = 304$ кЖ/кг координаталар оркали ишлатиб бўлинган хаво иссик температураси $t_2 = 100°C$ билан кесушгунга кадар чизик ўтказамиз. Ушбу чизикнинг $t_2 = 100°C$ билан кесишган нуктаси куриткичдан чикишдаги хавонинг охирги нам саклаши $x_2 = 0{,}08$ ни беради.

Нам материални куритишга зарур иссик хаво сарфи куйидагича топилади:

$$L = \frac{W}{(x_2 - x_1)} = \frac{63{,}6}{(0{,}08 - 0{,}01)} = 908{,}6 \text{ кг/соат} = 0{,}25 \text{ кг/с}$$

Куриткичдан чикишда хавонинг хажмий сарфи:

$$V_2 = \frac{L(1+\bar{x})}{\bar{\rho}} = \frac{0{,}25 \cdot (1+0{,}033)}{0{,}779} = 0{,}33 \text{ м}^3/\text{с}$$

бу ерда $\bar{x} = \dfrac{x_2 - x_1}{\ln\left(\frac{x_2}{x_1}\right)} = \dfrac{0{,}08 - 0{,}01}{\ln\left(\frac{0{,}08}{0{,}01}\right)} = 0{,}033$ $\qquad \bar{t} = \dfrac{t_1 - t_2}{\ln\left(\frac{t_1}{t_2}\right)} = \dfrac{300 - 100}{\ln\left(\frac{300}{100}\right)} = 180\,C$

бу ерда $\bar{\rho} = 0{,}779$ кг/м^3.

Унда труба диаметри:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V_2}{\pi w_2}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0{,}331}{3{,}14 \cdot 10}} = 0{,}2 \text{ м}$$

Труба диаметрини D=0,2 м деб кабул килиб, ундаги хавонинг хакикий тезлигини аниклаймиз:

$$w_2' = \frac{4 \cdot \upsilon_2}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 0{,}331}{3{,}14 \cdot 0{,}2^2} = 10{,}5 \text{ м/с}$$

Тезликнн ошириш участка узунлигини хисоблаб топиш учун зарур параметрларни аниклаймиз.

Газ фазасига нисбатан заррачалар тезлигини В.М.Ульянов томонидан келтириб чикарилган формула ёрдамида хисоблаш мумкин:

$$\mathrm{Re} = \frac{w_{ш} \cdot d_э \cdot \rho}{\mu} = \frac{\sqrt{367 + K_ф} \cdot Ar \cdot \varepsilon^{4,75} - \sqrt{367}}{0{,}588 \cdot K_ф}$$

бу ерда $d_э$=0,9 мм бўлганда, Ar = 15400, $K_ф$ = 4

«Газ-каттик жисм» окимининг нисбий ғоваклилиги:

$$\varepsilon = \frac{\upsilon_г}{\upsilon_г + \upsilon_т} = \frac{0{,}331}{0{,}331 + 0{,}0001} \approx 1$$

Каттик жисм (материал) хажми сарфи:

$$V_т = \frac{700 кг/ч}{1940\ кг/м^3} = 0{,}36\ м^3/ч = 1{,}0 \cdot 10^{-4}\ м^3/с$$

Унда $$w_{отн} = \frac{26 \cdot 10^{-6}}{0{,}75 \cdot 0{,}0009} \cdot \frac{\sqrt{367 + 4 \cdot 15400 \cdot 1^{4,75}} - \sqrt{367}}{0{,}588 \cdot 4} = 3{,}7\ м/с$$

Заррачалар тезлиғи $w_з = w_г - w_{отн} = 10{,}5 - 3{,}7 = 6{,}8$ м/с

Тезликни ошириш участкаси учун бошланғич тезлик:

$$w_{з6} = 0,$$

охиргиси $w_{зо} = 0{,}95 \cdot w_з = 0{,}95 \cdot 6{,}8 = 6{,}5$ м/с га тенг бўлади.

Заррачаларнинг нотурғун ҳаракат участкасининг баландлиги ушбу формуладан ҳисобланади:

$$l_р = \frac{w_{отн}}{2g}\left[\left(w_г + w_{отн}\right)\ln\frac{w_{чк} - w_г - w_{отн}}{w_{чк} - w_г - w_{отн}} - \left(w_г - w_{отн}\right) \times \ln\frac{w_{чк} - w_г + w_{отн}}{w_{чк} - w_г + w_{отн}}\right]$$

$$= \frac{3{,}7}{2 \cdot 9{,}81}\left[(10{,}5 + 3{,}7)\ln\frac{6{,}5 - 10{,}5 - 3{,}7}{0 - 10{,}5 - 3{,}7} - (10{,}5 - 3{,}7)\ln\frac{6{,}5 - 10{,}5 + 3{,}7}{0 - 10{,}5 + 3{,}7}\right] = 2{,}35\ м$$

Тезликни ошириш участкасида газ фазасига нисбатан заррачанинг ўртача тезлигини аниклаймиз:

$$w_{отн} = \frac{w_г + w_{отн}}{2} = \frac{10{,}5 + 3{,}7}{2} = 7{,}1\ м/с$$

Тезликни ошириш участкасида заррачанинг ўртача тезлиги:

$$w_{зр} = w_г - w_{отн.р} = 10{,}5 - 7{,}1 = 3{,}4\ м/с$$

Заррачалар тезлигини ошириш вақтини топамиз:

$$\tau_р = \frac{l_р}{w_{зр}} = \frac{2{,}35}{3{,}4} = 0{,}69\ с$$

Тезликни ошириш ва турғун участкаларда икки фазали окимнинг гидродинамик режимлари турлича бўлгани учун ҳар бир участкага тегишли иссиклик бериш коэффициентларини ҳисоблаймиз:

– тезликни ошириш участкаси учун:

$$\alpha_р = \frac{Nu_р \cdot \lambda}{d_э} = \frac{8{,}9 \cdot 3{,}78 \cdot 10^{-2}}{0{,}0009} = 373{,}8\ Вт/(м^2 \cdot К)$$

бу ерда $$Nu_р = 2 + 0{,}51\,\mathrm{Re}^{0,52} \cdot \mathrm{Pr}^{0,33} = 2 + 0{,}51 \cdot \left(\frac{w_{отн.р} \cdot d_э \cdot \rho}{\mu}\right)^{0,52} \cdot \left(\frac{c \cdot \mu}{\lambda}\right)^{0,33} =$$

$$=2+0{,}51\cdot\left(\frac{7{,}1\cdot 0{,}0009\cdot 0{,}75}{26\cdot 10^{-6}}\right)^{0{,}52}\cdot\left(\frac{1060\cdot 26\cdot 10^{-6}}{3{,}7\cdot 10^{-2}}\right)^{0{,}33}=8{,}9$$

– тезлиги турғун участка учун:

$$\alpha_p=\frac{Nu_{ku}\cdot\lambda}{d_y}=\frac{6{,}93\cdot 3{,}78\cdot 10^{-2}}{0{,}0009}=340{,}2\ \text{Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$$

бу ерда

$$Nu_{ku}=2+0{,}51\,\text{Re}^{0{,}52}\cdot\text{Pr}^{0{,}33}=2+0{,}51\cdot\left(\frac{w_{ku\ kp}\cdot d_y\cdot\rho}{\mu}\right)^{0{,}52}\cdot\left(\frac{c\cdot\mu}{\lambda}\right)^{0{,}33}=$$

$$=2+0{,}51\cdot\left(\frac{3{,}7\cdot 0{,}0009\cdot 0{,}75}{26\cdot 10^{-6}}\right)^{0{,}52}\cdot\left(\frac{1060\cdot 26\cdot 10^{-6}}{3{,}78\cdot 10^{-2}}\right)^{0{,}33}=6{,}93$$

Тезлиги турғун участка узунлиги тезликни ошириш участкасига караганда 10 баробар катта, яъни n=10 бўлгани учун ўртача иссиклик бериш коэффициенти α ни топамиз:

$$\alpha=\frac{\alpha_p+10\cdot\alpha_{cm}}{1+10}=\frac{373{,}8+10\cdot 291}{11}=298{,}5\ \text{Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$$

Куритиш давомийлигини ҳисоблаб аниклаш учун ўртача иссиклик бериш коэффициенти α дан фойдаланамиз:

$$\tau=\frac{Q}{\alpha\cdot F_c\cdot\Delta\cdot t_{cp}}=\frac{67779}{298{,}5\cdot 0{,}60\cdot 99{,}6}=3{,}8\,\text{с}$$

бу ерда

$$\Delta t_{cp}=\frac{\Delta t_б-\Delta t_м}{\ln\dfrac{\Delta t_б}{\Delta t_м}}=\frac{285-20}{\ln\dfrac{285}{20}}=99{,}6^{\circ}C$$

Материалнинг тезлиги турғун участкада бўлиш вакти ушбу тенгламадан аникланади:

$$\tau_{cm}=\tau-\tau_p=3{,}8-0{,}69=3{,}11\ c.$$

Тезлиги турғун участка узунлигини ушбу формуладан ҳисоблаймиз:

$$l_{cm}=(w_2-w_{отн})\cdot\tau=(10{,}5-3{,}7)\cdot 3{,}11=21\ м.$$

Куритиш трубасининг умумий узунлигини қуйидаги формуладан топамиз:

$$l=l_p+l_{cm}=2{,}35+21=23{,}35\ м$$

$l = 24\ м$ деб кабул киламиз.

Труба қурнткичнинг гидравлик қаршилиги

Труба куриткичга ҳавонинг кириши ва чиқишида маҳаллий қаршилик коэффициенти ξ = 0,2. Труба абсолют ғадир-будурлиги Δ = 0,2 мм.

Труба деворининг нисбий ғадир-будурлигини аниклаймиз:

$$\varepsilon=\frac{\Delta}{D}=\frac{0{,}2}{200}=0{,}001$$

Рейнольдс критерийси

$$\text{Re}=\frac{w_0\cdot D\cdot\rho}{\mu}=\frac{10{,}5\cdot 0{,}2\cdot 0{,}75}{26\cdot 10^{-6}}=60614$$

$(10/\varepsilon)<Re<(560/\varepsilon)$, яъни аралаш ишкаланиш соҳаси бўлгани учун $\lambda_{тр}$ ни ушбу формуладан фойдаланамиз:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_{тр}}} = -2 \cdot \lg\left[0{,}27 \cdot \varepsilon + \left(\frac{6{,}81}{Re}\right)^{0{,}9}\right] = -2 \cdot \lg\left[0{,}27 \cdot 0{,}001 + \left(\frac{6{,}81}{60614}\right)^{0{,}9}\right];$$

$$\lambda_{тр} = 0{,}0235$$

Энди, ΔP_1, ΔP_2, ΔP_3, ΔP_4, ΔP_5 ларнинг сон кийматларини топамиз:

$$\Delta P_1 = \lambda_{тр} \frac{l}{D} \frac{\rho w_д^2}{2} + \sum \xi_i \frac{\rho_i w_{ш}^2}{2} = 0{,}0235 \cdot \frac{24}{0{,}2} \cdot \frac{0{,}75 \cdot 10{,}5^2}{2} + \frac{2 \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}75 \cdot 10{,}5^2}{2} = 133\,Па$$

$$\Delta P_2 = \frac{G_{ср} g l}{w_д F_{тр}} = \frac{\frac{700+630}{2 \cdot 3600} \cdot 9{,}81 \cdot 24}{10{,}5 \cdot 0{,}03} = 138\,Па$$

$$\Delta P_3 = \frac{G_{ср}\left(w_{ш.к} - w_{ш}\right)}{F_{тр}} = \frac{700+630}{2 \cdot 3600} \cdot (6{,}5 - 0) \cdot \frac{1}{0{,}03} = 40\,Па$$

$\Delta P_4 = (\rho + \Delta\rho) \cdot g \cdot l = (0{,}75 - 0{,}46) \cdot 9{,}81 \cdot 24 = 68{,}2$ Па

бу ерда $\Delta\rho = 0.75 - 1{,}21 = -0.46$.

$\Delta P_5 = \rho_м \cdot g \cdot l \cdot \chi = 1940 \cdot 9{,}81 \cdot 24 \cdot 7{,}6 \cdot 10^{-4} = 347$ Па

бу ерда

$$\chi = \frac{\mu_м \cdot i \cdot \rho}{\rho_м} = \frac{1{,}001 \cdot 1{,}974 \cdot 0{,}75}{1940} = 7{,}6 \cdot 10^{-4}$$

Труба куриткичнинг умумий гидравлик каршилиги:

$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4 + \Delta P_5 = 133 + 138 + 40 + 68{,}2 + 347 = 726$ Па

7-боб. Куритиш бўйича Мустақил тайёрланиш ва қайтариш учун саволлар

1. Куритиш жараёнининг моҳияти нимада?
2. Сувсизлантиришнинг неча хил усули бор?
3. Куритиш жараёни неча турга бўлинади?
4. Конвектив куритишни таърифланг.
5. Контактли куритишни таърифланг.
6. Радиацион куритиш таърифини беринг.
7. Диэлектрик куритиш таърифини беринг.
8. Сублимацион куритиш моҳияти нимада?
9. Рамзиннинг I-х диаграммасини чизинг ва тушунтиринг.
10. Нисбий намлик параметрини изоҳланг ва диаграммада кандай топишни кўрсатинг.
11. Нам сақлаш параметрини изоҳланг ва диаграммада кандай топишни кўрсатинг.
12. Энтальпия параметрини изоҳланг ва диаграммада кандай топишни кўрсатинг.
13. Шудринг нуктаси параметрини изоҳланг ва диаграммада кандай топишни кўрсатинг.
14. Ҳўл термометр температураси параметрини изоҳланг ва диаграммада кандай топишни кўрсатинг.

15. Парциал босим параметрини изохланг ва диаграммада кандай топишни кўрсатинг.
16. Қуритиш потенциали нима?
17. Намликни материал билан боғланиш усуллари.
18. Қуритиш эгри чизиғини чизинг ва кечаётган жараёнларни тушунтиринг.
19. Қуритиш тезлигининг эгри чизиғини чизинг ва кечаётган жараёнларни тушунтиринг.
20. Қуриткичнинг моддий балансини тузинг.
21. Қуриткичнинг иссиклик балансини тузинг.
22. $\Delta > 0$ бўлса, куриткич кайси режимда ишлайди?
23. $\Delta < 0$ бўлса, куриткич кайси режимда ишлайди?
24. $\Delta = 0$ бўлса, куриткич кандай номланади?
25. Қуритиш жараёнини ташкил этиш усуллари.
26. Камерали куриткич конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
27. Туннелли куриткич конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
28. Лентали куриткич конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
29. Шахтали куриткич конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
30. Сиртмокли куриткич конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
31. Тебранма мавҳум кайнаш катламли куриткич конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
32. Барабанли куриткич конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
33. Мавҳум кайнаш катламли куриткич конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
34. Аэрофонтан куриткич конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
35. Пневматик куриткич конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
36. Жували куриткич конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
34. Аэрофонтан куриткич конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
35. Пурковчи куриткич конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
36. Сублимацияли куриткич конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
37. Радиацияли куриткич конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
38. Юкори частотали куриткич конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
39. Куриткичларни ҳисоблаш кетма-кетлиги.

8 - боб. МЕХАНИК ЖАРАЁНЛАР

ГРАНУЛЛАШ ВА ПРЕССЛАШ

8.1. Умумий тушунчалар

Қаттиқ материалларни сувсизлантириш, брикетлаш ҳамда пластик материалларни грануллаш ва шакллантириш учун кимё, нефть ва газларни қайта ишлаш, металлургия, озиқ-овқат, фармацевтика ва бошқа саноатларда пресслаш каби жараён қўлланилади.

Пресслаш жараёнининг моҳияти шундаки, махсус прессларда ташқи кучлар таъсирида қайта ишланаётган материалнинг шакли ва гранулометрик таркиби ўзгартирилади.

Турли хом-ашё ва материалларни сувсизлантириш, брикетлаш, шакллаш ва штамплаш учун ортиқча босим таъсирида ишлов берилади.

Босим остида сувсизлантириш кимё ва бошқа саноатларнинг турли соҳаларида ишлатилади.

Брикетлаш жараёни брикетлар, яъни цилиндрик ва тўртбурчак шаклдаги прессланган бўлаклар олиш учун қўлланилади.

Брикетлаш жараёнининг турлари кўп бўлиб, энг асосийлари грануллаш ва таблеткалаш. Маълумки, таблетка ва гранулалар ўлчамлари брикетникига қараганда анча кичик бўлади. Мамлакатимиз иқтисодиётида минерал ўғит, пластмасса, ем, чой, озиқ-овқат концентратлари, синтетик ювиш воситалари ва бошқа маҳсулотлар гранула ҳолида ишлаб чиқарилади.

Шакллантириш – пластик материалларни қайта ишлашнинг асосий усулидир. Бу жараён пластмасса ишлаб чиқариш саноатларида кўп қўлланилади. Материалларга турли шакл беришда экструзия жараёни кенг ишлатилади.

8.2. Сувсизлантириш ва брикетлаш

Маҳсулот таркибидаги суюқлик кимматбаҳо ёки уни сувсизлантириш натижасида маҳсулотнинг кадрлиги ортса, бундай ҳолларда маҳсулотлардан суюқлик ажратиб олиш учун сувсизлантириш жараёни қўлланилади.

Одатда, бу жараён ортиқча босим остида амалга оширилади. Материалга ортиқча босим асосан икки хил усулда: прессларда поршень босими ёки центрифугаларда марказдан қочма куч таъсири орқали берилиши мумкин.

Маҳсулот сифатини ошириш, нобудгарчиликни камайтириш, узоқ муддат давомида фойдаланиш, транспортда ташилишини яхшилаш мақсадида брикетлаш, таблеткалаш ва грануллаш жараёнлари қўлланилади.

Сувни сиқиб чиқариш даражаси пресслаш босимига боғлиқ. Лекин сувни сиқиб чиқариш даражасини ортиши пресс иш унумдорлигини пасайишига ва солиштирма энергия сарфини кўпайишига олиб келади.

Брикетлаш жараёни ҳар доим махсус прессларда амалга оширилади. Олинган брикет ўзидан ўқаланиб ёки парчаланиб кетмайдиган зичликкача прессланади. Брикетлар прессдан чиқиши билан совутилади ёки қуритилади.

Брикетлаш жараёнининг асосий характеристикаси бу пресслаш босимининг ортиши ва прессланаётган модданинг зичланиш коэффициентлари ўртасидаги боғлиқликдир:

$$\frac{\beta}{\beta_0} = \frac{V}{V_1} = \frac{h}{h_1} \qquad (8.1)$$

бу ерда, β, β_0 – охирги ва бошлангич зичланиш коэффициентлари. V, V_1 – маҳсулотнинг пресслашдан аввалги ва кейинги ҳажмлари. h, h_1 – брикетнинг бошлангич ва охирги баландликлари

Пресслаш босими маҳсулотни зичлаш босими ва уни пресс-колипга ишқаланиш кучини енгиш босимлари йигиндисига тенгдир.

Агар пресс-колипга ишкаланиш кучларини инобатга олмасак ва маҳсулот бир жинсли система деб кабул килсак, унда пресслаш жараёнини ифодалаш учун проф. С.М. Гребенюк формуласидан фойдаланса бўлади:

$$\psi \ln \frac{p}{p_0} = \beta - \beta_0 \qquad (8.2)$$

Пресс-колип тубидаги солиштирма босим:

$$p_h = p \cdot \exp\left(\frac{\xi f \Pi z}{F}\right) \qquad (8.3)$$

бу ерда, h – брикет баландлиги, z –матрица (ўйма колип)даги брикет ва пуансон орасидаги масофа. Π – брикет периметри. f – материалнинг матрица деворига ишкаланиш коэффициенти. F – кўндаланг кесим юзаси. $\xi = p_a / p_z$ – ён томондаги солиштирма босимнинг вертикал томондаги солиштирма босимга нисбати

Ўзгармас кўндаланг кесимли брикетнинг ўртача зичлиги қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$\rho = \frac{\rho - \rho_z \cdot \psi \cdot \ln \frac{p}{p_0}}{1 - \frac{\psi \xi f \Pi G_z}{2F\rho_z}} \qquad (8.4)$$

бу ерда, G_z – брикетдаги каттик фаза массаси.

Бир томонлама пресслаш жараёнида ҳосил бўлган брикетнинг зичлиги унинг баландлиги бўйича бир текисда бўлмайди. Бунга сабаб, материалнинг матрица деворига ишкаланишидир. Шунинг учун, юкори сифатли, баландлиги бўйича зичлиги бир хил брикетлар икки томонлама пресслаш натижасида ҳосил бўлади.

8.3. Шакллантириш

Пресслаш ва грануллаш жараёнини ўтказишдан мақсад босим, температура, намлик ва силжиш (сурилиш) кучланишларининг комплекс таъсирида тайёр ва кисман ярим тайёр маҳсулотларни олишдир.

Ушбу жараёнлар экструдерларда ўтказилади. Экструзия жараёнининг афзаллиги шундаки, унда аралаштириш, дисперслаш, бир жинсли қилиш, совитиш, шакллантириш ва қуритиш каби жараёнларни бир вақтда олиб бориш мумкин. Ундан ташкари, экструзия жараёни кайта ишланаётган материалнинг таркибини ва хоссаларини зарур йўналишда ўзгартириш, жараённи узлуксиз ташкил этиш, материалга узлуксиз равишда ароматик бирикма, бўёк, пластификатор ва таъм берадиган моддаларни бетўхтов узатиш имкониятини беради. Экструзия жараёни пластмасса, резина, хамир каби материаларни ҳамда макарон, кондитер маҳсулотлари, омухта ем, болалар овкати, грануллганган емлар ишлаб чикаришда қўлланилади. Экструзия усулида олинган тайёр маҳсулот ёки кисман тайёр маҳсулот ***экструдат*** деб аталади. Экструдатнинг шакли унга ўрнатилган матрица тешиклари шакли билан белгиланади.

Иссиқ, совук ёки кайнаш экструзия усуллари бор.

Пластик хом-ашё ва материалларни матрица оркали эзиб ўтказгандаги механик шакллантириш-совук экструзия усулида амалга оширилади.

Намлиги 20...40% ва таркибида крахмал бор материалларни кисман клейстеризация килиш учун иссиқ экструзия усулидан фойдаланилади. Олинган маҳсулот албатта ковурилади ёки пиширилади.

Қайнаш экструзияси жараёнида кайта ишланаётган материалда кайтмас биофизик ўзгаришлар содир бўлади. Одатда, ҳосил бўлган экструдат қуритилади ёки ковурилади ва зарур модда билан копланади.

8.4. Маҳсулотларни пресслаш ускуналари

Кимё, озик-овкат ва бошка саноатларда турли хил конструкцияли пресслар ишлатилади. Уларни 2 та гурухга ажратса бўлади: гидравлик ва механик пресслар.

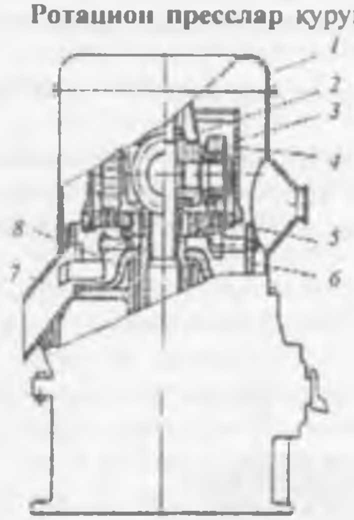
Гидравлик пресс – гидравлика конунларига биноан ишлайди. Пресснинг асосий кисми цилиндрик бўлиб, унинг ичида кўзғалмас плита билан боғланган плунжер ҳаракат килади. Плунжернинг ҳаракати юкори босимли суюклик таъсирида амалга ошади.

Пресссланаётган материал кўзғалмас ва ҳаракатчан плиталар орасида бўлади. Материалда, плунжер ёки поршень ёрдамида хосил килинган босим кучи, унинг юзасиги тўғри пропорционал:

$$P = p \cdot F \qquad (8.5)$$

бу ерда, p – гидравлик системадаги босим, Н/м^2, F – поршень ёки плунжер юзаси, м^2

Ротацион пресслар курук турпни брикетлаш учун қўлланилади. Ушбу прессларнинг текис, ясси ёки цилиндрик матрицаси бўлади.



8.1-расм. Ротацион пресс:
1-кобик, 2-материал таксимлагич, 3-бункер, 4-прессловчи жува, 5-матрица, 6-гранулани кесиш мосламаси, 7-тўкиш нови, 8-паррак.

Пресслаш жараёнида бу турдаги прессларда жуда катта инерцион кучлар ҳосил бўлади. Шунинг учун бу курилмалар катта, оғир пойдеворга ўрнатилади.

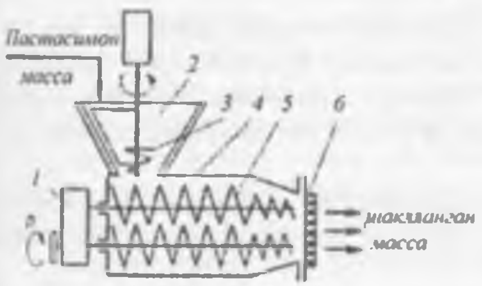
Ясси матрицали горизонтал ротацион пресснинг конструкцияси 8.1-расмда кўрсатилган.

Пресснинг асосий кисми – бу прессловчи бўлак бўлиб, матрица 5 ва прессловчи жува 4, гранула кесиш мосламаси 6 ва ичи бўш ўклардан таркиб топган. Матрица 5 ичи бўш ўкга ўрнатилган ва у билан бирга айланади. Конуссимон таксимлагич 2 курук материални жува 4 остига йўналтириш учун мўлжалланган.

Матрицадан чикаётган пресссланган материал пичок билан кесилади ва паррак ёрдамида тўкиш новига йўналтирилади. Матрица ва пичок орасидаги тиркиш 0,5 мм дан ортмаслиги керак. Лекин пичок матрицанинг ишчи энини ёпиб туриши ва пичок тиғи матрицанинг остки юзасига параллел бўлиши зарур. Горизонтал текисликка нисбатан пичокнинг киялик бурчаги 30° бўлади.

Брикетни кесиш учун 4 та пичок ўрнатилади. Агар йирик ўлчамдаги брикетлар олиниши зарур бўлса, пичоклар сони камайтирилади.

Ротацион таблетка килиш машиналари 2 синфга бўлинади. Биринчи синфга оид машиналарда пуансон копира устида думалаб ҳаракатланади, иккинчисида эса сирпанади.



8.2-расм. Икки шнекли шакллантириш пресси:
1-узатма, 2-юкловчи штуцер, 3-кадокловчи шнек, 4-пресс кобиги, 5-шнек, 6-фильера.

Ротацион таблетка килиш машиналарининг иш унумдорлиги ушбу формуладан топилади:

$$Q = 60\left(\frac{P}{p}\right)h \cdot \rho \cdot N \cdot m \cdot kn \qquad (8.6)$$

бу ерда, P–пресслаш кучланиши, Н, p–пресслаш босими, МПа, h–матрицадаги материалнинг пресслашгача бўлган баландлиги, м, ρ – материал зичлиги, кг/м^3; N–ротордаги матрицалар сони, m – матрицадаги уялар сони, k – кўп позициялик коэффициенти (k=1,2,3,4), n – ротор айланиш частотаси, мин$^{-1}$

Икки шнекли шакллантириш пресси кимё ва нефть-газни кайта ишлаш саноатларида кенг кўламда ишлатилади (8.2-расм).

Пресс ёрдамида маҳсулотга босим берилади

ва у фильера оркали сикиб чикарилади.

Фильера – бу тешиклари бор ясси металл диск бўлиб, унинг тешикларидан юкори босимда кайта ишланаётган махсулот сикиб чикарилади. Ушбу тешикларнинг шакли тайёр махсулот ташки кўринишини белгилайди. Фильерадан чикиш пайтида махсулот эксцентрик ўрнатилган пичоклар билан гранула килиб кесилади.

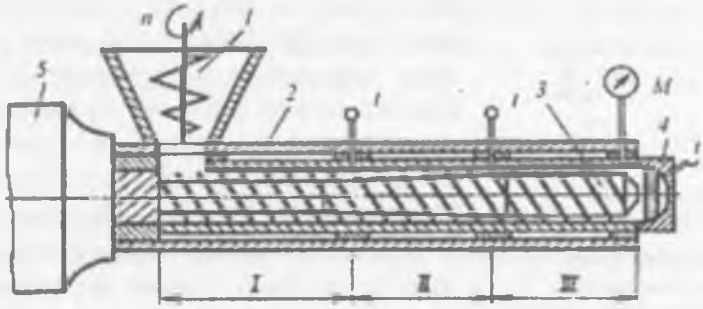
Шнек хосил киладиган босим фильера тешикларининг гидравлик каршилигига боғлик. Ўз навбатида гидравлик каршилик махсулот консистенцияси, тешиклар шакли ва ўлчамига боғликдир.

8.5. Экструзия

Бир шнекли экструдер 8.3-расмда кўрсатилган бўлиб, юкловчи штуцер 1, кобик 2, шнек 3, матрица 4 ва бошкариш системали узатма 5 лардан таркиб топган. Шнек диаметри 50...250 мм, узунлиги эса 1 дан 20 та диаметргача. Шнек ўрами шаклининг кўндаланг кесими тўғри бурчакли ёки трапецидал бўлиши мумкин.

8.3-расмдаги I зона материалнинг нам холатини, II кайишкок холатини ва III зона аморф, оқувчан массани ифодалайди.

Экструдер ишлаш кўрсаткичи – бу унинг самарадорлиги, яъни иш унумдорлигининг истеъмол килаётган кувватга нисбати билан аникланади. Истеъмол куввати экструдер узатмасининг турига боғлик. Агар электр токининг кучланиши U ва кучи I маълум бўлса, $N=UI$ формуладан экструдер куввати аникланади.



8.3-расм. Бир шнекли экструдер.
1-юкловчи штуцер; 2-кобик; 3-шнек; 4-фильера; 5-узатма; t - термопара; М-босим асбоби I-юклаш ва эриш зонаси; II-компрессия зонаси; III-калоклаш зонаси

8.6. Грануллаш усуллари ва гранулятор конструкциялари

Сочилувчан матерналларнинг физик-механик хоссалари, таркиби, шакли ва маълум ўлчамли материалларни олишга йўналтирилган физик-механик ва физик-кимёвий жараёнлар йиғиндисига ***грануллаш*** жараёни деб аталади. Табиатда грануллаш жараёни турли мухитларда мавжуд: ер остида вулкон отилиб чикиши, ер устида муз ва тупрок силжишида, шағал ва атмосферада дўл хосил бўлишлардир.

Инсоният кадим замонлардан ерга ишлов беришда, яъни унинг унумдорлигини ошириш учун унга юмалок-юмалок таркиб ёки курилишда минерал хом-ашёни шакллантиришда грануллаш жараёнидан фойдаланиб келган.

Бу жараён натижасида физик-механик хоссалари яхшиланган гранулалар олиш мумкин. Чунончи, грануллanган махсулотларнинг ташки кўриниши яхши, сочилувчан ва зичлиги юкори бўлган холда мустахкам таркибга эга. Ундан ташкари, уларнинг ўлчамлари бир хил, юклаш ва узок масофага узатиш пайтида чангимайди.

Грануллаш жараёни куйидаги технологик боскичлардан иборат:

– хом-ашёни кайта ишлашга тайёрлаш компонентларни кадоклаш ва аралаштириш;

– гранула хосил килиш (агломерация, кристаллаш, зичлаш ва х.);

– гранула таркибини мўътадиллаш (куритиш:, совитиш, полимеризация усулларида заррачалар орасидаги боғларни мустахкамлаш);

– классификациялаш, йирик фракцияларни парчалаш (янчиш);

Ҳозирги кунда, саноатда қўлланиладиган ва маълум грануллаш усуллари куйидагилардир:

1) каттик моддаларни юмалатиб грануллаш; 2) эритмани пуркаш ва грануляцион минораларда совитиш; 3) курук кукунларни пресслаш; 4) эритмани мавҳум кайнаш катламида пуркаш; 5) турбопарракли курилмада тезкор грануллаш; 6) тангасимон пластиналар ҳосил килиш (эритмани бошка юзаларда совитиш йўли билан); 7) экструзия.

Каттик моддаларни юмалатиб грануллаш барабанли ёки тарелкали курилмаларда олиб борилади. Грануллаш албатта суюклик иштирокида олиб борилади. Суюклик каттик фаза билан бирга ёки эритма сифатида курилмага юборилади.

Гранула ҳосил бўлиш ва унинг диаметри ўсишига, каттик ва суюк фазалар орасидаги нисбат катта таъсир кўрсатади.

Бу грануллаш жараёни 4 боскичдан иборат:

– боғловчи ва ретурни аралаштириш;

– майда заррачалар ва майдаланган бўлаклардан гранула ҳосил килиш;

– юмалатиш ва зичлаш;

– мўътадиллаш (стабиллаш).

Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, жараённинг ҳар бир босқичида ўлчам бўйича заррачаларнинг таксимланиши ўзгариб боради.

Кукун ва ретурни аралаштириш пайтида боғловчи модда сифатида турли хил суюкликлар ишлатилади, чунончи, сув, маҳсулот эритмаси, бирорта компонентнинг эритмаси (плав) ва бошкалар. Суюклик ва материалларнинг ўзаро таъсир схемаси куйидагича:

агарда фракцияда майда заррачалар улуши кўп бўлса, улар орасидаги масофа бўш колиб кетади. Шунинг учун, заррачалар орасидаги тортишиш кучи кичик бўлади ва гранула мустаҳкамлиги паст бўлишига олиб келади;

агарда фракцияда майда заррачалар улуши кўпайса, гранула зичлиги ортади ва уларнинг мустаҳкамлиги ортади.

Лекин шуни алоҳида таъкидлаш керакки, йирик заррачаларнинг гранула ҳосил килишда ижобий роли ҳам бор, чунки улар бўлажак грануланинг скелети бўлиб хизмат килади. Бунда, майда заррачалар катта заррачалар орасидаги бўшликни тўлдиради ва натижада улар орасидаги масофа камаяди. Фақат нам аралашма таркибидаги йирик ва майда заррачаларнинг маълум бир оптимал кийматларидагина зичлиги юкори ва катта тортишиш кучига эга гранулалар ҳосил килиш мумкин.

Юмалатиб грануллаш боскичи – бунда заррачаларнинг нисбатан кўзгалмас катламга кўп марта урилиши натижасида гранулалар ҳосил килиш ва уларни зичлаш мумкин.

Грануланинг зичланиши кўп марта урилишлар ва юкоридан пастга караб тўкилишлари окибатида рўй беради. Натижада материал таркибидаги ортикча намлик сикиб чикарилади. Бунинг окибатида курук материаллардан ҳосил бўлган гранула ёпишишига идеал шароит яратилади. Заррачаларнинг бир-бирига якинлашиши билан, сув катламининг калинлиги тобора камайиб боради, лекин грануллаларнинг тортишиш кучи эса, ортиб боради. Ҳосил бўлаётган гранулага янги заррачаларнинг ёпишиш механизмининг асосий шарти шундаки, бу ходиса фақат гранула ва заррача ўлчамларининг маълум бир нисбатида рўй беради.

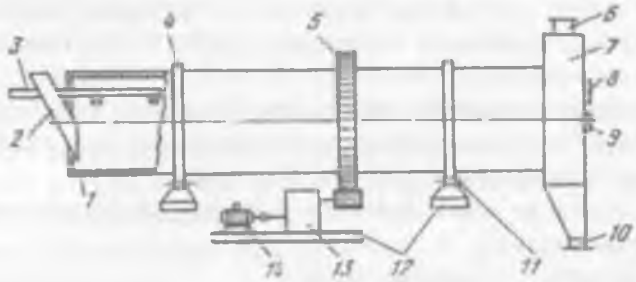
Гранула таркибининг зичланиши ҳар томонидан кўп урилишлар натижасида аста-секин борадиган жараёндир.

Гранула таркибини мўътадиллаш боскичи. Тайёр маҳсулот олиш учун грануланинг мустаҳкамлигини ошириш зарур. Бунинг учун гранула таркибидаги намлик йўкотилади ёки каттик агрегат ҳолатига ўтказилади. Лекин гранула таркибидаги намликни йўкотишнинг энг кенг таркалган усули – бу куритишдир. Гранула намсизлантирилганда каттик фаза кристал-

ланади. Баъзи ҳолларда бу жараён гранула парчаланишига олиб келади, шунинг учун ҳар доим ҳам гранулалар таркибига жуда юкори талаб қўйиб бўлмайди.

8.4 ва 8.5 - расмларда юмалатиб грануллаш қурилмаларининг схематик тасвирлари келтирилган.

Барабанли гранулятор одатда уфкга нисбатан 1...30° оғиш бурчагида ўрнатилади. 8.4-расмда барабанли гранулятор-куриткич қурилмаси кўрсатилган. Бу курилма эритмаларни грануллаш ва куритиш ҳамда конструкциясига караб, ҳосил килинган маҳсулотни классификациялаш ва совитиш учун қўлланилади.



8.4-расм. Барабанли гранулятор:
1-обечайка, 2-кукунни юклаш тарнови, 3-боғловчи таксимлагич, 4-бандаж; 5-тишли шестерня, 6-буғларни сўриб олиш патрубкаси, 7-тўкиш камераси; 8-еритиш учун дарча, 9-кўриш ойнаси, 10-гранулани тўкиш патрубкаси, 11-таянч гилдиракча, 12-бетон пойдевор, 13-редуктор; 14-электр юриткич.

Цилиндрик обечайка 1 нинг ташкарисига бандаж 4 ва тожли шестерня 5 лар ўрнатилади. Электр юриткич 14 дан айланма ҳаракат редуктор 13 ёрдамида 5 га узатилади ва натижада цилиндрик обечайка 1 материал билан бирга айланади. Барабаннинг бир четида юкловчи, иккинчи четида тўкувчи камералар жойланган бўлиб, улар грануляторнинг ишчи ҳажмини зичлаш функциясини ҳам бажарадилар. Юкловчи тарнов 2 оркали шихта ёки курук кукун юкланади. Агар курилмага курук кукун берилса, унда катлам устига боғловчи таксимлагич 3 дан керакли миқдорда суюк фаза юборилади.

Ушбу грануляторнинг асосий кисми ўз ўки атрофида айланувчи тарелка 1 бўлади. Махсус механизм 8 ёрдамида унинг киялик бурчагини ҳам ўзгартириш мумкин. Боғловчи моддани узатиш учун тарелка 1 устида пуркагич 3 ўрнатилади. Грануллаш пайтида тарелкага ёпишиб колган массани тозалаш учун махсус киргич ўрнатилади.



8.5-расм. Тарелкали гранулятор:
1-айланувчи тарелка, 2-зичловчи кобик, 3- пуркагич, 4-буғларни сўриб олиш патрубкаси, 5-кузатиш ойнаси; 6-юклаш патрубкаси, 7-ўк, 8-бурчакни ўзгартириш механизми, 9-таянч.

Бу турдаги қурилмалар таҳлили шуни кўрсатадики, бу курилмада юкори сифатли маҳсулот олиш билан бирга, жуда кўп иссиклик ва масса алмашинишга эришса бўлади. Олинган маҳсулотнинг гранулометрик таркиби 80...90% товар фракциясини ташкил этади. Ундан ташкари, жараённи автоматлаштириш кийин эмас.

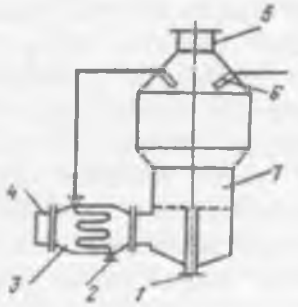
Камчиликлари: ўлчами катта, қўпол; металл кўп сарфланади; суюкликни пуркаш учун кўп энергия сарф бўлади; маҳсулот курилма деворларига ёпишиши мумкин.

Бу усулда ишлайдиган курилмаларни оптималлашдан максад, керакли гранулометрик таркибдаги маҳсулот олиш ва максимал иш унумдорликка эришишдан иборатдир.

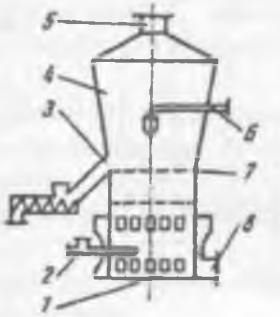
Мавҳум кайнаш катламида грануллаш учун турли конструкцияли грануляторлар ишлатилади. Одатда, бундай гранулятор кобиғи шаклига караб цилиндрик (8.6б-расм), 30...60° конуслик бурчаги кичик бўлган (20° гача) (8.7-расм) ва конуслиги катта (8.8-расм), конуссимон, цилин-

дрик-конуссимон, тўғри бурчакли (8.9-расм) ва квадрат кўндаланг кесимли (8.13-расм) бўлади. Қурилманинг шакли унинг гидродинамикасини белгилайди.

Конуслик бурчаги 20° гача бўлган қурилмаларда ҳамма кўндаланг кесимларида бир текисда мавҳум кайнаш содир бўлади (8.9-расм).



8.6-расм. Марказий тўкиш ва ишлатилган эритмани катламга узатувчи цилиндрик қурилма:
1-тўкиш патрубкаси, 2-юклаш патрубкаси; 3 - калорифер; 4-элткич кириш патрубкаси; 5 - ишлатилган элткични чикариш патрубкаси; 6- суюклик пуркагич; 7-кобик

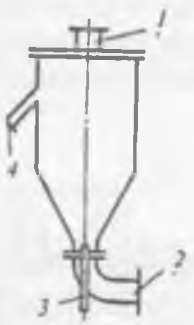


8.7 -расм. Конуссимон қурилма.
1-ўтхона; 2-газ ёндиргичи; 3-тўкиш патрубкаси; 4-кобик; 5-ишлатилган элткични чикариш патрубкаси; 6-пуркагич; 7-тўр парда; 8-элткич кириш патрубкаси

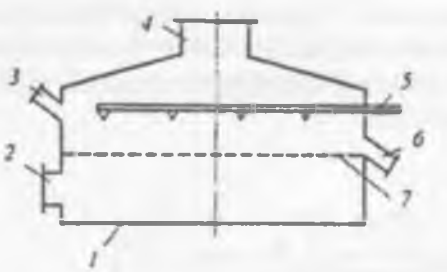
Агар конуслик бурчаги катта бўлса, қурилма марказида сийраклашган ва девор атрофида эса заррачалар секин-секин тўпланиб катлам зичланади, яъни фавворасимон мавҳум кайнаш жараёни содир бўлади (8.8-расм).

Цилиндр-конуссимон мавҳум кайнаш катламли қурилмаларнинг цилиндрик кисмида катламнинг заррачалари умуман бўлмайди (8.7-расм).

Иссиклик элткичлар ўзаро кесишган йўналишда ҳаракат қилган ҳолатларда каттик заррачаларни маълум бир йўналишда узатиш учун тўғри тўртбурчак шаклидаги қурилмалар ишлатилади. (8.9-расм)



8.8-расм. Фавворасимон катламли конуссимон гранулятор:
1-иссиклик элткични чикариш патрубкаси; 2-иссиклик элткични кириш патрубкаси; 3-суюклик пуркагич; 4-махсулотни тўкиш патрубкаси

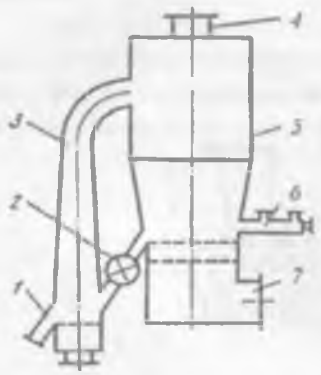


8.9-расм.Тўғри тўртбурчак шаклдаги мавҳум кайнаш катламли гранулятор:
1 - кобик; 2 - иссиклик элткич кириш патрубкаси; 3 - рецикл учун кириш патрубкаси; 4-ишлатилган элткични чикариш патрубкаси; 5-таксимлагич; 6-тўкиш патрубкаси; 7-тешикли панжараси.

Катта иш унумдорликка эришиш учун тўғри тўртбурчакли қурилмаларни лойиҳалаш, жараённи ярим саноат шароитларида текшириш ва синаш учун квадрат кўндаланг кесимли қурилмалар жуда қулайдир (8.10-расм).

Барабанли гранулятор-куриткич (БГК) грануллаш ва куритиш учун мўлжалланган ҳамда конструкциясига кўра, маҳсулотларни классификациялаш ва совитиши мумкин.

БГК нинг асосий кисми барабан бўлиб, гранула тўкилиш томонига кўра кия ўрнатилади. Барабан, ташкарисида 2 та бандаж таянч 10 ларга таяниб туради. Ундан ташкари, тожли шестерня 12 ҳам ўрнатилади ва унинг ёрдамида электр юриткичдан редуктор оркали келаётган айланма ҳаракат барабанга узатилади. Саноат курилмалари 3-5 айл/мин тезликда ҳаракат килади.



8.10-расм. Квадрат шаклидаги мавҳум қайнаш қатламли гранулятор:
1-тўкиш патрубкаси, 2-тамба, 3-конуссимон классификатор, 4-ишлатилган элткични чикариш патрубкаси, 5-кобик, 6-суюклик ва рециклни узатиш бўлаги, 7-элткич кириш патрубкаси.

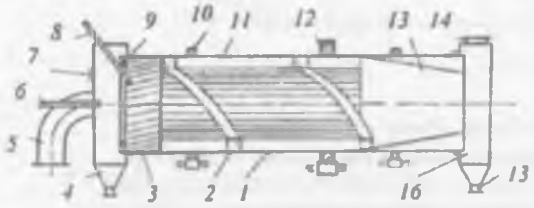
Барабанда юклаш ва тўкиш камералари бўлиб, уларни зичлаш учун лентали ёки секторли кистирмалар ўрнатилади. Чанг ҳосил бўлмаслиги ва ўтхона бир меъёрда ишлашини таъминлаш учун курилмада 10...50 Па вакуум ушлаб турилади (8.11-расм).

БГК ташки кўринишидан барабанли грануляторга ўхшаса ҳам, лекин унда гранула ҳосил килиш механизми тубдан фарк килади. Бунга сабаб, БГК нинг ичидаги кўшимча конструктив элементлар борлигидир.

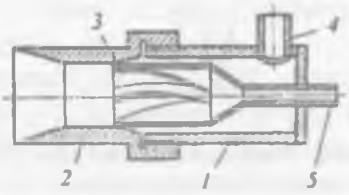
Грануллаш жараёнида асосий вазифани пульпа пуркагичлар бажаради.

Саноатда кўлланиладиган пуркагич конструкцияларида иккала фаза мослама ичида аралашади. Улар бир-биридан сикилган ҳавони киритиш жойи, пуркаш дисперслигини ростлаш ва суюклик каналини тозалаш усуллари билан фаркланади (8.12-расм). Пульпани пуркаш учун босими 0,2…0,4 МПа ва сарфи 60…70 $м^3/м^3$ бўлган сикилган ҳаво ишлатилади.

Эритмаларни пуркаб грануллаш. Бу усулда грануллаш механизми куйидагича: эритма, грануляцион минорада пуркагичлар ёрдамида майда томчилар ҳолатигача пуркалиб, пастга караб йўналтирилади. Пастдан юкорига караб эса, вентилятор ёрдамида берилаётган совук ҳаво ёрдамида томчилар совитилади, яъни ўз иссиклигини ҳавога беради ва гранула шаклига келтирилади. Чунончи, томчи иссикликни бериши билан гранула ҳосил бўла бошлайди ва томчининг ташки юзаси кристалланиб, жараён охирида ички катламлари ҳам кристалланади. Шундай килиб, кристалланиш жараёни томчининг ташки юзасидан ичкарига караб йўналган бўлади.



8.11-расм. Барабанли гранулятор -куриткич:
1-кобик, 2-шнек, 3-парракли насадка, 4-юкловчи камера, 5-элткич кириш патрубкаси, 6-пуркагич, 7-кузатиш ойнаси, 8-рецикл кириш патрубкаси, 9-зичловчи халкалар, 10-бандаж, 11-токчали насадка, 12-тожли шестерня, 13-конус-классификатор, 14-ишлатилган элткични чикариш патрубкаси, 15-тўкиш патрубкаси, 16 - тўкиш камераси.



8.12-расм. Пневматик пуркагич:
1-кобик; 2-сопло, 3-пульпа узатмалагич, 4-сикилган ҳаво кириш патрубкаси, 5-пульпа чикариш патрубкаси

Грануляцион минорада гранула ҳосил бўлиши нотурғун иссиклик алмашиниш жараёнида ўтади. Лекин иссиклик манбаи, эритма томчисининг ичида бўлгани учун жараён янада мураккаблашади ва кийинлашади.

Бундай жараёнларни амалга оширувчи курилмаларнинг мухандислик ҳисоби шундан иборатки, грануляцион минора баландлиги ёки томчиларнинг тушиш вакти аникланади. Албатта, бу вакт ичида ёки шу баландликни босиб ўтиш даврида, томчи кристалланиб улгуриши керак. Ундан ташкари, ҳосил бўлган гранула бир-бирига ёпишмаслиги ва пастга тушганда, шакли бузилмаслиги керак.

Маълумки, вакт ўтиши билан томчининг кристалланиши ортади. Шунинг учун, гранула олиш температураси шундай бўлиши керакки, бунда кристалларнинг суюк эритмага нисбати, грануланинг таркибини, яхлитлигини бузмаслиги керак.

Одатда томчилардан гранула ҳосил килиш, грануляцион миноораларда ёки мавҳум кайнаш катламида амалга оширилади.

Ушбу курилмаларнинг асосий элементларидан бири пуркагичдир. Пуркагичлар конструкциясига караб, марказдан кочма, статик ва вибрацион бўлади.

Агарда ушбу махсулотлар мавҳум кайнаш катламида совутилса, селитра учун ёз фаслида грануляцион минора баландлиги h = 30 м ва диаметри d=10...20 м бўлиши керак.

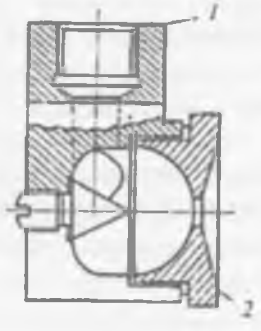
Карбамид учун ёз фаслида грануляцион минора баландлиги h=55...60 м ва диаметри d=15...20 м бўлиши зарур. Нитроаммофоска грануляция килиш учун, ёз фаслида, грануляцион минора баландлиги h=50...55 м ва диаметри d=10...20 м бўлиши керак.

Қатламга суюкликни пуркаш учун механик (8.13-расм) ва пневматик (8.14-расм) пуркагичлар кўлланилади. Пневматик пуркагичлар майда ва бир текисда суюкликни пуркайди, аммо унинг энергетик сарфлари катта. Механик пуркагич ёрдамида бевосита мавҳум кайнаш катламига суюкликни узатиб бўлмайди, чунки суюкликнинг мосламадан чикишдаги тезлиги кичик (3…6 м/с) ва майда дисперс суюкликнинг катламда таркалиши учун каттик заррачаларсиз бўшлик йўк.

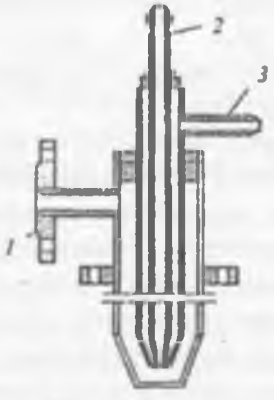
Механик ва пневматик пуркагичлар суюкликни 0,1-0,8 мм ли майда дисперс томчиларга айлантириб узатишни таъминлайди. Пуркагичларга кўйиладиган асосий талаблар: бир текисда ва турғун ишлаши, пуркаш зичлиги юкори ва узлуксиз бўлишини, ишончли ишлаши ва энергетик сарфлар миннимал, ҳамда гранула ҳосил килиш режимини таъминлаши керак.

Турбопарракли грануляторда грануллаш. Кукунсимон материалларни турбопаррakли тезкор грануляторларда грануллаш механизми барабанли ёки тарелкали курилмаларда материалларни юмалатиб грануллаш жараёнига ўхшашдир.

Тезкор грануляторларда гранула ҳосил бўлиши, аралаштирувчи стерженларнинг материалга таъсири, яъни 170 $с^{-1}$ частота билан айланаётган элементлар аралаштириши асосий сабабдир (8.15-расм).



8.13-расм. Механик пуркагич:
1-суюкликнинг тангенциал кириши, 2-пуркаш соплоси

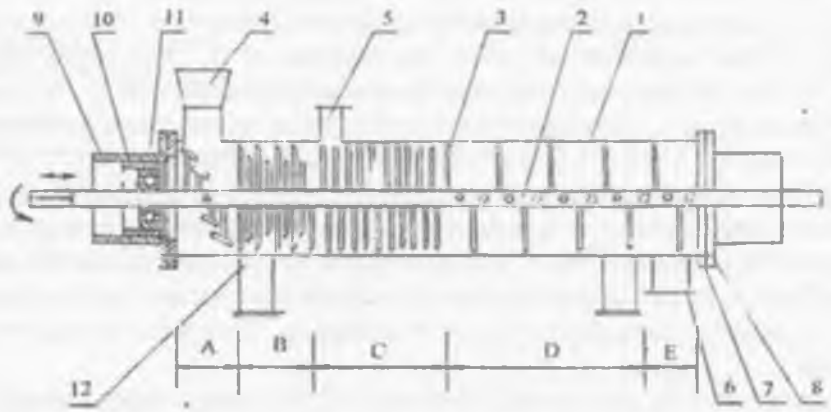


8.14-расм. Кўп каналли пневматик пуркагич:
1-газ ёки иссиклик элткич кириши; 2-суюклик кириши, 3-пуркалаётган суюклик кириши

Материални турбопарракларда курилмада кайта ишлаш вакти бир неча секунддан 2...3 мин гача бўлади. Бу турдаги курилмаларда гранула хосил бўлиши бир неча боскичда боради, яъни жараён даврларининг алмашиниш кетма-кетлиги куйидагича: аралаштириш (*A* зона), майдалаш (*B* зона), гранула хосил килиш (*C* зона), гранулаларни зичлаш ва шарсимон шакл бериш (*D* зона) хамда тўкиш (*E* зона) .

Ҳар бир зонада стержен 3 ларнинг жойлаштириш кадами ҳар хил бўлади, чунки уларда кечадиган жараёнлар бир-биридан тубдан фаркланади. Тезкор усулда грануллаш жараёнида кимёвий реакциялар самарадор ўтиши мумкин. Боғловчи модда вазифасини турли суюк махсулот ва моддалар ўтайди.

Сочилувчан материаллардан гранула олиш курилмаси цилиндрик кобик 1 ва уни ичида стержен 3 лар махкамланган горизонтал ўк 2 лардан таркиб топган. Ўк 2 хам айланма, хам илгарилама-кайтма харакат килиш кобилиятига эга. Бунинг учун ўкнинг икки учи подшипник 11 га ва ўз навбатида подшипникнинг ташки халкаси стакан 10 га кўзгалмас килиб ўтказилади.



8.15-расм. Сочилувчан материаллар учун турбопарракли тезкор гранулятор:
1-кобик, 2-ўк, 3-стержень, 4-материал юклаш бункери, 5-боғловчи суюклик кириш штуцери, 6-гранула тўкиш штуцери, 7-фланец, 8-копкок, 9-втулка, 10-стакан, 11-подшипник, 12-таянч.

Стакан 10 фланец 7 ли втулка 9 ичида сирпанувчан килиб ўрнатилгани учун хам айланма, хам илгарила-кайтма харакатлана олади. Бункер 4 дан каттик сочилувчан ва штуцер 5 оркали боғловчи материаллар курилма ичига узатилади. Боғловчи суюклик пуркагич ёрдамида майда томчилар кўринишида курилма ичига пуркалади. Хосил бўлган гранулалар штуцер 6 дан чикариб юборилади. Курилма горизонтал килиб тайёрлангани учун иккита таянч 12 да пойдеворга махкамланади.

Грануляторнинг *A* зонасида 4 та стерженларнинг учларига куракчалар ўрнатилган бўлиб, хом-ашёни кобик ичига узатиш учун хизмат килади. Куракчаларни ўкга жойлаштириш кадами $t_1=1,25 \cdot d$, бу ерда, d – стержен диаметри. Узатиш зонасининг бундай конструкцияси каттик материални яхши аралашишини ва самарали узатишни таъминлайди.

Майдалаш зонаси *B* да радиал стерженлар ўзига хос конструкцияга эгадир ва стерженларининг учи ўткир хамда кия килиб кесиб куйилган. Цилиндрик стерженлар $t_2=(0,8-1,0) \cdot d$ кадам билан жойлаштирилган. Майдалаш жараёни самарали кечиши учун хар бир стерженнинг айланиш йўналиши бўйича олд кисми ўткир килиб ясалган.

Грануллаш зонаси *C* да бурама стерженлар $t_3=(1,1-1,8) \cdot d$ кадамда ўрнатилган. Бу зона стерженларининг учи ярим сфера шаклида думалок килиб ясалган ва винтсимон эгри чизик бўйлаб жойлаштирилган. Ундан ташкари, ушбу зонанинг бошланғич кисмида боғловчи суюкликни пуркаш учун штуцер ўрнатилган ва бевосита икки фазали катламга пуркалади. Стерженларнинг бурама шакллилиги эса, бир хил фракцияли, гранулометрик таркиби юкори ва шарсимон шаклли гранулалар олиш имконини беради.

Зичлаш ҳамда мустаҳкамлаш зонаси *D* цилиндрик стерженлар $t_y=(2\text{-}2,5)\cdot d$ кадамда жойлаштирилган ва ҳар бирининг учи силлиқланган. Агар стерженлар $t_y<2d$ кадамда жойланса, ҳосил бўлган гранулалар парчаланиши кузатилди. Лекин стерженлар жойлашиши $t_y>2,5\cdot d$ бўлса, гранулалар зичланиши суст боради, яъни механик мустаҳкамлиги етарли бўлмайди.

Сочилувчан материал хоссаларига караб гранулятор ўкининг айланишлар сонини ўзгартириб сифатли ва юкори гранулометрик таркибга эга гранулалар олиш мумкин.

Ўкнинг илгарима-кайтма ҳаракати қурилма цилиндрик кобигининг деворига ёпишиб колган массани кесиб олиш учун хизмат килади ва гранулалар шаклининг шарсимон бўлишини таъминлайди.

Ушбу грануляторнинг афзалликлари: бир хил ўлчамли гранулалар олиш мумкин; грануллаётган материал кобиқ деворларига ёпишмайди; гранулометрик ва маҳсулот товар кўриниши яхшиланади; майда дисперс кукунлар ҳосил бўлмагани учун атроф-муҳит ифлосланмайди. Турбопарракли тезкор грануляторда қайта ишланаётган материал окими ҳаракатининг таҳлили, бу жараённинг асосий параметрларини аниклаш имконини беради.

Материал катламини узатишнинг чизикли тезлиги:

$$v_x = \frac{Q_0}{\pi \cdot \rho_{Tyk} \cdot \varphi \cdot R_x^2} \tag{8.7}$$

бу ерда, Q_0 – грануланаётган аралашма сарфи; $\rho_{тук}$ – грануланаётган аралашма зичлиги; φ – гранулятор ишчи камерасини тўлдирилиш коэффициенти; $R_к$ – ишчи камера радиуси.

Грануллаш жараёнида гранула босиб ўтган масофа узунлиги *l*:

$$l = \frac{L \cdot \pi \cdot \rho_{тук} \cdot \varphi \cdot \omega \cdot R_x^3}{Q_0} \tag{8.8}$$

бу ерда, *L* – гранулятор ишчи камераси узунлиги, ω – гранулятор ўкининг айланиш частотаси.

Ҳосил килинган грануланинг ўртача диаметри ушбу формуладан ҳисоблаб топилади:

$$d = d_0 \cdot \exp m \cdot \left(W - W_p\right) \tag{8.9}$$

бу ерда, d_0 – гранула хосил бўлиш пайтидаги гранула диаметри; *m* – материал хоссалари ва Фруд критерийсига боғлик коэффициент; *W* – гранула хосил бўлиш пайтида аралашма таркибидаги боғловчи модда миқдори.

Боғловчи модда сарфи куйидаги формуладан аникланади:

$$Q_{бов} = Q_0\left(W_{бошл} + \frac{1}{m \ln \frac{d}{d_0}}\right) \tag{8.10}$$

Турбопарракли тезкор грануляторда олинган гранулалар ўлчамлари логарифмик нормал таксимланиш конунига бўйсунади.

Ушбу дарслик муаллифлари томонидан турбопарракли тезкор грануляторда пахта чигити кунжарасини грануллаш бўйича ижобий натижалар олинган. Қурилма хом-ашёни юклаш, майдалаш, грануллаш, гранулаларни зичлаш ва шакл бериш зоналаридан иборатдир.

Кунжарани турбопарракли, тезкор курилмада майдалаш даражаси ушбу формулада ҳисобланади:

$$i = 0,74 \cdot \omega^{0,2}\left(\frac{t}{d}\right)^{-0,35} \tag{8.11}$$

Оддий суперфосфатни турбопарракли курилмада тезкор майдалаш бўйича олинган маълумотлар бўйича куйидаги умумлаштирилган формула келтириб чикарилган:

$$i = 0,47 \cdot v^{0,3}\left(\frac{t}{d}\right)^{0,55}$$

бу ерда, ω – айланма тезлиги, $с^{-1}$; *t/D* – болалар жойлашиш кадами.

8.7. Сочилувчан материални грануллашга мойиллигини баҳолаш

Маълумки, гранула ҳосил бўлиши билан унинг таркиби зичланиб боради. Шунинг учун, моддаларни гранулланишга мойиллик кўрсаткичи сифатида зичланишни ҳисоблаш мумкин. Демак, зичланишга мойиллик, бу моддаларнинг маълум босим остида зичланиш хусусиятидир:

$$\Gamma_1 = \frac{\partial(\rho/\rho_0)}{\partial P} \tag{8.12}$$

Ундан ташкари, моддаларнинг зичланишга мойиллиги уларнинг шаклланишга мойиллиги билан ҳам ифодаланади. Шаклланишга мойиллик бу шундай хусусиятки, бунда модда пресслаб гранулланиш натижасида олган шаклини сақлаш кобилиятидир:

$$\Gamma_2 = \frac{\partial\sigma}{\partial P} \tag{8.13}$$

Турли маҳсулотларни гранулланишга мойиллик кўрсаткичи сифатида гранулланишга мойиллик коэффициенти қўлланилади:

$$K_1 = \frac{(\rho/\rho_0)}{P_{зч}}; \qquad K_2 = \frac{\sigma}{P_{зч}} \tag{8.14}$$

бу ерда, ρ ва ρ_0 – материалнинг оралик ва бошлангич зичликлари, т/м^3. σ – узиш даврида грануланинг мустаҳкамлиги, Па. $P_{зч}$ – зичланиш босими, Па.

Агарда материалнинг зичланиш кобилияти K_1 канча юкори бўлса, унинг шунчалик шаклланиш кобилияти K_2 яхши бўлади.

Материалларни гранулланишга мойиллигини баҳолаш уларнинг зичланиш ва шаклланиш кобилиятлари бўйича классификация қилиш имконини беригина қолмай, балки ушбу материал учун энг ишончли ва ярокли грануллаш усулини тавсия этиш имконини беради.

Қанчалик K_1 ва K_2 юкори бўлса, шунчалик кичик кучланишларда гранулаларнинг зичланиш даражаси юкори бўлади. Демак, ушбу шароитларда юмалатиб грануллаш усули тавсия этилиши мумкин.

Агар модданинг грануллашга мойиллиги кичик бўлса, унда грануллаш учун катта кучланишлар талаб килинади. Масалан, пресслаш ёки боғловчи модда қўшиб юмалатиб грануллаш.

Гранулланишга мойиллик материалнинг физик хоссалари ва ҳолат параметрлари (температура t, намлик W, гранулометрик таркиб R, pH ва ҳоказо) га катта боғлик.

8.1-жадвалда баъзи бир кимёвий маҳсулотларнинг гранулланишга мойиллиги ва тавсия этиладиган грануллаш усуллари келтирилган.

8.1-жадвал

т/р	Материал номи	$K_1 \cdot 10^{-3}$	K_2	W, %	t, °С	Усул
1	Фосфогипс	1,0	0,008	20	20	боғловчи модда қўшиб пресслаш ёки юмалатиб грануллаш
2	Хлорли калий	0,8	0,01	0,05	20	-
3	Суперфосфат	1.0	0,011	2,5	20	-
4	Аммофос	2,07	0,028	0.8	20	юмалатиб грануллаш
5	Нитроаммофос калийли ўгит	1,23	0,027	0,3	20	пресслаш
6	Мочевина	0.8	0,07	0.3	20	эритмани пуркаш

8.8. Грануляторларни хисоблаш

Барабанли гранулятор-куриткични хисоблаш (БГК). Карбамид гранулаларини олиш учун куйидаги маълумотлар асосида БГК хисоблансин.

$G = 30 т/с$;
$t_1 = 450°C$;
$t_2 = 100°C$;
$W_1 = 24\%$;
$W_2 = 1{,}2\%$;
$W_{кр} = 4\%$;
$\mathcal{E} = m = 0{,}65$;
$D = 0{,}7 мм$;
$Z = 40$;
$V_1 = 2{,}4 м/с$;
$V_в = 0{,}21 м/с$;
$t_в = 85°C$;
$t_{нач} = 80°C$;

Иссиклик элткич температура напорини аниклаш:

$$\Delta T = t_1 - t_2 = 450 - 100 = 350°C$$

Курилма кўндаланг кесимига намлик бўйича кучланишни хисоблаймиз:

$$A_F = 0.49\Delta T + 200 = 0.49 \cdot 350 + 200 = 371 кг/(м^3 \cdot с)$$

Тайёр махсулот унумдорлиги бўйича курилмада буғлатилган намликнинг умумий миқдорини аниклаймиз:

$$Q_0 = G_{кр} \frac{W_1 - W_2}{100 - W_1} = 30 \cdot \frac{24 - 1.2}{100 - 24} = 9 т/с$$

Курилма диаметрини топамиз:

$$D = \sqrt{\frac{Q_0}{0{,}785 A_F}} = \sqrt{\frac{9 \cdot 10^3}{0{,}785 \cdot 371}} = 5{,}5 м$$

Модификациялашган Фруд критерийси кийматини $Fr_{опт}$=0,022 деб кабул килиб курилма айланиш частотасини хисоблаймиз:

$$n = \frac{60}{\pi} \sqrt{Fr_{опт} \frac{g}{D}} = \frac{60}{3{,}14} \sqrt{\frac{0.022 \cdot 9{,}8}{5{,}5}} = 3{,}8 айл/мин$$

Пульпани пуркаш фавораси узунлигини топамиз:

$$\frac{L_ф}{D} = 0{,}44 \left(\frac{P}{P_0}\right)^{0.9} \left(\frac{V_т}{V_в}\right)^{0.29} \left(\frac{G_ж}{G_н}\right)^{-0.1}$$

$$\frac{L_ф}{D} = 0{,}44 \cdot \left(\frac{2}{1}\right)^{0.9} \cdot \left(\frac{2{,}4}{0{,}21}\right)^{0.29} \cdot \left(\frac{66{,}7}{31{,}7}\right)^{-0.1}$$

$$\frac{L_ф}{D} = 0{,}44 \cdot 1{,}86 \cdot 2{,}02 \cdot 0{,}93 = 1{,}54$$

$$L_ф = 1{,}54 \cdot D = 1{,}54 \cdot 5{,}5 = 8{,}47 м$$

Пульпани пуркаш зонасининг узунлигини $L_р$=1 м деб кабул килиб кукун учиш зонасининг узунлигини аниклаймиз:

$$L_з = L_ф - L_р = 8,47 - 1 = 7,47\ м$$

Қисман куритиш зонасида намликнинг камайиши:

$$W_c = G_{кр}\frac{W_{кр} - W_2}{100 - W_{кр}} = 30\frac{4 - 1,2}{100 - 4} = 0,875\ m/c$$

Қисман куритиш зонасида иссикликнинг сарфи:

$$Q_c = W_c(595 + 0.47t_2 - t_н)$$

$$Q_c = 0,875 \cdot 10^3(595 + 0,47 \cdot 100 - 85) = 487,375 \cdot 10^3\ ккал/c$$

$$Q_c = 567 \cdot 10^3\ Вт$$

Қисман куритиш зонасининг узунлиги бўйича ўртача температура напори ушбу тенгламадан топилади:

$$\Delta t_д = \frac{(t_2' - t_н) - (t_2 - t_м)}{2.3\lg\frac{t_2' - t_н}{t_2 - t_м}}$$

$$\Delta t_д = \frac{(120 - 85) - (100 - 80)}{2,3\lg\left(\frac{120 - 85}{100 - 80}\right)} = 26,8°C$$

Қисман куритиш зонасида ҳажмий иссиклик бериш коэффициенти ушбу формуладан ҳисоблаб топилади:

$$\alpha_v = 1130a\lambda_м nB(1 - m)\sqrt{\frac{(V_м^2 + V_т^2)D}{\nu}} \cdot \sqrt{\frac{1}{\delta_э^3}}$$

$$\alpha_v = 1130 \cdot 0,007 \cdot 35 \cdot 10^3 \cdot 3,8 \cdot 0,27(1 - 0,65) \cdot \sqrt{\frac{(2,4^2 + 7,77^2) \cdot 5,5}{23 \cdot 10^{-6}}} \cdot \frac{1}{\sqrt{(1 \cdot 10^{-3})^3}}$$

$$\alpha_v = 97,5\ Вт/(м^2 \cdot К)$$

Куракчадан заррачанинг ўртача тушиш баландлиги:

$$H_{кр} = 0,56D = 0,56 \cdot 5,5 = 3,08\ м$$

Куракчадан заррачанинг тушиш тезлиги:

$$V_т = \sqrt{2gH_{кр}} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 3,08} = 7,77\ м/c$$

Куракчаларнинг маҳсулот катламидан чикишда куракчадаги материал эгаллаб турган барабан кўндаланг кесимидагн юзаси:

$$F_з'' = \frac{\varepsilon \cdot F}{Z} = \frac{0{,}45 \cdot 24}{40} = 0{,}27\ м^2$$

$$\varepsilon = 0{,}45$$

$$F = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3{,}14 \cdot 5{,}5^2}{4} = 24\ м^2$$

Заррачаларнинг қурилма ишчи қуракчаларидан тушиш жараёнида иссиклик бериш инобатга олувчи коэффициентни хисоблаймиз:

$$\alpha = \frac{1}{1 + 0{,}31 \cdot \left(100 F_з'' + 0{,}55 \cdot \left(100 F_з''\right)^2\right)}$$

$$\alpha = \frac{1}{1 + 0{,}31 \cdot \left(100 \cdot 0{,}27 + 0{,}55 \cdot \left(100 \cdot 0{,}27\right)^2\right)} = \frac{1}{133{,}7} = 0{,}007$$

$$B = \frac{F_з''}{D^2} \cdot Z \cdot \sqrt{\frac{H_{ар}}{D}}$$

$$B = \frac{0{,}27}{5{,}5^2} \cdot 40 \cdot \sqrt{\frac{3{,}08}{5{,}5}} = 0{,}009 \cdot 40 \cdot 0{,}75 = 0{,}27$$

Қисман куритиш зонасининг хажми:

$$V_c = \frac{Q_c}{\alpha_v \cdot \Delta t_л} = \frac{567 \cdot 10^3}{97{,}5 \cdot 26{,}8} = 217\ м$$

Унда, кисман куритиш зонасининг узунлиги:

$$L_c = \frac{V_c}{F_б} = \frac{V_c}{0.785 D^2} = \frac{217}{0{,}785 \cdot 5{,}5^2} = 9{,}14\ м$$

Курилманинг умумий узунлиги:

$$L_{умум} = L_р + L_з + L_c = 1 + 7{,}47 + 9{,}14 = 17{,}61\ м$$

Курилма узунлигини $L_{р.м}$=18 м деб кабул киламиз.
Куритишга кетадиган иссиклик элткичнинг тўлик сарфи:

$$Q_т = \upsilon_т \cdot F_б = 2{,}4 \cdot 0{,}785 \cdot 5{,}5^2 = 57\ м^3/с$$

8-боб. Грануллаш ва пресслаш бўйича
Мустақил тайёрланиш ва қайтариш учун саволлар

1. Пресслаш нима?
2. Босим остида сувсизлантириш оркали нимага эришилади?
3. Брикетлаш кандай жараён?
4. Шакллантириш нима?
5. Гидравлик пресс тузилиши, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
6. Қия шнекли пресс конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
7. Вертикал шнекли пресс конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
8. Ротацион пресс конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
9. Икки шнекли шакллантириш прессининг конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
10. Бир шнекли экструдер конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
11. Грануллаш кандай жараён?
12. Грануллаш жараёни кандай боскичлардан таркиб топган?
13. Қаттик материалларни юмалатиб грануллаш жараёнининг физик асослари.
14. Тарелкали гранулятор конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
15. Мавҳум кайнаш катламли гранулятор конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
16. Барабанли гранулятор конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
17. Турбопарракли тезкор гранулятор конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
18. Грануллашга мойилликни баҳолаш коэффициентларини ёзинг.
19. Грануляторларни ҳисоблаш кетма-кетлиги.

9 - боб. КИМЁВИЙ ЖАРАЁНЛАР

9.1. Умумий тушунчалар

Кимёвий айланишларни ўтказиш учун мўлжалланган курилмалар ***реакторлар*** деб аталади. Кимёвий технологиянинг жараён ва курилмалари орасида кимёвий реакторлар ва уларда кечадиган жараёнлар алохида ўрин тутади. Ушбу жараёнлар кимё саноатининг асосидир.

Кимёвий айлантиришлар куйидаги хоссалари билан характерланади:

а) гидродинамик, иссиклик ва масса алмашиниш ходисалари хамда кимёвий кинетика конунлари кимёвий жараёнлар кечиш конуниятларини белгилайди;

б) кимёвий-технология жараёнларининг кечишига катта таъсир этувчи омиллар кимёвий жараёнлар учун мухим ахамиятга эга; реакцияларни бир вактда параллел ва кетма-кет кечишида температура ва аралаштириш каби омиллар махсулот сифатига салмокли таъсир этади;

в) умуман олганда, жараён тезлиги энг секин ўтадиган боскич билан белгиланганлиги сабабли, кимёвий жараёнлар диффузион, кинетик ва оралик соҳаларда кечиши мумкин.

Агар жараён тезлиги масса алмашиниш (диффузия) тезлиги билан белгиланса, жараён ***диффузион*** соҳада ўтади. Агар жараён тезлиги фақат кимёвий айланишлар тезлиги билан белгиланса, жараён ***кинетик*** соҳада боради. Агар кимёвий реакция ва диффузия тезликлари тахминан бир хил бўлса, жараён ***оралиқ*** соҳада кечади. Лекин саноат курилмаларида кимёвий жараёнларнинг тезлиги фақат иссикликни ўтказиш ёки ажратиб олиш тезликлари билан хам белгиланиши мумкин.

Кўпинча реакторлар сифатида махсус, ўта мураккаб конструкцияли курилмалар кўлланилади.

9.2. Кимёвий айланишлар давридаги мувозанат

Одатда, янги реакторлар яратиш учун лойихачига реакция йўналиши ва охирги концентрациялар берилган бўлади. Шунга карамасдан, лойихачи кимёвий мувозанат назариясининг (физик-кимё фанининг кимёвий термодинамика конуниятлари) асосий холатларини билиши зарур.

Массалар таъсир конуни. Маълумки, кимёвий реакциялар кайтар бўлиши мумкин, яъни бошланғич моддалар ўзаро кимёвий таъсири (тўғри реакция) билан бирга, реакция махсулотларининг ўзаро кимёвий таъсирида бошланғич моддалар хосил бўлиши (тескари реакция) мумкин. Тўғри реакция ўтиб бориши билан унинг тезлиги камайса, шу даврда махсулот ортиши билан тескари реакция тезлиги ўсади. Тўғри ва тескари реакция тезликлари тенглашиши билан кимёвий мувозанат холати бошланади. Ташки шароитлар бузилмасдан турганда мувозанат аралашмадаги моддалар таркиби ва концентрацияси ўзгармас бўлади. Ташки шароитларнинг чексиз кичик ўзгариши, мувозанат холатини чексиз ўзгаришга олиб келади. Демак, кимёвий реакциялар термодинамик мувозанат холатида бориши ва уларга термодинамик мувозанатнинг умумий шартларини кўллаш мумкин.

Кимёвий реакцияда катнашаётган моддаларнинг парциал босимлари ёки мувозанат концентрациялари ўртасидаги боғликлик массалар таъсир конуни билан ифодаланади. Мувозанат холатидаги гомоген газли кимёвий реакция учун:

$$aA + bB \rightleftarrows cC + dD \qquad (9.1)$$

агар реакция компонентлари – идеал газлар бўлса, куйидаги тенглама тўғри келади:

$$\frac{p_C^c \cdot p_D^d}{p_A^a \cdot p_B^b} = K_p \qquad (9.2)$$

бу ерда, a,b,c,d – A,B,C,D моддаларнинг стехиометрик коэффициентлари, p_i – тегишли стехиометрик коэффициентлар даражасидаги A, B, C, D компонентларнинг парциал босимлари

Ўзгармас K_p нинг киймати *мувозанат константаси* деб аталади. Ушбу константа фақат температурага боғлик ва бошланғич аралашма компонентларнинг парциал босими ва босимлар йиғиндисига боғлик эмас. (9.2) тенглама массалар таъсир конунининг ифодаси бўлиб, унинг миқдорий ифодаси ва келтириб чикарилиши 1867 йили Гульдберг ва Вааглар томонидан таклиф этилган.

Ҳакикий газлар учун компонентлар парциал босимларини ҳар бир i - компонентнинг учувчанлиги f_i билан алмаштириш керак. Бунда, мувозанат константаси K_f ҳам компонентларнинг учувчанлиги оркали ифодаланади.

Мувозанат константаси концентрациялар ёрдамида ҳам ифодаланиши мумкин:

$$\frac{[C]^c\,[D]^d}{[A]^a\,[B]^b} = K_c \qquad (9.3)$$

Идеал бўлмаган эритмалар учун мувозанат константаси K_a компонент a нинг фаоллиги оркали ҳам ифодаланиши мумкин.

Суюлтирилган эритмалар учун $a_i=c_i$ ва $K_c=K_a$.

Парциал босим ва моль улушлар (K_N) оркали ифодаланган мувозанат константалари ўзаро куйидагича боғланган:

$$K_p = K_c(RT)^{\Delta n} = K_N P^{\Delta n} \qquad (9.4)$$

бу ерда, Δn – реакция газсимон катнашчисининг моль сони ўзгариши. P – системадаги умумий босим. R – газ доимийси. T – температура. K

Агар реакция газсимон модданинг моль улуши ўзгаришсиз ўтса, яъни $\Delta n=0$ бўлса, унда $K_P=K_C=K_N$ бўлади.

Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, умумий ҳолда K_N миқдорий жиҳатдан K_P дан фарк килади ва температура ҳамда системадаги босимга боғликдир.

Мувозанат константасининг сон киймати реакциянинг йўналиши ва кайси миқдорлари учун стехиометрик тенглама ёзилганига боғлик. Агар (9.1) реакция тенгламасини тескари йўналиш учун ёзсак, яъни:

$$cC + dD \rightleftarrows aA + bB \qquad (9.5)$$

унда, мувозанат константаси куйидагига тенг бўлади:

$$K_p' = \frac{1}{K_p} \qquad (9.6)$$

Агар (9.1) тенгламадаги стехиометрик коэффициентларни 2 баробар камайтирсак, унда куйидаги ифодага эришамиз:

$$0{,}5aA + 0{,}5bB \rightleftarrows 0{,}5cC + 0.5dD \qquad (9.7)$$

унда, мувозанат константаси K_p'' куйидагича кўринишни олади:

$$K_p'' = K_p^{0.5} \qquad (9.8)$$

Агар мувозанат системасига, масалан (9.7)га кўшимча маълум миқдорда A компонент киритилса, у B модда билан реакцияга киришиб, кўшимча миқдорда C ва D моддалар ҳосил килади. Натижада мувозанат ҳолатига эришилади ва C, D моддаларнинг парциал босимлари бошланғич ҳолатдагидан анча кўпаяди. Модда B нинг босими камаяди, A ники эса ортади. Мувозанат ҳолатига эришилгандан сўнг, реакцияда катнашаётган ҳамма моддалар парциал босимларининг нисбати мувозанат константаси K_P нинг сон кийматига яна тўғри келади.

Гетероген реакциялар учун мувозанат константалари газсимон компонентлар парциал босими ёки ҳакикий газлар учун газсимон компонент учувчанлиги оркали ифодаланади. Эримайдиган ва учувчан бўлмаган фазалар конденсатлари мувозанатга таъсир этмайди.

Ҳар бир каттик фаза газсимон фаза таркибига кирадиган тўйинган буг ҳосил килади деб тахмин килиш мумкин. Масалан, ушбу реакцияни кўриб чикамиз:

$$CaCo_{3(к)} \rightleftarrows CaO_{(к)} + CO_{2(газ)}$$

Ушбу ҳолатда 2 та каттик ва 1 та газсимон фазалар мавжуд. Системадаги моддалар парциал босимлари p_{CaCO_3}, p_{CaO}, p_{CO_2}. Унда, массалар таъсир конунига биноан:

$$\frac{p_{CaO}\,p_{CO_2}}{p_{CaCO_3}} = const \qquad (9.9)$$

Ўзгармас температурада каттик фаза иштирок этган системада модданинг тўйинган буғ босими ўзгармас, ва p_{CaO}/p_{CaCO_3} нисбати ўзгармас катталикдир.

Шундай килиб, юкорида кайд этилганларни куйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$p_{CO_2}\left(\frac{p_{CaCO_3}}{p_{CaO}}\right) = const = K_P$$

ушбу реакцияда мувозанат константаси карбонат ангидрид газининг босимига тенг.

Жараённи амалга ошириш имконияти изобар-изотермик *(ΔG)* ёки изохор-изотермик *(ΔF)* потенциаллар катталиклари билан белгиланади. Стандарт шароитда улар мувозанат константаси билан белгиланади. Стандарт шароитда куйидаги боғликликда бўлади:

$$\Delta G^0 = -RT\ln K_P$$
$$\Delta F^0 = -RT\ln K_C \qquad (9.10)$$

Агар $\Delta G^0 < 0$ бўлса, стандарт шароитда реакция боради; агар $\Delta G^0 > 0$ бўлса, реакция бормайди. Худди шундай, агар $\Delta F^0 < 0$ бўлса, реакция тўғри, $\Delta F^0 > 0$ бўлса - тескари йўналишда боради.

Ностандарт шароитда жараён йўналишини аниклаш учун ***кимёвий реакция изотермалари*** тенгламасидан фойдаланиш мумкин:

$$\Delta G^0 = RT\ln\frac{p_C^c \cdot p_D^d}{p_A^a \cdot p_B^b} - RT\ln K_P \qquad (9.11)$$

$$\Delta F^0 = RT\ln\frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b} - RT\ln K_C \qquad (9.12)$$

(9.11) тенгламанинг ўнг кисмидаги биринчи ҳади бошлангич система компонентларининг парциал босимини ифодалайди; (9.12) тенгламанинг ўнг томонидан биринчи ҳади эса бошлангич аралашмадаги компонентлар концентрациясини кўрсатади. $\Delta G^0 < 0$ ва $\Delta F^0 > 0$ бўлганда, реакция тўғри, $\Delta G^0 > 0$ ва $\Delta F^0 > 0$ бўлганда эса - тескари йўналишда боради.

Жараённи амалга ошириш имкониятлари ва реакция тўлик боришига таъсир этувчи омиллар. Термодинамик ҳисобларга $(\Delta G^0 < 0)$ карамасдан реакция бормаса, демак, уни секинлаштирувчи кандайдир омиллар бор. Бундай ҳолларда ушбу омилни енгиш, яъни реакция тезлигини ошириш зарур.

Жараён термодинамикаси ва кинетикасига реагентлар температураси, босими ва концентрацияси каби омиллар таъсир этади. Факат реакция тезлигига таъсир этувчи омил, бу катализаторлар бўлиб, лекин улар мувозанат константаси кийматини ўзгартирмайди.

Кимёвий мувозанатнинг температурага микдорий боғликлигини ***Вант-Гоффнинг изобар*** тенгламасидан топиш мумкин:

$$\frac{d\ln K_P}{dT} = \frac{\Delta H}{RT^2} \qquad (9.13)$$

бу ерда, H – энталпия ўзгариши ёки ўзгармас босимдаги реакциянинг иссиклик эффекти.

(9.13) тенгламани кичик температуралар оралигида интегралласак, ушбу кўринишга эришамиз:

$$\ln\frac{K_{PT2}}{K_{PT1}} = \frac{\Delta H}{R}\cdot\frac{T_2 - T_1}{T_2 \cdot T_1} \qquad (9.14)$$

Худди шундай килиб, Вант-Гоффнинг изохор тенгламасини келтириб чикариш мумкин:

$$\ln\frac{K_{CT2}}{K_{CT1}} = \frac{\Delta U}{R}\cdot\frac{T_2 - T_1}{T_2 \cdot T_1} \qquad (9.15)$$

бу ерда, ΔU – система ички энергиясининг ўзгариши еки ўзгармас хажмдаги реакциянинг иссиклик эффекти.

Температура ўсиши билан K_p ортиши ёки камайиши мумкин, лекин жараён тезлиги кўпчилик холларда ортади.

Босим ўсиши билан концентрация ортади. Шунинг учун, кўпинча реакция тезлиги ортади. Агар жараён ҳажм ўсиши билан кечаётган бўлса, унда умумий натижа кандай бўлиши номаълум. Бундай холларда кандайдир бир оптимал кийматни кабул килиш керак.

Мувозанат ўзгаришини ҳисоблаш учун мувозанат константаси ва бошланғич моддалар моль сони маълум бўлиши керак. Сўнг, мувозанатдаги ҳар бир модда микдорини моль микдори оркали ифодалаб оламиз. Масалан,

$$0{,}5\,N_2 + 0{,}5\,O_2 \rightleftarrows NO$$

Реакция учун 2500К да K_p=0,0455. Агар бошланғич аралашмада 21% кислород ва 79% азот бўлса, мувозанат аралашмадаги NO концентрацияси (моль%) аниклансин.

Стехиометрик тенгламага биноан мувозанат аралашма таркибидаги азот концентрациясини $(79-x)$, кислород концентрациясини - $(21-x)$ ва NO концентрациясини $2x$ га тенг деб кабул киламиз. Мувозанат аралашма таркибини массалар таъсир конунига биноан куйидагича ифодалаш мумкин:

$$K_p = 0{,}0455 = \frac{[NO]}{[N_2]^{0.5}\cdot[O_2]^{0.5}} = \frac{2x}{(79-x)^{0.5}\cdot(21-x)^{0.5}}$$

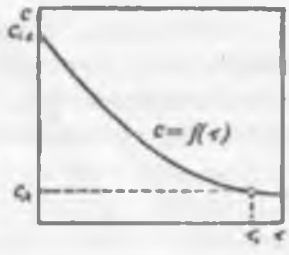
Ушбу тенгламани x га нисбатан ечсак, унинг кийматини топамиз. Мувозанат аралашмада NO нинг микдори $2x$ га тенг, яъни 1,8%

9.3. Кимёвий жараёнлар кинетикаси

Ҳар доим ҳам кимёвий жараёнларнинг ўтиш тезлиги кимёвий айланишлар тезлиги билан белгиланмайди. Айрим холларда жараён тезлиги иссикликни узатиш ва ажратиб олиш тезлиги ёки массанинг бир фазадан иккинчисига таркалиш тезлиги билан аникланади. Бундай ҳолатларда реакторлар иссиклик ёки масса алмашиниш конунлари билан топиладиган ўлчамларга эга бўлиши керак. Куйида, кимёвий айланишларнинг кинетик конуниятларини кўриб чикамиз.

Кимёвий реакциялар тезлиги. Кимёвий кинетиканинг асосий конуни (постулати)га биноан, ўзгармас температурада гомоген реакция тезлигини ушбу формуладан топиш мумкин:

$$w = Kc_A^{V_A}\cdot c_B^{V_B} \qquad (9.16)$$



9.1-расм. Реакцияга киришаётган моддалар концентрацияси c нинг вакт τ га богликлиги.

Оддий ҳолатларда V_A ва V_B даража кийматлари стехиометрик коэффициентларга тенг.

Ўзгармас температурадаги ҳар бир реакция учун пропорционаллик коэффициенти K ўзгармас катталикдир. Ушбу пропорционаллик коэффициент *реакциянинг тезлик константаси* деб номланади. Унинг катталиги реакцияга киришаётган моддалар концентрациялари бирга тенг бўлган реакция тезлигига тенг. Реакция даражаси ва унинг молекулярлиги деган иккита тушунчани фарклаш керак, чунки улар бир хил эмас.

Реакция даражаси (9.16) кинетик тенглама концентрацияларидаги даража кўрсаткичларининг йиғиндиси билан аникланади. Кимёвий кинетика бўйича реакция даражаларини аниклаш усуллари махсус адабиётларда келтирилган.

Оддий реакция молекулярлилиги – бу кимёвий ўзаро таъсирда катнашаётган бошланғич модда молекулаларининг сони. Реакциялар мономолекуляр, бимолекуляр ва хоказо бўлади. Бир вактда 3 тадан ортик молекулаларнинг тўкнашиш эхтимоли жуда кам. Шунинг учун, кўпинча паст молекулярли реакциялар бўлади.

Модданинг реакция махсулотига айланиш жараёнини кўриб чикамиз (9.1-расм).

Кўриниб турибдики, *0* дан τ_{ux} ораликда концентрация c_{A6} дан c_A гача камаяди:

$$\frac{c_{A6}-c_A}{c_{A6}} = 1-\frac{c_A}{c_{A6}} = x \qquad (9.17)$$

Ушбу нисбат ***айланиш даражаси*** деб номланади. (9.17) нисбатдан куйидаги кўринишдаги тенгликни оламиз:

$$c_A = c_{A6}(1-x) \quad \text{ва} \quad dc_A = -c_{A6}dx \qquad (9.18)$$

Камаювчи модда бўйича реакция тезлиги куйидагига тенг:

$$w = -\frac{dc_A}{d\tau} = Kc_A \qquad (9.19)$$

Юкорида кайд этилганларни хисобга олсак:

$$-\frac{dc_A}{d\tau} = c_{A6}K(1-x) \qquad (9.20)$$

ёки

$$\frac{dx}{d\tau} = K(1-x) \qquad (9.21)$$

Физик маъносига кўра, *(1-x)n* катталик ушбу дакикада жараённи харакатга келтирувчи кучи. Турли даражали реакциялар учун кинетик тенгламалар куйидаги дифференциал шаклда ёзиш мумкин:

ноль ва биринчи даражали реакциялар учун:

$$\frac{dx}{d\tau} = K_0; \qquad \frac{dx}{d\tau} = K_1(1-x) \qquad (9.22)$$

иккинчи ва *n* - даражали реакциялар учун:

$$\frac{dx}{d\tau} = K_2(1-x)^2; \qquad \frac{dx}{d\tau} = K_n(1-x)^n \qquad (9.23)$$

Узлуксиз жараёнларни харакатга келтирувчи куч. Проф. А.Н. Плановский томонидан яратилган узлуксиз жараёнлар назариясига биноан, реакцион курилмалар 3 га бўлинади: идеал (тўлик) сикиб чикарувчи; идеал (тўлик) аралашиш; иккила тип оралиғидаги реакторлар.

Идеал сикиб чикарувчи реакторларда вакт ўтиши билан харакатга келтирувчи куч Δc аста-секин камаяди. Агар Δc камайса, жараён тезлиги хам камаяди. Бундай холларда харакатга келтирувчи куч ўртача логарифмик катталик сифатида топилади.

Идеал аралашиш ёки оралик типидаги узлуксиз ишлайдиган реакторнинг харакатга келтирувчи кучининг идеал сикиб чикарувчи курилманинг харакатга келтирувчи кучига нисбати идеал сикиб чикариш курилмасидаги жараён давомийлиги $\tau_{ид.с}$ нинг идеал аралашиш $\tau_{ар}$ ёки оралик типидаги реактордаги жараён давомийлиги $\tau_{ар}$ нисбатига тенг катталикка реакторнинг ***концентрацион фойдали иш коэффициенти*** η_c деб номланади.

Агар

$$\eta_c = \frac{\tau_{ид.с}}{\tau_{ар}} \quad \text{ва} \quad \eta_c = \frac{\tau_{ид.с}}{\tau_{ар}} \qquad (9.24)$$

Идеал сикиб чикариш ва аралашиш курилмаларидаги кайтмас кимёвий реакциялар тезликларини таккослаймиз. Ноль даражали реакция курилмалари учун

$$\tau_{ид.с} = \frac{x}{K_0} \quad \text{ва} \quad \tau_{ар} = \frac{x}{K_0} \tag{9.25}$$

Демак, $\eta_c = 1$, яъни ноль даражали реакциянинг тезлиги аралаштиришга боғлик эмас.

Биринчи даражали реакция учун

$$\tau_{ид.с} = \frac{1}{K_1} \ln \frac{1}{1-x} \tag{9.26}$$

Идеал аралаштириш курилмасида жараён ўзгармас ва охирги айланиш даражасида боради.

Унда

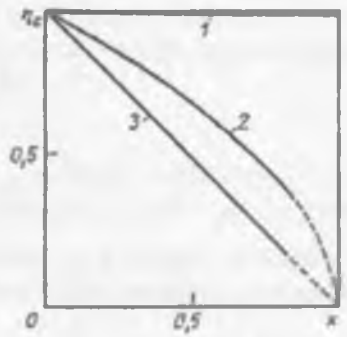
$$\frac{dx}{d\tau} = \frac{x}{\tau_{ар}} = K_1(1-x) \tag{9.27}$$

ёки

$$\tau_{ар} = \frac{x}{K_1(1-x)} \tag{9.28}$$

Бундан

$$\eta_c = \frac{1-x}{x} \cdot \ln \frac{1}{1-x} \tag{9.29}$$



9.2-расм. Идеал аралаштириш курилма ф.и.к. η_c нинг реакциялар айланиш даражасига боғлиқлиги:
1-ноль даражали; 2-биринчи даражали; 3-иккинчи даражали.

Худди шундай, иккинчи даражали реакция учун

$$\eta_c = 1 - x \tag{9.30}$$

9.2-расмда идеал аралаштириш курилмаси фойдали иш коэффициентининг айланиши ва реакция даражаларига боғликлиги кўрсатилган. Расмдан кўриниб турибдики, айланиш ва реакция даражаси ортиши билан курилма фойдали иш коэффициенти камаяди. Яъни айланиш ва реакция даражалари канчалик катта бўлса, кимёвий айланиш тезлигига аралаштириш шунчалик салбий таъсир кўрсатади.

Шундай килиб, агар реакция тезлик коэффициенти K нинг ўзгармас катталигида, идеал аралаштириш курилмасининг айланиш тезлиги идеал сикиб чикариш курилмасиникидан кичик бўлади; бир хил айланиш даражасига эришиш учун сикиб чикариш курилманикига караганда, идеал аралашиш курилмасида кўпрок вакт бўлиши зарур.

Иккиламчи махсулотлар хосил бўлишига η_c нинг таъсири. Маълумки, реакторларда асосий реакция билан бирга кўшимча реакциялар (параллел ва кетма-кет) боради. Идеал аралашиш курилмасида фойдали иш коэффициентининг асосий ва иккиламчи махсулотлар нисбатига таъсирини кўриб чикамиз. Идеал сикиб чикариш курилмасида махсулот A дан махсулот X хосил бўлиш тезлиги (9.31), махсулот X дан махсулот Y хосил бўлиш тезлиги эса (9.32) тенгламадан аникланади:

$$\frac{dx}{d\tau} = K_x(a-x) \tag{9.31}$$

$$\frac{dy}{d\tau} = K_y(x-y) \tag{9.32}$$

бу ерда, a – бошлангич модда A нинг миқдори; x – хосил бўлган махсулот X нинг миқдори, y – Y махсулотга айланган X модда миқдори.

(9.31) ва (9.32) тенгламаларни солиштириб, ушбу кўринишга эришамиз:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{K_y}{K_x} \cdot \frac{x-y}{a-x} \tag{9.33}$$

Тезлик коэффициентлар нисбатини $K_y/K_x=B$ деб белгилаб, (9.33) тенгламани ечсак:

$$y_{ox} = x_{ox} - \frac{(a-x_{ox})^B - (a-x_{ox})}{1-B} \tag{9.34}$$

бу ерда, y_{ox} ва $x_{ox} - y$ ва x параметрларнинг охирги кийматлари.

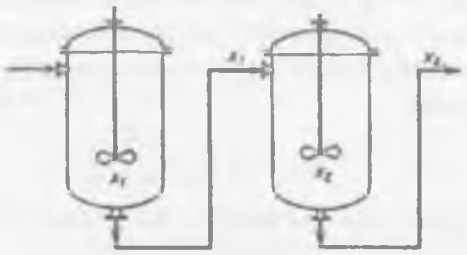
Идеал аралашиш курилмалари учун:

$$\frac{x}{\tau_{ur}} = K_x(a-x); \qquad \frac{y}{\tau_{ur}} = K_y(x-y)$$

ёки

$$\frac{y}{x} = B\frac{x-y}{a-x}; \qquad y_{ox} = \frac{Bx_{ox}^2}{(a-x_{ox})-Bx_{ox}} \tag{9.35}$$

Идеал аралашиш курилмасида y_{ox} киймати юкори бўлади. Демак, фойдали иш коэффициентнинг камайиши жараён давомийлиги τ нинг ортишига ва махсулот сифатининг ёмонлашишига (иккиламчи махсулот ўсишига) олиб келади.

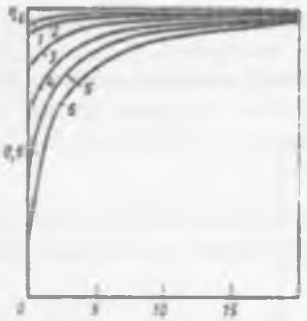


9.3-расм. Иккита кетма-кет уланган идеал аралашиш курилмасидан иборат агрегат схемаси.

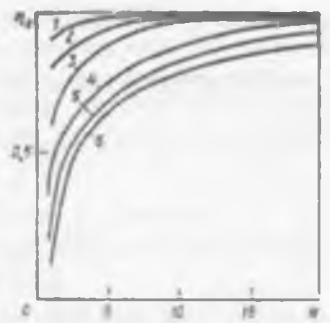
Курилмаларни секциялаш – фойдали иш коэффициентни оширишнинг асосий усули. Қандайдир кимёвий жараённи ўтказиш учун идеал аралашиш иккита курилмаси кетма-кет уланган деб, фараз килайлик (9.3-расм).

Биринчи курилмада айланиш даражаси x_1, иккинчисида эса – x_2. Реакцияда катнашаётган моддаларнинг умумий вакти $\tau = \tau_1 + \tau_2$ (бу ерда τ_1 ва τ_2 – биринчи ва иккинчи курилмаларда модданинг бўлиш вакти). Шундай килиб, биринчи даражали реакция учун:

$$\tau = \frac{x_1}{K\cdot(1-x_2)} + \frac{x_2-x_1}{K\cdot(1-x_2)} \tag{9.36}$$



9.4-расм. Секциялар сони N ва айланиш даражаси x ларнинг реактор ф.и.к. η_r га таъсири (1-даражали реакция учун).
1 - x=0,1; 2 - x=0,2; 3 - x=0,3; 4 - x=0,4; 5 - x=0,5; 6 - x=0,6.



9.5-расм. Секциялар сони N ва айланиш даражаси x нинг 2-даражали реакциянинг ф.и.к. η_r га таъсири.
1- x=0,1; 2- x=0,2; 3- x=0,3; 4- x=0,4; 5- x=0,5; 6- x=0,6

Кўриниб турибдики, τ юкламанинг таксимланиш функцияси. x_2 ни ўзгармас деб, τ нинг минимал кийматини (9.36) тенгламани дифференциаллаб топамиз:

$$\frac{dx}{d\tau} = \frac{1}{K(1-x_2)^2} - \frac{1}{K(1-x_2)} = 0 \qquad (9.37)$$

бундан

$$K \cdot (1-x_1)^2 = K(1-x_2); \qquad x_1 = x_2 - x_1 + x_1^2 \qquad (9.38)$$

Тегишли ўзгартиришлардан сўнг қуйидаги кўринишни оламиз:

$$\frac{x_1}{1-x_2} = \frac{x_2 - x_1}{1-x_2} \qquad (9.39)$$

Бундан, $\tau_1 = \tau_2$ ёки $V_{a1} = V_{a2}$ эканлиги келиб чикади. Шундай килиб, курилмалар ҳажмлари тенглиги оптимал нисбатдир.

9.4 ва 9.5 - расмларда курилма фойдали иш коэффициентига секциялар сони ва айланиш даражасининг таъсирлари кўрсатилган.

Расмлардан кўриниб турибдики, реакторнинг фойдали иш коэффициенти секциялар сони N ва айланиш даражаси x га боғлик. Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, реакциянинг даражаси канчалик катта бўлса, унинг курилма фойдали иш коэффициентига таъсири ҳам кескин равишда ортади. Агар $N=\infty$ бўлса, система идеал сикиб чикариш курилмасига мос келади. N=8...10 бўлганда, реактор идеал сикиб чикариш режимида ишлайди.

Кўп секцияли реакторларнинг фойдали иш коэффициентини қуйидаги эмпирик формуладан топиш мумкин:

$$\eta_{CN} = 30\frac{mN}{30 + (m-1)N} \qquad (9.40)$$

Ушбу формуладаги m қуйидаги тенгламадан топилади:

$$m = \frac{30\eta_{C1}}{1-\eta_{C1}}$$

бу ерда, η_{C1} – бир секцияли курилма фойдали иш коэффициенти

Реакция тезлиги коэффициентига температура таъсири. Ушбу таъсир Аррениус қонунига бўйсунади ва қуйидагича ифодаланади:

$$K = z_0 \exp\left(-\frac{E}{RT}\right) \qquad (9.41)$$

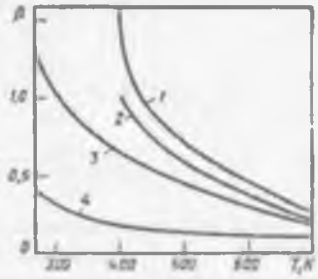
бу ерда, z_0 – ўзгармас, пропорционаллик константаси (молекулаларнинг ўзаро тўқнашув омили), E – реакцияга киришаётган моддаларнинг фоллланиш энергияси, R – газ доимийси.

Ушбу тенгламадан қуйидаги кўринишни олиш мумкин:

$$\ln\frac{K_2}{K_1} = \frac{E}{R}\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right) \qquad (9.42)$$

бу ерда, K_1 ва K_2 – абсолют температуралар T_1 ва T_2 га тегишли тезлик коэффициентлари

$K_{m+10}/K_m = \beta$ нисбат реакция тезлигининг **температуравий коэффициенти** деб номланади.



9.6-расм. Реакция тезлиги температуравий коэффициенти β нинг температура T ва фаоллашиш энергияси E га таъсири.

9.6-расмда фаоллашиш энергияси ва температуранинг коэффициент β га таъсири кўрсатилган. Расмдан кўриниб турибдики, фаоллашиш энергияси ортиши ва температура камайиши билан β нинг миқдори ортади. Агар $\beta = 2...4$ бўлса, жараён кинетик зонада, $\beta = 1,2...1,5$ да эса диффузион зонада боради.

9.4. Кимёвий жараёнлар моддий ва иссиклик балансlари

Моддий баланс. Қайта ишланаётган ва ҳосил килинаётган материаллар миқдорини аниклаш учун кимёвий жараённинг моддий баланси тузилади. Юкорида кайд этилган миқдорларни билиш реакторнинг асосий ўлчамларини аниклаш, иссиклик балансини тузиш ва ҳисоблашларни ўтказиш учун зарур.

Олинаётган моддалар миқдори вактга (кг/сутка, кг/соат, кг/с) ёки ишлаб чикилаётган маҳсулот массасига нисбатан аникланиши мумкин.

Моддий баланс тузиш учун (9.1) стехиометрик тенглама асос бўла олади. Агар реакция чапдан ўнгга кайтмас кечаётган бўлса, унда жараён охирида A модда тўлик сарфланади, яъни $G_A=0$.

Унда, модда B нинг сарфи куйидагига тенг бўлади:

$$G_B = G_A\left(\frac{b \cdot M_B}{a \cdot M_A}\right) \qquad (9.43)$$

Ҳосил бўлаётган C ва D моддалар учун эса:

$$G_C = G_A\left(\frac{c \cdot M_C}{a \cdot M_A}\right); \qquad G_D = G_A\left(\frac{d \cdot M_D}{a \cdot M_A}\right) \qquad (9.44)$$

бу ерда, M_A, M_B, M_C, M_D – ўзаро таъсирдаги моддалар массалари, G – асосий, бошлангич махсулот (масалан, A) миқдори

Моддий балансnинг ҳисоблаш натижалари, одатда, ушбу кўринишда келтирилиши мумкин (9-1 жадвал):

9.1-жадвал

Моддалар	Миқдорлар
A B	G_A $G_A(bM_B/aM_A)$
Киритган моддалар жами:	$G_A + G_A(bM_B/aM_A)$
C D	$G_A(cM_C/aM_A)$ $G_A(dM_D/aM_A)$
Ҳосил бўлаётган махсулотлар жами:	$G_A(cM_C/aM_A) +$ $G_A(dM_D/aM_A)$

Иссиклик баланси. Кимёвий жараён иссиклик баланси куйидаги умумий кўринишда ёзилиши мумкин:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_4 + Q_5 \qquad (9.45)$$

бу ерда, Q_1 – кайта ишланаётган материал билан киритган иссиклик, Q_2 – иссиклик элткичдан кайта ишланаётган моддага берилаётган иссиклик, Q_3 – жараённинг иссиклик эффекти, Q_4 – реакцияда кайнаётган материаллар билан чикиб кетаётган иссиклик, Q_5 – атроф мухитга йўкотилаётган иссиклик.

Қайта ишланаётган материаллар билан олиб кирилаётган ва реакция маҳсулотлари билан чикиб кетаётган иссиклик миқдори куйидаги тенгликдан топилиши мумкин:

$$Q = \sum G \cdot c \cdot t \qquad (9.46)$$

бу ерда, G – модда массаси, c – материал солиштирма иссиклик сигими, t – температура.

Реакциянинг иссиклик эффекти Гесс конунига биноан ҳисобланади:

$$q = \Sigma q_K - \Sigma q_H \qquad (9.47)$$

бу ерда, q_r – реакция иссиклик эффекти, Σq_K – кимёвий реакцияга киришаётган, бирикмалар ҳосил бўлиш иссикликларининг йигиндиси, Σq_H – кимёвий таъсир натижасида ҳосил бўлаётган бирикмалар ҳосил бўлиш иссикликларнинг йигиндиси.

Реакция иссиклиги q махсус адабиётларда 20°С учун келтирилган бўлади. Бундан юкори температуралардаги кийматини топиш учун Кирхгоф конунидан фойдаланиш мумкин. Унинг математик талкини ушбу тенглама кўринишида бўлади:

$$\frac{dq}{dT} = \Delta c_p \tag{9.48}$$

бу ерда, Δc_p – олинган маҳсулот ва бошланғич моддалар иссиклик сиғимларининг фарки (стехиометрик коэффициентлар хисобга олинган)

Иссиклик сиғимнинг температурага боғликлиги ушбу кўринишдаги тенглама билан ифодаланади:

$$c_p = a + bT + cT^2 + \dots \tag{9.49}$$

бу ерда, a, b, c – эмпирик константалар, T – температура

Демак, Δc_p нинг температурага боғликлиги ҳам (9.49) тенгламага ўхшаш функция билан ифодаланади:

$$\Delta c_p = a_1 + b_1T + c_1T^2 + \dots \tag{9.50}$$

Ушбу тенгламага биноан, Кирхгоф конунини ифодаловчи тенглик куйидагича ёзилиши мумкин:

$$\frac{dq}{dT} = a_1 + b_1T + c_1T^2 + \dots \tag{9.51}$$

бу ерда, a_1, b_1, c_1 – олинган маҳсулот ва бошлаиғич моддалар формулаларидаги тегишли a, b, c коэффишиентларнинг фаркига сон жихатдан тенг коэффишиентлар

(9.51) тенгламани интеграллаш, реакция иссиклик эффекти ва температура орасидаги богликлигининг куйидаги кўринишини беради:

$$q = a_1T + \frac{1}{2}b_1T^2 + \frac{1}{3}c_1T^3 + \dots + C \tag{9.52}$$

20 ёки 25°С температурадаги реакция иссиклигини q_0 оркали белгилаб олсак, интеграллаш ўзгармас катталиги C ни ҳисоблаш осонлашади:

$$C = q_0 - \left(a_1T + \frac{1}{2}b_1T^2 + \frac{1}{3}c_1T^3 + \dots\right) \tag{9.53}$$

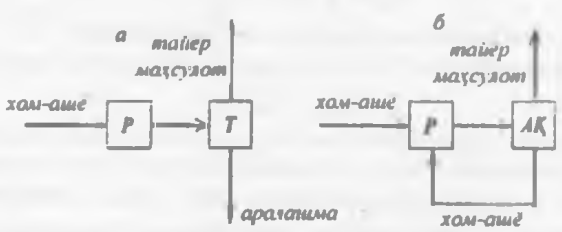
Агар C нинг киймати (9.53) дан аникланса, исталган T температурадаги реакциянинг иссиклик эффекти (9.52) тенгламадан аникланади.

9.5. Кимёвий жараёнлар принципиал схемалари

Кимёвий жараёнларнинг ҳамма принципиал схемаларини 2 гуруҳга ажратиш мумкин: бир боскичли (9.7а-расм) ва рециркуляцияли (9.7б-расм).

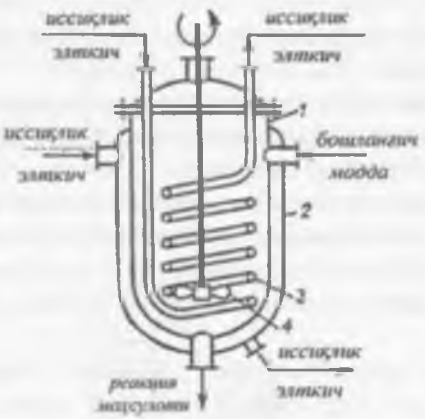
Бир боскичли схемаларда хом-ашё реактор P га узатилади ва у ерда тўлик ўзгариш рўй беради. Жараёнда ҳосил бўлган моддалар тозалаш курилмаси T га юборилади. Ушбу курилмада у тайёр маҳсулот ва аралашмаларга ажратилади.

Циркуляцияли схемада ҳам хом-ашё реактор P га узатилади ва у ерда қисман ўзгаришга учрайди. Шунинг учун, у яна кайта ишланади. Бундай ҳолда реактор P га бошланғич ва кайта ишланган хом-ашё аралашмаси юкланади ва унинг оптимал даражада кайта ишланишига эрилишади. Сўнг, тайёр маҳсулот ва реакцияга киришмаган хом-ашё аралашмаси реактордан ажратиш курилмаси AK га узатилади. Унда, тайёр маҳсулот аралашма таркибидан ажратиб олинади. Реакцияга киришмаган хом-ашё кайтадан реакторга юборилади. Биринчи ва иккинчи гуруҳ схемаларидаги курилмаларни ҳисоблаш усуллари ҳар хил.

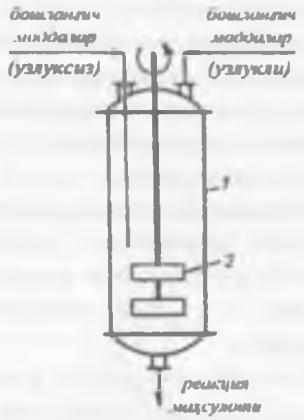


9.7-расм. Кимёвий жараёнлар принципиал схемаси:
а - бир боскичли, б - рециркуляцияли

Биринчи гуруҳ схемаларидаги қурилмалар жараённинг берилган бошланғич ва охирги параметрлари бўйича ҳисобланади. Иккинчи гуруҳ схемаларидаги қурилмалар эса, бир неча вариант бўйича ҳисобланади ва факат техник-иктисодий таккослашгина реактор ва ажратиш қурилмасидаги жараёнларнинг оптимал параметрларини аниклаш имконини беради



9.8-расм. Даврий реактор:
1-кобик, 2-гилоф, 3-змеевик, 4-аралаштиргич.



9.9-расм. Ярим узлуксиз ишлайдиган реактор:
1-кобик, 2-аралаштиргич.

9.6. Реакторлар конструкциялари

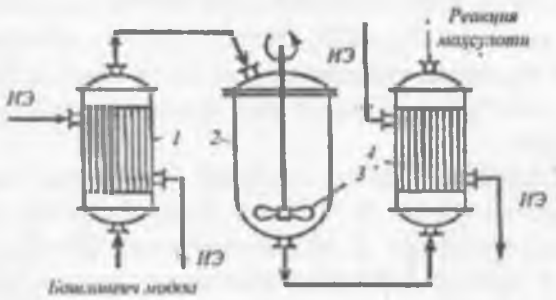
Жараённи ташкил этиш бўйича реакторлар 3 гуруҳга бўлинади:

Даврий ишлайдиган реакторларда жараённинг ҳамма боскичлари ҳар хил вактда кетма-кет кечади (9.8-расм).

Ўзаро таъсирдаги моддалар концентрациясининг ўзгариш характери реакцион ҳажмнинг ҳамма нукталарида бир хилдадир. Лекин ҳажмнинг бирор нуктаси учун вакт бўйича турлича бўлади. Бу турдаги қурилмада реакция давомийлигини бевосита ўлчаш мумкин, чунки реакция вакти ва реакцион ҳажмда реагентларнинг таъсир вакти бир хил. Даврий қурилмаларда технологик жараён параметрлари вакт ўтиши билан ўзгаради.

Бундай реакторлар иш унумдорлиги кичик ва уларни автоматлаштириш ҳамда ростлаш кийин.

Узлуксиз ишлайдиган реакторда кимёвий айланиш жараёнининг ҳамма боскичлари параллел ва бир вактда юз беради (9.10-расм).



9.10-расм. Узлуксиз ишлайдиган реактор:
1,4-иситкичлар; 2-реактор; 3-аралаштиргич.

Ўзаро таъсирдаги моддалар концентрациясиининг ўзгариш характери ҳар бир дакикада реакцион ҳажмнинг турли нукталарида ҳар хил. Лекин ҳажмнинг бирор нуктаси учун вакт бўйича ўзгармасдир. Бу турдаги қурилмада реакция давомийлигини бевосита ўлчаш мумкин эмас, чунки узлуксиз ишлайдиган қурилмаларда реакция вакти ва реакцион ҳажмда

реагентларнинг таъсир вакти турлича. Умумий ҳолда, моддаларнинг реакторда бўлиш вакти аралаштириш интенсивлиги, окимлар таркибига боғлик ва ҳар бир курилма учун алоҳида бўлади.

Бу турдаги реакторларнинг иш унумдорлиги катта, уларни эксплуатация қилиш осон ва автоматлаштиришга мойил.

Ярим узлуксиз реакторлар нотурғун шароитда ишлайди, яъни баъзи бир реагентлар узлуксиз, бошкалари эса даврий узатилади (9.9-расм).

Ушбу турдаги реакторлар кичик тоннажли ишлаб чикариш корхоналарида, айникса, экзотермик реакция ўтказиш зарур бўлган жараёнларда қўлланилиши максадга мувофик.

Гидродинамик режимга караб, реакторлар 3 гуруҳга бўлинади.

Идеал аралашиш реакторларида реагентлар окими бутун реакцион ҳажмда бир зумда ва бир текисда аралашади. Демак, бундай реакторларда аралашманинг таркиби ва температураси бутун реакцион ҳажмда бир хил деб ҳисоблаш мумкин. Бу турдаги реакторлар каторига кичик ҳажмдаги аралаштиргичли, циркуляцияли, мавҳум кайнаш катламли курилмалар киради.

Идеал сикиб чикариш реакторларида реагентларнинг ҳаракати поршенсимон характерда бўлиб, яъни курилмадан ўтаётган ҳар бир олдин узатилган ҳажм, кейинги узатилган билан аралашмасдан, сикиб чикарилади. Натижада, курилманинг марказий кисми ва девор атрофидаги аралашманинг таркиби ва температураси бир-биридан фарк килади. Ундан ташкари, курилмага кириш ва чикиш концентрация ва температуралари орасида сезиларли катта фарк бўлади. Бу турдаги реакторларга кобик-трубали, яъни колоннали курилмалар киради [1,146].

Оралик гидродинамик режимли реакторлар жуда кенг таркалган. Ушбу турдаги курилма-ларда тез-тез идеал аралашиш режимидан четга чикиш режимлари содир бўлади. Бундай ҳолатларда реагентларнинг аралашмайдиган зоналари пайдо бўлиши ва бошка салбий ҳодисалар ҳосил бўлади.

Реакторларнинг бошка конструкциялари ушбу дарсликнинг 1-нашрида батафсил келтирилган [1].

9.7. Барботажли реакторлар

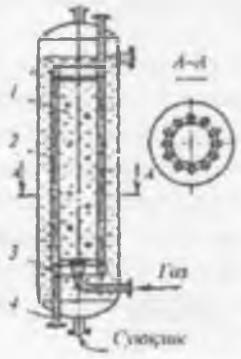
Газлифтли реакторлар конструкциялари. Газлифтли реакторларнинг энг содда конструкцияси колонна кўринишида бўлиб, ўртасида марказий барботаж трубаси ўрнатилади. Бу турдаги курилмалар ташки ғилоф билан ўралган бўлади. Ушбу курилмаларда иссиклик ажралиб чикадиган кимёвий реакциялар ҳам ўтказилиши мумкин. Тузилиши содда бўлишига карамай катта камчилиги бор, яъни солиштирма иссиклик алмашиниш юзаси жуда кичик. Унинг миқдори $F_{сал} \approx 4/D_к$ бўлиб, колонна диаметри $D_к$ ортиши билан камаяди. Демак, саноат миқёсида қўлланиладиган катта ҳажмли марказий барботаж трубали ва қобиғи ғилофли реакторларни фақат кам иссиклик ажралиб чикадиган жараёнларда қўллаш рухсат этилади.

Махсус конструкцияли барботаж трубалар ишлатилса, реакторнинг иссиклик алмашиниш юзасини ошириш мумкин (9.11-расм). Унда, барботаж труба 1 атрофида вертикал иссиклик алмашиниш трубалари 2 жойлаштирилган бўлиб, уларнинг тепа ва пастки кисмлари коллектор 3 ёрдамида бирлаштирилган. Иссиклик элткичнинг кириш ва чикиш штуцерлари 4 днишче ташкарисига чикариб ўрнатилган.

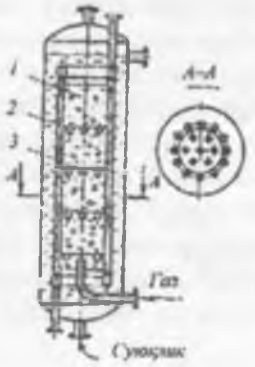
Агар марказий барботаж трубанинг диаметри катта бўлса, унда ташки циркуляцион зонаси бўлишига карамай, суюкликнинг мустакил циркуляцияси ҳосил бўлади. Албатта, бундай ҳол барботаж зонасида газнинг нотекис таксимланишига олиб келади. Бундай ҳодисани бартараф этиш учун барботаж труба горизонтал газ таксимлаш тарелкалари билан секцияланади (9.12-расм).

Реакторнинг барботаж зонаси цилиндр 1 кўринишида ясалади ва унинг ташки томонига иссиклик алмашиниш трубалари 2 пайвандланган бўлиб, тепа ва паст кисмлари коллектор билан бирлаштирилган.

Барботаж трубаларининг ичида горизонтал тўсиклар 3 ўрнатилган бўлиб, унга газ ўтиши учун тешикли патрубкалар пайвандланган. Суюклик билан тўлдирилган курилмаларнинг панжараси остига газ фазаси узатилади ва трубкадаги тешиклар оркали тепада жойлашган секцияга ўтади. Кейинги панжарада газ фаза суюклик патрубкалари оркали ўтади, бир кисми эса – панжара остига йиғилиб колган кисми тешиклар оркали патрубкага тушади. Шундай килиб, тепага кўтарилиш даврида газ фаза барботаж зонасининг бутун кўндаланг кесими бўйича бир текисда таркалади. Худди шунга ўхшаш секциялаштирилган циркуляцион ва иссиклик алмашиниш зоналари ташкарига олиб чикилган газлифтли реактор 9.13-расмда тасвирланган.

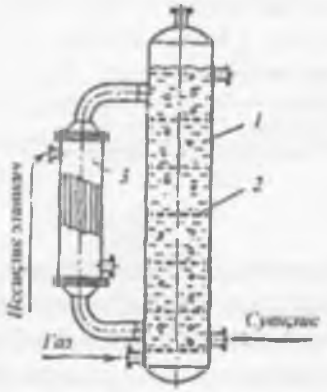


9.11-расм. Марказий барботаж трубали газлифтли реактор:
1-барботаж труба, 2-иссиклик алмашиниш трубаси, 3-коллектор, 4-штуцер.

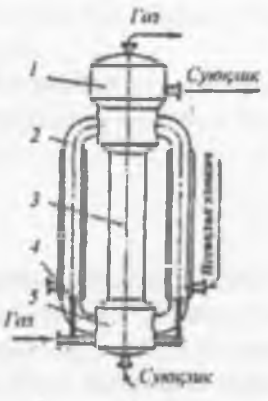


9.12-расм. Секциялаштирилган тўсикли газ тақсимловчи патрубкали реактор:
1-цилиндрик барботаж зона, 2- иссиқлик алмашиниш трубаси, 3-горизонтал тўсик.

Ушбу курилмада барботаж зонаси секцияланган элаксимон тарелка 2 билан жиҳозланган колонна 1 кўринишида бўлади. Ташки циркуляцион контурга иссиклик алмашиниш курилмаси 3 ҳам уланган. Айрим реактор конструкцияларида тепа ва пастки элаксимон тарелкалар билан чегараланган ҳар бир боскичига иссиклик алмашиниш курилмаси уланган. Стандарт иссиклик алмашиниш курилмалари билан жиҳозлаш реакторни ясаш технологиясини осонлаштиради. Агарда блок-графитли иссиклик алмашиниш курилмаси билан жиҳозланса, реактор курилмасида коррозион фаол муҳитларни ҳам кайта ишлаш мумкин.



9.13-расм. Элаксимон тўсикли секциялаштирилган реактор:
1-колонна, 2-элаксимон тўсик, 3-ситкич.



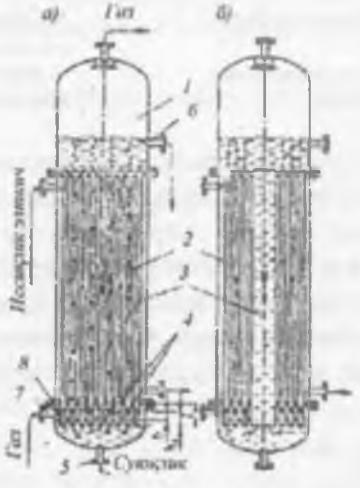
9.14-расм. Барботаж трубаси ташкарига олиб чикилган реактор:
1,5-тепа ва пастки идишлар; 2- барботаж труба, 3-циркуляцион труба, 4-барботёр.

Бу турдаги реакторларни монтаж килишда элаксимон тарелкаларни жуда юкори аникликда горизонтал ҳолатда ўрнатиш зарур, аксинча газ фазасини бир текисда таксимланиши бузилади.

Реакторларнинг солиштирма иссиклик алмашиниш юзасини ошириш кўп трубали газлифтли реактор конструкцияларининг яратилишига олиб келади (9.14-расм). Курилма ўзаро вертикал трубалар билан боғланган тепа 1 ва пастки 5 цилиндрик идишлардан иборат бўлиб, марказида циркуляцион труба 3, четларида эса барботаж труба 2 жойлашган. Ҳар бир труба 2 да барботёр 4 ўрнатилган. Иссиклик элткич барботаж трубасидаги ғилофга узатилади. Зарур бўлган ҳолатларда циркуляцион трубага ҳам ғилоф ўрнатиш мумкин.

Юкорида кўриб чикилган кўп трубали реакторларнинг солиштирма иссиклик алмашиниш юзаси колоннали курилмаларникига караганда кўпрок бўлишига карамай, айрим камчиликлари ҳам мавжуд. Биринчидан – бундай реакторларни ясаш мураккаб, иккинчидан – металл сарфи жуда катта.

Конструктив жиҳатдан мукаммалрок деб барботаж ва циркуляцион трубалари бирлаштирилган газлифтли реакторлар ҳисобланади (9.15-расм). Тепа копкок 1 ва тешикли панжара орасидаги масофаси оширилган варианти 9.15а-расмда келтирилган. Ушбу бўшликда газдан суюк фаза ажратиб олинади. Тешикли панжарада маҳкамланган трубалар барботаж 2 ва циркуляцион 3 килиб бўлинган. Пастки тешикли панжарага маҳкамланган трубаларнинг учи панжарадан $l=(4,5-5)\cdot d$ масофага чикарилган. Панжарадан чикиб турган барботаж трубаларнинг учлари $h_1=4d$ масофада тешик 4 лар килинган. Ушбу тешиклар сони газ таксимлаш мосламасининг ишлаш режимидан келиб чиккан ҳолда белгиланади.



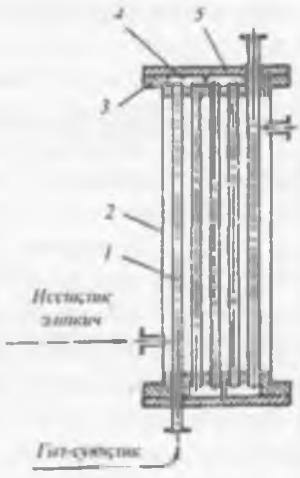
9.15-расм. Қобиқ трубали газлифтли реакторлар:
а-трубалари бир текисда таксимланган; б-марказий циркуляцион трубали. 1-копкок; 2-барботаж труба; 3-циркуляцион труба; 4-тешиклар; 5,6,7-штуцерлар; 8-кайтарувчи тўсик.

Суюк фаза штуцер 5 оркали трубалар бўшлиғини тўлдиради ва штуцер 6 дан тўкилади. Штуцер 7 оркали реакторга газ ҳайдалганда, трубали панжара остида газ катлами ҳосил бўлиб, у суюкликни пастга караб тешик 4 лар очилгунча босади, сўнг эса газ улар оркали барботаж трубасига ўтади. Газ катламининг баландлиги бир томонлама суюклик билан ёпилган тешиклар каршилиги билан белгиланади. Ушбу каршилик тешиклардан ўтаётган газ тезлигига боғлик. Суюклик сатҳини тўлкинлантирмаслик учун газ окимини кайтарувчи тўсик 8 ёрдамида панжара остига йўналтирилади. Реакторнинг трубалараро бўшлиғи эса унга иссиклик элткич узатиш учун мўлжалланган.

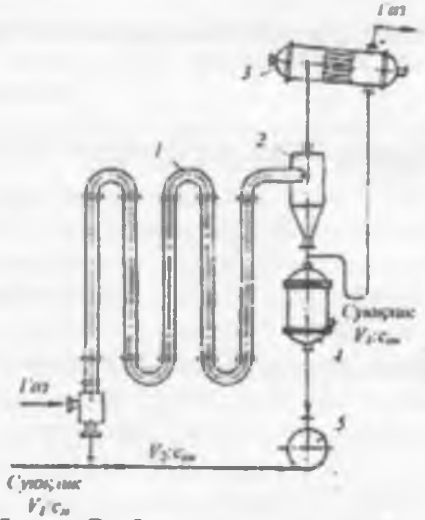
Айрим ҳолларда реакторларга катта диаметрли циркуляцион труба ўрнатилиши мумкин (9.15б-расм). Бунда, циркуляцион труба кўндаланг кесимининг юзаси барботаж трубалар кўндаланг кесим юзаларининг йиғиндисига тенг бўлиши керак.

Барботаж змеевикли реакторлар

Бу турдаги реакторлар диаметри 123...154 мм, узунлиги 6...12 м ва умумий узунлиги 275...300 м бўлади. Оксидланиш жараёни 260...263°С температурада 140...230 с давомида кечади. 9.16-расмда вертикал труба 1 лар ўрамидан иборат бўлиб, кобик 2 да жойлашган бўлади.



9.16-расм. Змеевикли реактор:
1-труба, 2-кобик, 3-тешикли панжара, 4-арикчалар, 5-текис копкок



9.17-расм. Барботаж змеевикли реактор қурилмасининг схемаси:
1-реактор, 2-сепаратор, 3-совуткич-конденсатор, 4-йиггич, 5-насос

Катта калинликдаги тешикли панжара 3 да арикча 4 йўнилган бўлиб, ҳар бири қўшни 2 труба бўшлиғини бирлаштирган. Тешикли панжаралар текис копкок 5 билан ёпилган. Шундай килиб кўп йўлли курилма ҳосил қилинади. Йўллар сони кетма-кет уланган трубалар сонига тенг. Бу турдаги курилмалар ихчам, металл сарфи кам ва ўзгармас температура шароитларида қўллаш тавсия этилади.

Қўшимча курилмалар билан жиҳозланган реактор схемаси 9.17-расмда келтирилган. Ушбу курилма реактор 1, сепаратор 2, совуткич-конденсатор 3, суюклик йиғгич 4 ва циркуляцион насос 5 лардан ташкил топган. Бундай курилмалар суюкликнинг бир маротаба ўтиши ва кисман рециркуляция килиб ишлатилиши мумкин.

Технология бўйича суюкликни рециркуляция килиш рухсат этилган ҳолларда бу реакторнинг ўлчамларига таъсир килади. Агар реакция диффузион режимда кечса, олинаётган маҳсулот концентрацияси ушбу тенглама билан ифодаланади:

$$dc = \frac{1}{K_p} dt$$

Охирги концентрация c_{ox} га эришиш учун t_p вакт зарур бўлади. Бошланғич концентрацияси $c_б$=0 бўлган V_1 ҳажмли суюкликни реакторга узатиб c_{ox} эришиш учун курилманинг узунлиги ва диаметри куйидагича бўлиши керак:

$$L_1 = \bar{u}_ж \cdot t_p = \bar{u}_ж K_p \cdot c_б$$

$$D_1 = \sqrt{\frac{4V_1}{\pi u_{ж}}}$$

бу ерда, $u_{ж}$ – суюклик тезлиги.

Агарда ўзгармас V_1 да V_2 миқдордаги ҳажмий сарфли суюкликни қайтарсак, реакторга кираётган аралашма концентрацияси қуйидагига тенг бўлади:

$$c_{кир} = \frac{V_2 \cdot c_0}{V_1 + V_2}$$

Реакция давомийлиги $t_1 = K_p \cdot c_{кир}$ миқдорга камаяди ва ушбу кийматга тенглашади:

$$t_2 = t_p - t_1 = K_p \frac{V_1 \cdot c_0}{V_1 + V_2}$$

Ўзгармас тезликда курилманинг узунлиги ва диаметри қуйидагича бўлиши керак:

$$L_2 = \bar{u}_{ж} \cdot K_p \cdot \frac{V_1 c_0}{V_1 + V_2}$$

$$D_2 = \sqrt{\frac{4V_1}{\pi u_{ж}}}$$

Иккита реактор диаметри ва узунликларини солиштириб, ушбу кўринишга келамиз:

$$\frac{L_2}{L_1} = \frac{V_1}{V_1 + V_2}; \qquad \frac{D_2}{D_1} = \sqrt{\frac{V_1 + V_2}{V_1}};$$

Реакторларнинг аралаштириш ва иссиклик алмашиниш мосламалари

Реакторнинг нормал ишлашн, юкори нш унумдорлик ва олий сифатли маҳсулот олишга эришиш учун ундаги моддаларни аралаштириш энг асосий шартлардан биридир.

Аралаштириш усуллари ва уни конструктив жиҳозлаш ўзаро таъсирдаги моддаларнинг агрегат ҳолатига боғлик.

Аралаштнриш. Газларни аралаштнриш учун қўлланиладиган энг содда мосламалар каторига сопло, инжектор, лабиринтли ва каскадли аралаштиргичлар киради. Одатда, аралаштириш мосламалари реактор билан бир кобикда ўрнатилади.

«Суюклик-суюклик» ва «суюклик-каттик жисм» системаларини аралаштириш учун механик усулдан фойдаланиш юкори самара беради. Бунинг учун парракли, турбинали, якорли ва шнекли ҳамда пневматик аралаштиргичлар ишлатилади. «Газ-каттик жисм» системасида сифатли аралаштиришга эришиш учун жараён мавҳум қайнаш ёки ҳаракатчан катламда ўтказилади.

Иссиклик алмашиниш. Кимёвий реакторларни турли усулларда иситиш ёки совитиш мумкин. Реактордаги иссиклик алмашиниш усулини танлаш кимёвий жараённинг ўтказиш температураси ҳамда иссиклик элткичнинг физик, иссиклик-диффузион ва кимёвий хоссаларига боғлик. Саноат микёсида иситиш ва совитишнинг 2 та, яъни бевосита ва билвосита усуллари бор.

Бевосита иссиклик алмашинишда аралашма ва иссиклик элткич куйидаги варнантлардан бирида иссиклик узатилади:

1) иссиклик бевосита реакторда берилади, масалан, экзотермик реакция ёки электрик разряд йўли билан;

2) иссикликнинг узатилиши реакцион аралашманинг бирорта компонентини кисман ёки тўлик буғлатиш оркали ёки эндотермик реакция йўли билан:

3) реакцион ҳажмда иссиклик элткичнинг циркуляцияси ҳисобига иссиклик узатиш.

Билвосита иссиклик алмашинишда иссиклик элткич ва реагентлар қўзғалмас девор ёрдамида ажратилган бўлади. Иссиклик алмашиниш юзалари турли геометрик шаклда (змеевик, ғилоф, халка ва ҳоказо) бўлиши мумкин.

Одатда реакторни иситиш ёки совитиш унинг ташкарисидаги ғилоф оркали амалга оширилади.

Иссиклик алмашинишни ташкил этиш ва иссиклик алмашиниш мосламалари ҳамда реагентларни аралаштириш учун мўлжалланган айрим мосламалар махсус адабиётларда келтирилган [1,146].

9.8. Пиролиз ва крекинг ўтхоналари

Углеводородли хом-ашёни юкори температурали парчалаш натижасида паст молекуляр массали махсулотлар олиш жараёни ***крекинг*** деб аталади. Мазут ва газойлни крекинг килиб автомобиль ва авиация бензини олинади.

Қайнаш температураси 300°С дан паст бўлмаган оғир углеводородларнинг мураккаб ва йирик молекулалари кайнаш температураси 110°С дан ошмайдиган, нисбатан оддий молекулали моддаларга парчаланади. Аввал термик крекинг жараёнлари температура 400…500°С ва босим 6 МПа да змеевикли алангали ўтхоналарда ўтказиладиган бўлса, эндиликда каталитик крекинг ва риформинг жараёнлари билан алмаштирилган. Ушбу жараёнлар ҳаракатланувчи грануллланган катализаторли махсус реакторларда кечади. Каталитик жараёнлар термик крекингга нисбатан кимматли махсулот (юкори октан сонли бензин, ароматик углеводород)лар олиш имконини беради. Каталитик крекинг ёки риформинг курилмаларидаги трубали ўтхоналар зарур бўлиб, хом-ашёни иситиш ва бугланиши учун хизмат килади. Шуни таъкидлаш керакки, трубали ўтхоналарда реакция бормайди, шунинг учун улар реакцион курилмалар каторига кирмайди.

Термик крекингга ўхшаш, лекин нисбатан юкорирок температура (670…1200°С) ва паст босим (0,2…0,5 МПа) да кечадиган жараён ***пиролиз*** деб номланади.

Углеводородли газлар (пропан ёки бутан)ни ёки бензинли фракцияларни пиролиз килиб нефть кимёвий синтези ва пластмассалар ишлаб чикариш учун зарур бўлган этилен, пропилен, бутадиен, ацетиленлар олинади. Этилен ўз навбатида этил спирти, стирол, полиэтилен ва этилен оксидларини олиш учун хом-ашёдир.

Пиролиз жараёни трубали ўтхоналарда ўтказилади, аникрок килиб айтганда, унинг змеевикларида. Змеевиклар бир неча катор тўғри трубалардан, ўзаро кетма-кет кўшалок мосламалар билан бирлаштирилган. Ташки томонидан ушбу трубалар ёндиргич ёки пуркагичлар алангасида киздирилади ва ичида газсимон ёки суюклик ёкилғиси ёнади. Ўзининг характеристикалари бўйича бундай змеевикли реактор иссиклик режимли идеал (тўлик) сикиб чикарадиган реакторга ўхшашдир.

Ўтхонада пропан-бутан фракцияси пиролиз килинганда температураси 1000…1100°С ва ортикча босими 0,1…0,2 МПа бўлган пирогаз чикади. Реакция тезлиги жуда юкорилиги учун газни узатиш шундай ростланадики, унинг реакция зонасида бўлиш вакти 0,7…1,5 с ошмаслиги керак; бунинг учун змеевикка ҳайдалаётган газ тезлиги 10…17 м/с бўлиши даркор. Реакция ва киздириш жараёнида газнинг ҳажми ортиши билан унинг тезлиги кўтарилади ва чикишда 150…200 м/с ни ташкил этади. Газ фазасининг юкори тезлиги девор олдидаги чегаравий катлам калинлигини камайтиради. Натижада, змеевик трубаларида кокс ўтириб колишга олиб келадиган зарарли кўшимча реакциялар кечиши бартараф килинади.

Трубали ўтхоналар фойдаланиладиган ёкилғи турига караб, конструкцияларининг хилма-хиллиги билан ажралиб туради.

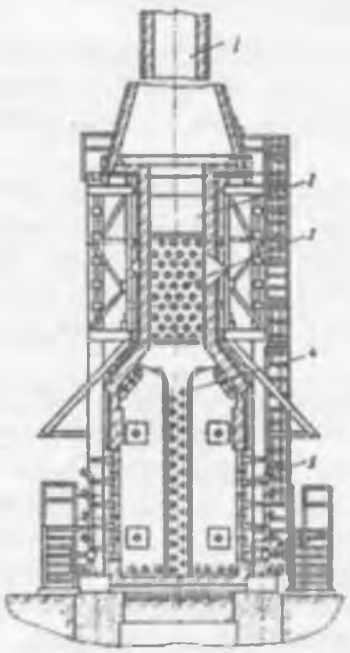
Ўтхонанинг асосий элементлари: пайвандланган пўлат каркас, девор ҳосил килувчи ғиштли коплама, ўтхона остки ва устки кисми, ўтхона ичида жойлашган змеевик, ёкилгини ёкиш учун ёндиргич ёки пуркагичлар, тутун ҳайдаш қувурлари ва тутун трубаси. Ўтхоналар темир-бетон пойдеворларга ўрнатилади.

Ўтхонанинг ички кисми иккига: радиант (ёкиш) ва конвекцион камераларга бўлинган. Ҳар бир камерада змеевик секциялари жойлаштирилган. Радиант камерада жойлашган ёндиргичларнинг нурланиш иссиклигини кабул килувчи змеевик трубаларининг катори *экран* деб аталади.

Радиант камерада хом-ашёга иссикликнинг асосий кисми (~70%) узатилади. Конвекцион секция змеевикларига тутун газларининг иссиклиги асосан конвекция усули (~70%) да ва кисман тутун газларидан нурланиш усули (~20%)да ва камеранинг иссик деворларидан (~10%) берилади. Тутун газлари трубали ўтхона оркали табиий тортиш кучи ҳисобига тепага чикиб кетади. Унинг чикиш тезлиги тутун кувурида ўрнатилган шибер оркали ростланади.

Пиролиз курилмаларида асосан тўртбурчак шаклидаги ўтхоналар ишлатилади. Унинг змеевикининг трубалари горизонтал ҳолатда жойлаштирилади ва панелли турдаги алангасиз (аникрок, калта алангали) газли ёндиргичлар жиҳозланади (9.18-расм).

Ўтхона ён деворининг пастки кисмида панелли турдаги алангасиз газли ёндиргич 5 лар бешта горизонтал каторда жойлаштирилади ва улар иккита нурланувчи блок ҳосил килади. Ёкиш камерасининг ўртасида икки томонга нурланувчи трубали экран 4 ўрнатилган бўлиб, у камерани икки бўлакка ажратади. Шунинг учун ҳам ўтхона икки камерали (иккита радиация камераси) деб ном олган. Одатда, экран бир ва икки каторли бўлиши мумкин. Ундан ташкари, пастки ва тепа экранлар мавжуд. Ёкиш камерасининг устида жойлашган тутун кувури 2 да змеевик 3 нинг конвекцион кисмининг трубалари жойлашган. Конвекцион камерадан ўтган газлар тутун трубаси 1 га ўтади ва ташкарига чикиб кетади. Пиролиз курилмаларида хом-ашё (пропан-бутанли фракция) иситкичда дастлабки киздириш ва буғланишдан кейин иккита оким бўлиб, аввал ўтхона змеевикининг конвекцион, сўнг эса радиант (яъни экран трубаларига) кисмларига киради. Ўтхонадан чикаётган пирогаз тоблаш курилмасига юборилади ва сув пуркаб тезда совутиб реакция тўхтатилади.



9.18-расм. Горизонтал трубали ва нурланувчи деворли трубали ўтхона:
1-тутун трубаси, 2-тутун кувури, 3-змеевик, 4- трубали экран, 5-газли ёндиргич

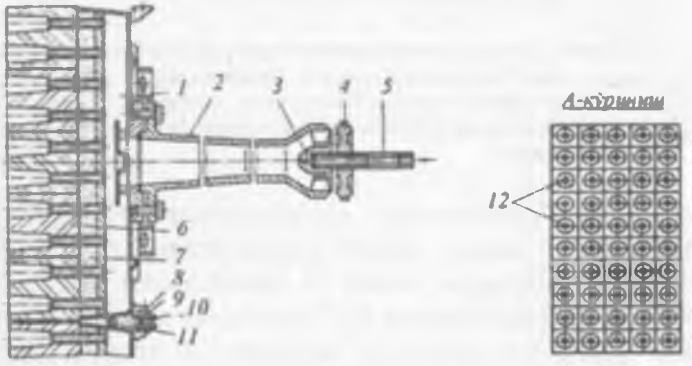
Ўтхонада радиант змеевикнинг турли участкаларида иссиклик беришни ёндиргичларга ҳайдалаётган ёкилғи газ сарфини узатиш оркали ростлаш мумкин. Бунинг учун, ҳар бир ёндиргичлар катори алоҳида коллекторга уланади.

Ўтхоналар учун энг кулай ва юкори самарали иситиш мосламалари – бу панелли алангасиз ёндиргичлардир (9.19-расм). Ёниш зонасида температура юкори бўлгани учун ҳавонинг ортикчалик коэффициенти кичик бўлганда ҳам газнинг тўлик ёнишини ушбу ёндиргич таъминлайди. Ёндиргич таксимлаш камера 1 ли бўлиб, унинг олд кисмига газ-буғ аралашмаси чикиши учун трубкалар пайвандланган. Трубкаларнинг бўш учига керамик призма 6 лар кийдирилган. Призманинг ҳар бирида тўрттадан цилиндр-конуссимон тешик (туннел)лар килинган. Призмалар ўлчами 500х500 ёки 605х605 мм ли керамик панеллар ҳосил килади ва газ ёнишида аккумулятор ва иссиклик таркатгич вазифасини бажаради. Қобик девори ва призмалар орасига диатомли заррачалар иссиклик коплама 7 вазифасини ўтайди. Қобик 1 нинг орка деворига ҳавони газ (метан-водородли фракция) сопло 3 ва заслонка 4 ли инжекторли аралаштиргич 2 маҳкамланган. Газ сопло 3 га патрубка 5 оркали узатилади. Соплодан юкори тезликда чикаётган газ атмосферадан керакли миқдордаги ҳавони инжекция килиб олади. Аралаштиргич 2 да ҳосил килинган газ-ҳаволи аралашма кайтаргичдан ўтиб кобик 1 га киради ва у ердан ёндиргич трубалари бўйича таксимланади. Трубалардан келган аралашманинг ёниши керамик элемент туннелларида содир бўлади. Туннеллардаги

аланга кобикка ўтиб кетмаслиги учун таксимлаш камерасидаги газ-ҳаволи аралашма тезлиги аланга таркалиш тезлигидан катта бўлиши лозим. Туннелларнинг шакли конуссимон бўлганлиги тезликлар бир хиллигини таъминлайди. Ўз навбатида бундай шароит ёндиргичларнинг нормал ишлашига олиб келади.

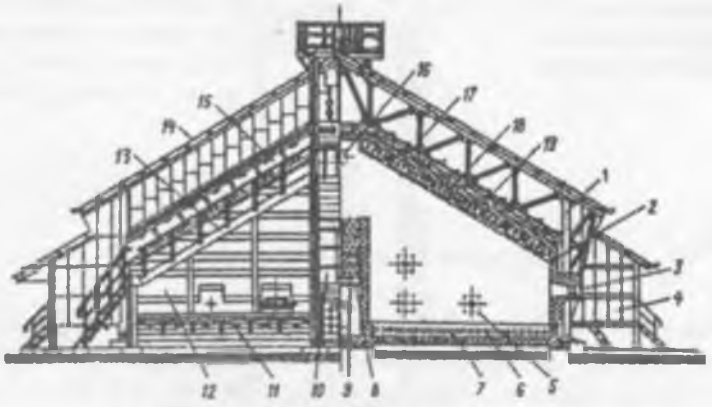
Ўзаро ёндиргичлар болт 8 ва гайка 9 лар ёрдамида бирлаштирилади ва ўтхоналарнинг нурланувчи деворини ҳосил килади. Ёндиргичлар орасидаги тиркишлар диатомли заррача 10 лар билан тўлдирилади ва асбестли аркон 10 билан зичланади.

Ёндиргичларнинг иссиклик ишлаб чикариши коллекторга газни узатиш оркали ростланади. Ҳар бир ёндиргичга керакли микдордаги ҳаво микдори заслонка 4 ни ўзгартириш йўли билан белгиланади. Маълум таркибли газ учун юкорида кайд этилган ростлаш факат ўтхонани ишга тушириш даврида керак, чунки инжекцион конструкцияли аралаштиргич газ ва ҳаволарнинг нисбатини ўзгармас килиб ушлаб бера олади.



9.19-расм. Панелли алангасиз ёндиргич:
1-таксимлаш камераси, 2-инжекторли аралаштиргич, 3-сопло, 4- заслонка, 5-патрубка, 6-керамик призма, 7-иссиклик коплама, 8-болт, 9-гайка, 10-диатомли заррача, 11-асбестли аркон, 12-ёндиргич туннеллари

Икки нишабли, иккита камерали трубали ўтхона конструкцияси 9.20-расмда келтирилган.

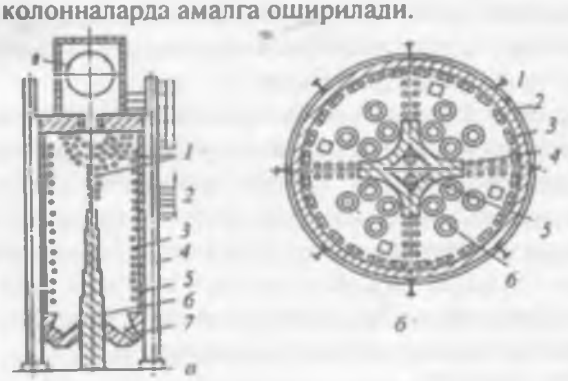


9.20-расм. Икки нишабли, иккита камерали трубали ўтхона конструкцияси:
1-металл каркас, 2-оловбардош коплама, 3-пуркагич амбразуралари, 4- пуркагич олди майдончаси, 5-кузатиш ойнаси, 6,9,17-экран ости, конвекцион камера ва шифт экранининг трубалари; 7-экран ости трубаларининг ётиш жойи; 8-когезион камера трубаларининг панжараси, 10,11,15-ретурбент камералари, 12-деворнинг металл копламаси, 13-майдонча, 14-том; 16-портлаш ойнаси, 18-шифт экрани трубаларининг осма илгаклари

Ҳажмий-ясси алангали трубали ўтхона конструкцияси 9.21-расмда тасвирланган.

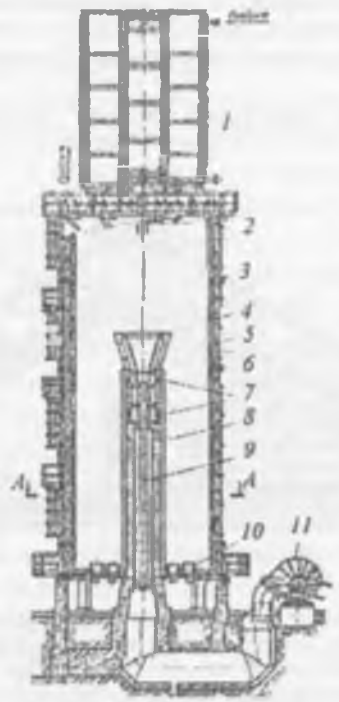
Қия йўналтирилган аланга радиант камерани иккита алоҳида кисмга бўлаётган деворга урилади ва ҳаракатланади. 9.21б-расмда вертикал цилиндрик ўтхонанинг кўндаланг кесими берилган. Кўриниб турибдики, махсус шаклли оловбардош оким бўлгич радиант камерани икки кисмга бўлмокда. Полистирол ва фенолформалдегид каби чакичсимон моддаларни

олиш учун полимерлаш ва поликонденсациялаш жараёнлари қўлланилади ва улар реактор типидаги кўп секцияли колонналарда амалга оширилади.



9.21-расм. Ҳажмий-ясси алангали трубали ўтхона конструкцияси:
а-горизонтал: 1-газ йиғгич, 2-змеевик, 3-тўшама девор, 4- чиқариш ойнаси, 5-иссиқлик коплама, 6-каркас; 7-ёндиргичлар. *б*-вертикал: 1- каркас устунлари; 2- иссиқлик коплама, 3-трубали змеевик, 4-девор, 5-оқим бўлгич, 6-пуркагич амбразуралари.

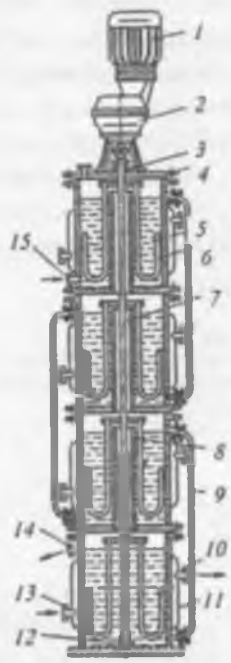
9.22-расмда ушбу курилманинг конструкцияси келтирилган. Реактор кетма-кет бирлаштирилган секция 5 лардан иборат бўлиб, уларнинг ҳар бири иссиқлик элткични узатиш 13 ва ҳайдаш 10 штуцерли гилоф 11 таркиб топган. Тепа секциянинг копкоги 4 да электр юриткич 4 ва редуктор 5 оркали ўк 7 га айланма ҳаракат берилади. Ўк 7 колоннанинг бутун баландлиги бўйича ўтган ва тепа 3 ва пастки 12 подшипниклардан маҳкамланган ва уларда айланади.



9.21а-расм. Цилиндрик трубали ўтхона:
1- конвекция камераси; 2,3-чиқариш ва кузатиш ойнаси, 4-радиантли змеевик; 5-коплама; 6-кобик, 7-иккиламчи ҳавони таксимлагич, 8-таксимлагич копламаси, 9-тарқатгич-таксимлагич, 10-ёндиргич, 11-вентилятор.

Реакцияда иштирок этувчи суюкликларнинг четга чикмаслиги учун секция днишчеларида сақловчи труба 8 лар ўрнатилган. Ушбу трубаларнинг баландлиги суюклик

сатҳидан баланд бўлади. Ҳар секцияда ўк 7 га аралаштиргич 6 лар маҳкамланган. Реакцион аралашманинг қуйилиши учун труба 9 хизмат килади. Бошланғич моддалар тепа секциянинг пастки кисмидаги штуцер 15 га юборилади, аралаштирилади ва труба 9 оркали кейинги секцияга окиб тушади ва ҳоказо. Пастки секциядан штуцер 14 оркали маҳсулот тўкилади. Шундай килиб, реактор узлуксиз ишлайдиган қурилмадир. Ушбу турдаги реакторларда кичик тезликда кечадиган кимёвий айланиш жараёнларини ўтказиш максадга мувофик. Ғилофли иссиклик алмашиниш мосламасининг мавжудлиги ҳар секцияда зарур температура режимини таъминлайди.



9.22-расм. Кўп секцияли полимерлаш ёки поликонденсатлаш реактори:
1-кобик, 2-копқок, 3-шарнир ўки, 4-сакловчи ойна копқоғи.

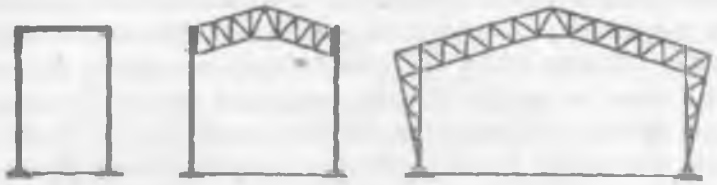


9.24-расм. Ўтхона каркасининг устуни (колонна) га тушаётган юклама схемаси.

9.9. Ўтхона кисмлари ва деталлари

Трубали ўтхоналар пойдевори монолит ёки йиғма темир-бетондан килинади. Улар ер ости сувларидан ишончли гидроизоляция билан ҳимояланган бўлиши керак. Маълумки, 300...400°С температурада бетон ўз таркибидаги кристаллизацион сувни йўкотади. Бундай ҳол бетоннинг укаланиб бузулишига олиб келади. Шунинг учун, пойдевор юкори температуралар зонасидан калинлиги етарли бўлган иссикликдан ҳимояловчи девор (оддий ғиштдан) билан ажратилади.

Металл каркаслар ўтхонанинг ташки кўринишига мос шаклли фазовий рама сифатида тайёрланади. Металл каркасга трубали змеевик, гарнитура, осма шифт, том, янги конструкцияларда эса ўтхона деворидан тушаётган юкламалари тушади ва уларга чидамли бўлиши шарт. Одатда, каркас ясси рама ва фермалардан иборатдир (9.23-расм).



9.23-расм. Трубали ўтхона каркасларининг конструкциялари:
а-оддий тўсинли; б-тўсин устунли ва шифти фермали; в-фермали.

Катта ўлчамли ўтхоналарда температура деформацияларини эркин кабул килиш учун монтаж плиталарига ферма устуни шарнирда ҳаракатчан қилиб маҳкамланади.

Расмдан кўриниб турибдики, колонна (устун) га тушаётган юклама $Q_{кат.}$ ён томондаги трубали экрандан тушаётган юклама $Q_{б.э.}$ ва осма ғишт деворидан тушаётган юклама $Q_{п.к.}$ лар колоннага симметрик эмас, эксцентрик равишда тушаяпти ва колонна бир вактнинг ўзида ҳам сикилиш, ҳам эгилиш деформацияларига дуч келмокда (9.24-расм). Колоннада ҳосил бўладиган умумий кучланишлар йиғиндиси σ куйидаги формуладан топилади:

$$\sigma = \frac{Q}{F_к \cdot \varphi} + \frac{M_п}{W_к} \qquad (9.54)$$

бу ерда, Q – умумий сикиш кучи, $F_к$ – колонна кўндаланг кесимининг юзаси; φ – колоннанинг бўйлама эгилишини инобатга олувчи рухсат этилган кучланишининг камайиш коэффициенти; $M_п$ –эгувчи момент; $W_к$–колонна кўндаланг кесимининг каршилик моменти.

$$Q = Q_{кат.} + Q_{б.э.} + Q_{п.к.} \qquad (9.55)$$

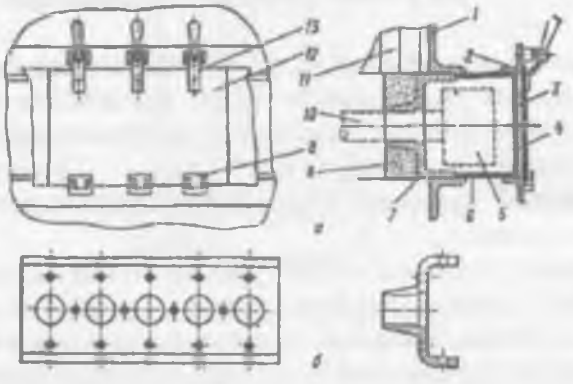
$$M_п = Q_{кат.} \cdot l_1 + Q_{б.э.} \cdot l_2 + Q_{п.к.} \cdot l_3 \qquad (9.56)$$

бу ерда, l_1, l_2, l_3 –таъсир этаётган кучлар текислигидан колонна ўкигача бўлган масофалар.

Агар умумий кучланишлар йиғиндиси σ рухсат этилган кучланишдан кичик бўлса ва колонна кўндаланг кесими ўкларига нисбатан эгилувчанлиги 120 дан ошмаса, бундай колонна мустаҳкам ҳисобланади.

Каркаснинг энг четки фермалари таркибий элементлари бўлиб, юкори температура таъсирида ишлайдиган, труба тешикли панжаралари ва ретурбенд камералари ҳисобланади (9.25-расм).

Ретурбенд камераларининг эшиклари очиладиган пўлат қутилар кўринишида бўлади. Иссиклик йўқотилишларини камайтириш ҳамда эшикларни деформациялардан ҳимоялаш учун ички кисмидан коплама билан ўралади. Ретурбенд камераларининг эни унинг ичида ретурбенд ва кўп тешикли қувурлар эркин жойлашиши учун талаб этилган катта бўлмаслиги билан белгиланади.

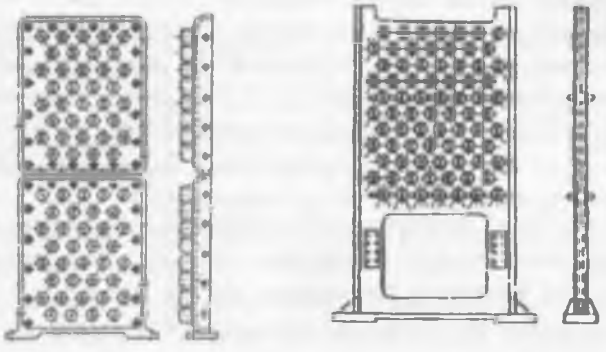


9.25-расм. Ретурбендли камера бўлаги:
а-умумий кўриниш; *б*-труба тешикли панжараси; 1-ферма; 2-камера четини ўраб турган уголниклар; 3-эшик копламаси; 4-копламанинг пўлат сирти; 5-ретурбенд; 6-камера; 7- панжара; 8- панжара копламаси; 9- сиртмок; 10-ўтхона трубаси; 11- осма шифт; 12-эшик; 13- эшик зулфини.

Кўп тешикли трубалар тўсатдан юз берган ёнғинни буғ ёрдамида ўчириш (ўт ўчириш системаси) учун мўлжалланган. Қўшалоқ ретурбендлар ўрнатилган ўтхона трубалари иккала учи билан тешикли труба панжарасига таяниб туради. Тешикли труба панжараси кулранг чўян СЧ 21-40 дан (температура 800°С гача), иссикликка чидамли чўян (температура 1000°С гача) ва иссикликка бардош пўлатдан (нисбатан юкори температураларда) тайёрланади.

Тешикли панжаралар каркас элементларига ишончли килиб маҳкамланади. Алоҳида секциялардан тузилган конвекцион камеранинг трубали панжараларини маҳкамлаш учун ўтхона ён томонига ферма элементларига пайвандланган рамалар ўрнатилади (9.26-расм).

Трубалар таянч юзасини ошириш учун труба панжараларида бўртикликлар килинган; хар бир труба тешигида ҳалқасимон арикча бўлиб, «труба-панжара» системасини зичлаш учун асбестдан ясалган аркон билан тўлдирилган.



9.26-расм. Конвекцион камера трубаларининг тешикли панжараси.

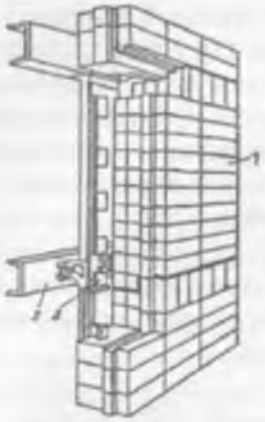
Панжаралар куйиб колмаслиги учун иссиклик копламаси аланга ва тутун газлари томонидан ҳимояланади. Айрим ўтхоналарда панжараларни шамот кукуни, тупрок ва изоляцион материаллардан таркиб топган махсус эритмалар билан торкретлаш кўлланилади.

Замонавий ўтхоналар деворлари блокли конструкцияга эга бўлиб, турли шаклдаги оловбардош ғиштлардан йиғилади (9.27-расм). Масалан, икки нишабли ўтхона деворида 80 хил шаклли ва ўлчамли блоклар кўлланилади.

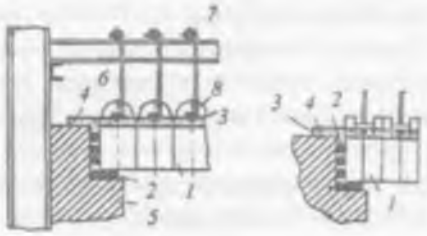
Оловбардош блокларнинг геометрик шакллари уларни ўтхона каркасларига маҳкамланган чивик ва тўсинларда йиғиш имконини беради. Қўшни блокларнинг бирлашиш юзалари тегишли бўртик ва ботикликлари мавжуд бўлиб, кулф-лабиринтларини ташкил килади. Ўтхона блокларининг ичига караган юзалари текислиги туфайли силлик девор ҳосил килади. Бу турдаги деворлар коришмасиз йиғилгани туфайли монолит копламалига караганда бир катор афзалликларга эга. Блок-ғиштлар орасида коришма йўклиги учун иссиклик деформациялари осон кабул килинади ва тиркишлар чегарасида компенсация кила олади. Девор юкламаси факат ўтхона металл каркасига тушади. Ғиштларнинг бирлашиш жойларидаги кулф-лабиринтлари унинг ишончли герметиклигини таъминлайди ва девор оркали иссиклик йўкотишларини ва ташкаридан ҳаво сўрилишини кескин равишда камайтиради.

9.28-расмда илгакларга илинган осма шифт конструкцияси келтирилган. Унга куйиладиган асосий талаблар: герметиклик ва узок муддат давомида бенуксон ишлашидир. Узок муддат давомида бенуксон ишлаши ғиштларнинг сифати ва осма илгаклар ишончлилигига боғлик. Бунинг учун, уларни очик аланга ва тутун газларининг юкори температураларидан ҳимоялаш керак.

Ушбу конструкцияда жуфт килиб бирлаштирилган ғиштлар ўтхона каркасига илгаклар ёрдамида илинади. Чокларни зичлаш системаси осма шифтнинг ишончли герметиклигини таъминлайди ва илгакларни куйишдан саклайди.

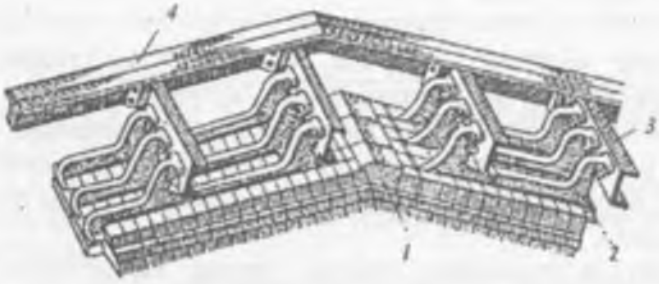


9.27-расм. Трубали ўтхона деворининг конструкцияси:
1-блокли ғишт, 2-горизонтал швеллерлар.3-блоклар учун кронштейнлар

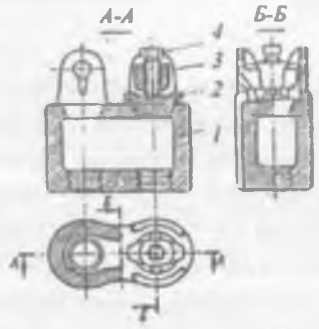


9.28-расм. Илгакларга илинган осма шифт блокли конструкцияси: 1-осма ғишт, 2-изоляцион арқон, 3-изоляцион қатлам суваги, 4-изоляция, 5-девор копламаси, 6-осма илгак, 7-ушловчи чивиклар, 9-жуфт осилган ғиштларни бирлаштирувчи бармок

Энг юкори герметиклик ва узоқ муддат давомида бенуксон ишлайдиган конструкцияси 9.29-расмдан кўрсатилган. Бундай шифтлар кўпгина лабиринтли бирикмали шаклдор оловбардош блоклардан йиғилади. Ферманинг пастки кисмидаги боғловчи болтлар билан маҳкамланган шаклдор ғиштлар чўян осма илгакларга ўтказилади.



9.29-расм. Шаклдор элементли ўтхона шифтининг конструкцияси.
1-шаклдор ғишт блоклари. 2-блокларнинг чўян осгичлари, 3-осгичларни махкамлаш тўсинлари, 4-ферма шифтининг пастки кисм элементи



9.30-расм. Қуйма ретурбенд.
1-кобик, 2-тикин,
3-граверса, 4-сиқувчи болт

Трубали ўтхона змеевики чоксиз диаметри 60...325 мм, калинлиги 4...15 мм ва узунлиги 6...24 м ли трубалардан тайёрланадн. Энг кўп кўлланиладиган трубалар диаметри 102, 127 ва 152 мм. Пиролиз ўтхоналарида, юкори температураларда эксплуатация килинадиган трубалар махсус конструкцияли мосламалар ёрдамида бирлаштнрилади ва пайвандланадн. Трубаларни коксдан тозалаш буғ-ҳаволи куйдириш усулида бажарилади, бунинг учун бир кисм ҳаво ва ўн кисм сув буғидан таркиб топган аралашма узатилади. Лекин кокс ҳосил бўлиши интенсив сурьатлар билан борса ва тез-тез талаб этилса, пневматик мосламалар ёрдамида механик тозалаш ҳам режалаштнриш мумкин. Бундай ҳолларда змеевик тўғри трубалардан ясалади ва ретурбендлар ёрдамида бирлаштирилади.

Змеевик трубасининг материали хом-ашёнинг коррозион хоссалари ва температура режимидан келиб чиккан ҳолда танланади. Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, ўтхонанинг турли зоналарида ҳар хил конструкцион материал ишлатилади. Масалан, конвекцион зонадагн змеевиклар 30...400°С температурада, радиант камерадаги трубалар эса 30...400°С температурада эксплуатация килинади. Шу сабабли, биринчи катордаги конвекцион трубалар

20Г маркали углеродли пўлат трубалардан, охирги каторлари – 15Х5М, 12Х8ВФ, Х9М, Х13М1 маркали хроммолибденли ҳамда 15Х5ВФ, 12Х8ВФ молибденсиз пўлатлардан, юкори температурали пиролиз, конверсия жараёнлари учун иссикликка бардош 12Х18Н10Т, 10Х23Н18, 45Х25Н20С маркали пўлатлар ва ХН32Т (19-20% Cr, 30-34% Ni) котишмасидан тайёрланади.

Трубанинг ички юзаси коррозия ва эрозиядан едирилиши мумкин. Коррозия кечишига кайта ишланаётган махсулотлар таркибида металл хлоридларининг мавжудлигидир. Эрозион емирилишга эса, хом-ашё таркибидаги механик аралашмалар ва мухитнинг катта тезликлари сабабчидир. Трубанинг ташки юзаси тутун газлари таъсирида коррозион емирилишга дучор бўлади. Ўтхонада ишлатилган трубанинг ҳар бир партиясига ишлаб чикарган завод томонидан сифат сертификати берилади ва унда металл сифатини баҳолаш учун маълумотлар келтирилади. Трубанинг ички ва ташки томонлари силлик ва хеч кандай шикастланмаган бўлиши шарт. Трубадаги тирналишларнинг чуқурлиги 1 мм дан, четларида эса 0,5 мм дан ошмаслиги лозим. Трубанинг нормал ўлчамларидан четлашиш ушбу ораликда бўлиши максадга мувофик: ташки диаметри бўйича 0,5…2,25% ва девор калинлиги бўйича ±12,5%.

Трубалар икки хил усулда: ретурбендлар (трубани кириш деталида развалцовка килиб) ва икки томони труба киришига мосланган втулкалар (пайвандлаш усулида) бирлаштирилиши мумкин. Агар, труба ичини тез-тез тозалаш талаб этилмаган ҳолларда пайвандлаб маҳкамлаш усулидан фойдаланиш керак. Ушбу усул содда, ихчам, арзон ва эксплуатация жараёнида ишончлидир. Айрим ҳолларда ўтхона змеевиклари комбинацияланган, яъни конвекцион камерада –пайвандланган, бошка ҳамма участкаларда – ретурбендлар ёрдамида маҳкамлаш усулида бириктирилиши мумкин. Охирги пайтда ретурбендсиз ва ретурбенд камерасиз ўтхоналар ҳам ишлаб чикарилмокда. Яхлит пайвандланган змеевик ўтхона камерасининг ичида тешикли панжара ўрнига бир нечта илгакларда ёрдамида ушлаб турилади. Ретурбендлар пўлатдан куйма ёки болғалаб кутисимон кўринишда тайёрланиши мумкин.

Ретурбендлар трубаларни қуйидаги кадамда бирлаштиришни тавсия этади:

$$t = (1{,}7...2{,}0)\cdot d_н \qquad (9.56а)$$

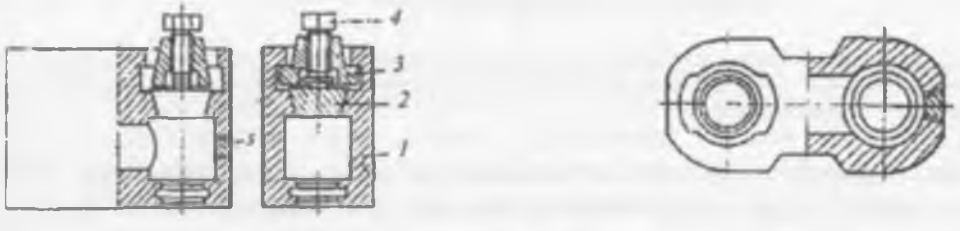
бу ерда, $d_н$ – трубанинг ташки диаметри

Бунинг учун ретурбендда труба учун унинг диаметридан 1 мм катта тешик пармаланади ва чуқурлиги 1,5-2 мм бўлган иккита арикча ўйилади. Ушбу тешикка трубалар развалцовка килинади. Развалцовка 560°С температурага бардош беради. Агар температура ундан юкори бўлса, трубалар пайвандлаб маҳкамланади.

9.30-расмда иккита труба учларини бирлаштириш учун қуйма ретурбенд тасвирланган.

Расмда бир окимли ретурбенд тасвирланган. Икки окимли ретурбендлар ёрдамида тўртта труба бирлаштирилади. Бу турдаги ретурбендларда траверса кобикдаги тешикка қўйилади.

9.31-расмда болғалаб тайёрланган ретурбенд келтирилган. Бу турдаги ретурбендларда траверса болти тортилганда у кобикдаги такасимон махсус бўртик жойга тиралади.



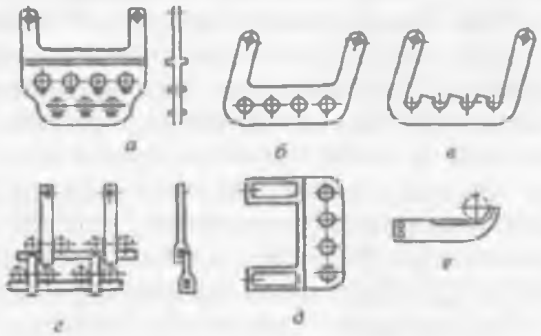
9.31-расм. Болғалаб тайёрланган ретурбенд:
1-кобик, 2-тикин, 3-траверса, 4-сикувчи болт, 5-епик, ён томонлама тикин.

Ўтхонада змеевик трубаларни маҳкамлаш учун турли конструкцияли осгич ва кронштейнлар кўлланилади. Худди шу максадда ўтхонада иккита трубалар учун тўғри тўртбурчак листдан ясалган тешикли панжаралар ўрнатилган. Тешикли труба панжаралари

ёниш камераси томонидан иссиклик коплама билан ҳимояланади. Труба температурасига караб, осгич ва кронштейнлар 0,8...3,0 м ораликда ўрнатилади.

Трубали змеевиклар радиант камера экранларида бир ёки икки катор килиб йиғилади. Икки катор килиб ўрнатилганда трубалар шахмат усулида жойлаштирилади.

Трубалар осилиб колмаслиги таъминловчи деталлар шакли ва конструкцияси хилма-хиллиги билан ажралиб туради (9.32-расм).



9.32-расм. Труба осгичлари:
а-икки каторли экран учун ёпиқ осгич, б- бир каторли экран учун ёпиқ осгич, в-очиқ осгич, г-икки каторли экран учун йигма осгич, д-ён томонлама экраннинг ёпиқ кронштейни, е-очиқ кронштейн

Шифт экрани трубалари учун осгичлар, ён томон экранлари учун – кронштейнлар, остки экранлар учун – тагсинч (лежак), конвекцион камера трубалари учун – оралиқ трубали панжаралар ишлатилади. Одатда, панжаралар 40Х9С2Л пўлатидан куйилади. Ушбу деталлар сони ҳар бир трубанинг массаси ва узунлиги ҳамда эксплуатация шароитларига боғлик. Ҳисоблашлар килинганда трубаларнинг массаси ва унинг ичидаги маҳсулот массалари инобатга олинади. Трубали осгичлар очиқ ёки ёпиқ бўлиши мумкин ва улар жуда юқори температураларда (1000°С гача) ишлатилади (9.32-расм). Бу турдаги осгичлар 30Х24Н12СЛ ва 25Х23Н7СЛ пўлатлардан ясалади. Ёпиқ осгичлар мустаҳкамроқ, лекин улар куйган ҳолларда алмаштириш учун ўтхона трубаларини демонтаж килиш зарур. Радиант камерада температура юқори бўлгани учун осгичлар иссикликка бардош легирланган пўлатлардан ясалади. Ўтхона трубалари осилиб колмайдиган ҳолатдаги кронштейн ва осгичлар сони n ушбу формуладан аникланади:

$$n = \frac{L}{l} - 1 \qquad (9.57)$$

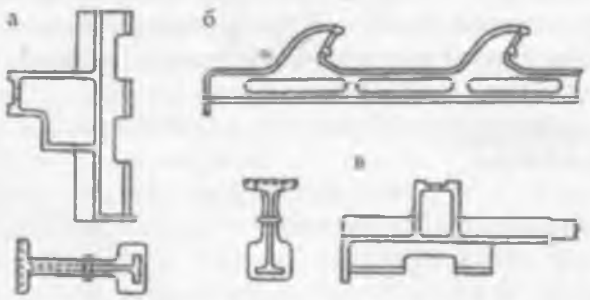
бу ерда, L – ретурбенд камераси трубали панжаралари орасидаги масофа; l – осгич ва кронштейнлар орасидаги масофа

$$l = \sqrt{\frac{8{,}73 \cdot \left(\sigma_{доп} - \frac{PD}{4\delta}\right) \cdot W}{q}} \qquad (9.58)$$

бу ерда, $\sigma_{доп}$ – труба юзасининг температурасида эгилишга рухсат этилган кучланиш; P – трубадаги мухит босими, МПа; D – трубанинг ички диаметри, м; δ –труба деворининг калинлиги, м; W – труба кесимининг инерция моменти; q – хом-ашё билан тўлган 1 м трубанинг оғирлиги, МН.

Радиант камера труба тешикли панжаралари, осгич ва кронштейнлар 1000°С гача бўлган температураларда эксплуатация килингани учун иссикликка бардош 20Х23Н13 маркали пўлатдан куйилади. Конвекцион камерадаги температура радиант камерага нисбатан пастрок бўлгани учун осгичлар СЧ21 ёки 40Х9С2 маркали пўлатдан ясалади. Ўтхона каркасига осгич ва кронштейнлар болтлар ёрдамида маҳкамланади.

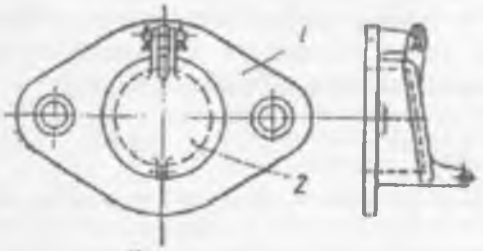
Осма шифт ва девор блокларини йиғиш ва ушлаб туриш учун турли конструкцияли осгич, илгак ва кронштейнлар қўлланилади ва уларнинг айримлари 9.33-расмда тасвирланган.



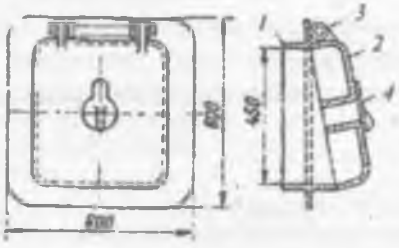
9.33-расм. Ўтхоналарни блоклардан йиғиш учун деталлар конструкциялари:
а – вертикал участкаларда, *б* – кия участкаларда, *в* – горизонтал участкаларда

Тўғри монтаж килинганда кронштейн ва осғичлар юкори температурали зонасига тушмайди. Кузатиш ойналари эксплуатация жараёнида ўтхона трубалари ва пуркагичлар ишлашини (аланга ўлчами ва ёруғлилиги) назорат килиш учун мўлжалланган (9.34-расм).

Ушбу деталь чўяндан ясалади ва ғишт девор устидан болтлар ёрдамида металл конструкцияга маҳкамланади. Кузатиш майдонини ошириш максадида ўтхона деворидаги тешик ичига караб кенгаювчи конус шаклида килинади.



9.34-расм. Ўтхона кузатиш ойнаси:
1-кобик; 2-хлопушка



9.35-расм. Ўтхонанинг сакловчи ойнаси:
1-кобик; 2-копкок; 3-шарнир ўки;
4-сакловчи ойна копкоғи

Сакловчи ойналар кузатиш ойналаридан ўлчамининг катталиги билан фаркланади (9.35-расм). Бу ойнанинг асосий вазифаси ёниш камерасида нормал иш режими бузулиши окибатида рўй берадиган портлаш зарбасини пасайтиришдир. Таъмирлаш даврида қурилмага ишчи кириб-чикиши учун лаз ўрнида фойдаланилади.

Кузатиш ва сакловчи ойналар копкоғи ишчи холатида ўз массаси таъсири остида кобикка зич ёпилиши керак. Бунинг учун уларнинг бирлашиш юзаси бир оз кия килиб ўрнатилади. Бу икки мослама копкоклари ички томонидан иссиклик йўкотмаслиги учун ва деформацияга бардош бўлиши учун ҳимояловчи коплама билан беркитилади.

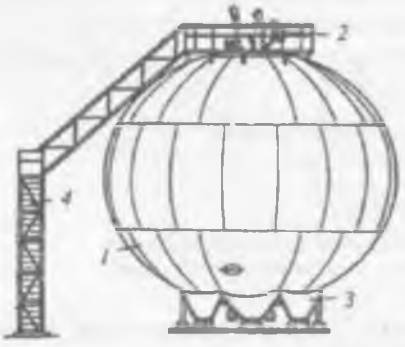
9.10. Резервуар ва газголдерлар

Томчисимон резервуарлар ўзининг ташки кўриниши, яъни ҳўлланмайдиган юзадаги суюклик томчисининг шакли ўхшаш бўлгани учун шундай деб номланган.

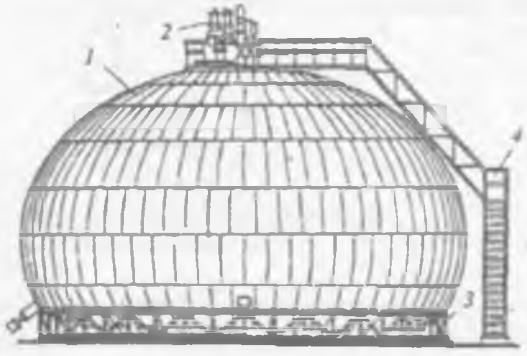
Ушбу резервуарлар турли хилдаги буғларининг босими 0,2 МПа гача бўлган суюкликларни саклаш учун ишлатилади (9.36-расм). Резервуар шакли ҳамма мериодинал ва ҳалкасимон кўндаланг кесимларда чўзиш кучланишининг бир хилда бўлишини таъминлайди ва конструкциянинг самарадорлигини белгилайди. Лекин бу турдаги резервуарларни тайёрлаш кийинлиги учун, кенг кўламда кўлланилмайди.

Шарсимон резервуарлар 1 МПа гача бўлган босим ва чукур вакуум (500 мм.сув.уст.) остида бенуксон ишлайди (9.37-расм). Уларнинг диаметри чегараланмаган. Масалан, турли саноат корхоналарида диаметри 33 м ва 3 МПа босим остида ишлайдиган шарсимон

резервуарлар кўп ишлатилмокда. Нефтни кайта ишлаш корхоналарида шарсимон резервуарларда метан, этилен, пропан-бутанли фракция ва бошка газлар сакланади.



9.36-расм. Томчисимон резервуар:
1-кобик, 2-ҳимояловчи мослама,
3-таянч, 4-зинапоя



9.37-расм. Шарсимон резервуар:
1-кобик, 2-ҳимояловчи мослама,
3-таянч, 4-зинапоя

Бир хил эксплуатацион кўрсаткичларда цилиндрикка караганда шарсимон резервуарларга камрок металл сарфланади. Аммо шарсимон резервуарларни тайёрлаш нисбатан мураккаброк. Маҳаллий эгилиш ва таянч атрофидаги кучланиш йигилишини инобатга олмаганда, оболочка калинлиги S ни ушбу формуладан аниклаш мумкин:

$$S = \frac{P \cdot D}{4 \cdot [\sigma]} + C \qquad (9.59)$$

бу ерда, P – суюклик гидростатик устуни ва мухит босимларининг йигиндиси; D – резервуар ички диаметри, $[\sigma]$ – рухсат этилаган кучланиш, C – коррозияга қўшимча

Таянч ўрнатиладиган ва экваториал катордан ташкари ҳамма катордаги оболочкалар бир хил калинликда ясалади. Юкорида кайд этилган икки катор нисбатан калинрок килиб тайёрланади. Резервуарнинг асосий элементлари, бу махсус шакл ва ўлчамли япрокчалардир. Уларни иссик ва совук штамплаш йўли билан ясаш мумкин. Япрокчалар бир-бирига бириктирилади, лекин пайвандлаш симметрик равишда бир вактнинг ўзида бир нечта жойидан баробар килиниши керак. Аввал меридионал, кейин эса ҳалкасимон чоклар пайвандланади. Пайванд чоклар сифати монтаж ва тайёрлаб бўлингандан кейин ҳам текширилади. Меридионал ва ҳалкасимон чокларнинг кесишган жойлари албатта 100% текширилса, колган чокларнинг атиги 10% текширса бўлади.

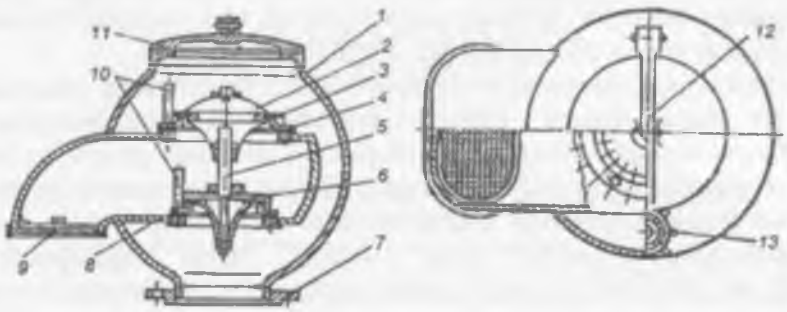
Резервуарлар эксплуатацияси. Резервуарни нормал эксплуатация килиниши учун сакланаётган суюкликни юклаш ва чикариш, исталган вактда суюкликни ўлчаш, резервуарда номинал босимни ушлаб туриш, ишчи режимдан четлашганда тасодифий бузулишлардан ҳимояловчи мосламалар билан жиҳозланган бўлиши керак. Резервуарлар унинг ичига кириб таъмирлаш ва ишлатиб бўлинган мосламаларини олиб чикиш учун люк ва лазлар лойиҳаланади. Ундан ташкари, ҳар бир резервуар зарур металл конструкция ва зинопоялар билан жиҳозланади. Суюкликни юклаш ва чикариш штуцерлари резервуарнинг пастки кисмида жойлаштирилади. Авария бўлган ҳолларда катта миқдордаги маҳсулот атроф-муҳитга окиб кетмаслиги учун резервуар ичида сакловчи-ёпилувчи мослама ўрнатилади. Ушбу мослама бир зумда ёпиш кабилиятига эга.

Резурвуарнинг муҳим жиҳози бўлиб нафас олиш клапанлари ҳисобланади. Улар «катта» ва «кичик нафас олишни» таъминлайди. 9.38-расмда энг таркалган нафас олиш клапани тасвирланган.

Гидравлик каршиликни камайтириш максадида чўян ёки алюминийдан тайёрланган кобик 1 расмда келтирилган шаклда ясалган ва фланец 7 оркали резервуарга маҳкамланади. Қобик материали сакланаётган суюклик билан пирофор бирикма ҳосил килмаслиги ва ўз-ўзидан ёниб кетмаслигини таъминлашиши зарур. Қобик вертикал ўки бўйлаб тепада вакуум

ва пастда босим тарелкалари жойлаштирилган бўлиб, улар ўз оғирлиги таъсирида 4 ва 8 эгарларга ўтиради. Эгарлар осон ечиладиган килиб ясалади, чунки ишдан чиккан холларда алмаштирилиши учун. Клапан ва эгар орасидаги зичланиш мой, бензин ва совукликка бардош резинали кистирма 3 ёрдамида амалга оширилади. Қаттик совук бўлганда клапан музлаб ёпишмаслиги учун марказий чивик 5 ва ташки йўналтирувчи чивик 10 ларнинг устки юзаси фторопласт пардаси билан копланади.

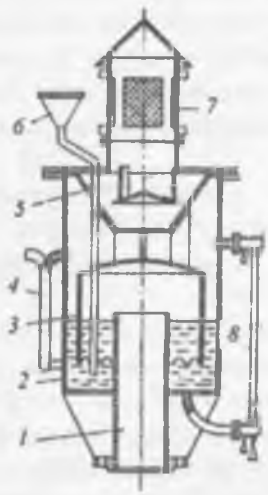
Клапан қуйидагича ишлайди: резервуар ичида босим рухсат этилгандан кўп бўлганда пастки тарелка, вакуум хосил бўлганда эса тепа тарелка очилади ва натижада резервуар ички бўшлиги атмосфера билан бирлашади. Қачонки, резервуар ичида босим нормал чегарага тушганда, тегишли клапан ўз оғирлиги таъсирида эгарга ўтиради ва резервуарни атроф-мухит билан боғланишини узади. Шундай килиб, резервуар ичидаги босим (ёки вакуум) клапан оғирлиги билан ростланади.



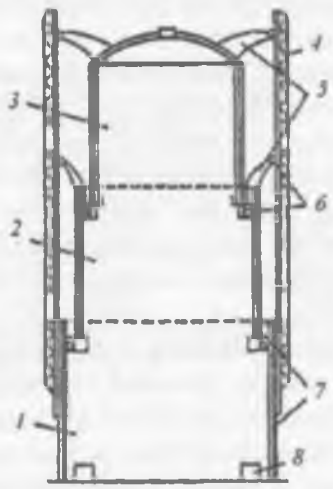
9.38-расм. Резервуарнинг нафас олиш клапани:
1-кобик, 2,6-клапанлар, 3-кистирма, 4,8-эгарлар, 5-марказий чивик, 7-бирлаштирувчи фланец; 9-металл тўр, 10-ташки йўналтирувчи чивик, 11-колпок, 12-колпокнинг ричаги, 13-болт.

Агар резервуарнинг нафас олиш клапанининг бузулиш холатлари учун, курилманинг тепасига сакловчи клапан ўрнатилади (9.39-расм).

Сакловчи клапанлар гидравлик затвор принципида ишлайди, яъни ундаги суюклик босим ёки вакуум рухсат этилгандан ортиб кетганда газ бўшлиги атмосфера билан уланади. Ишчи босим ўрнатилгандан кейин суюклик яна затворни ёпиб қўяди.



9.39-расм. Сакловчи клапан:
1-штуцер, 2-стакан, 3-осма тўсик, 4-сакловчи трубка, 5-томчи ушлагич, 6-воронка, 7-тўрли вентиляцион патрубка, 8-сатх ўлчагич.



9.40-расм. Ҳўл газголдер:
1-резервуар, 2-телескоп, 3-харакатчан калпок, 4-деворлаги йўналтирувчи каркаслар, 5-кронштейнлар, 6-йўналтирувчи роликлар, 7- ташки йўналтирувчи каркас, 8-телескоп ва харакатчан калпок учун пастки таянч.

Нафас олиш ва сақловчи клапаналар бир вақтда ишлаб кетмаслиги учун, сақловчи клапаннинг босими ва вакууми 5...10% га кўпрок килиб ўрнатилади.

«Нафас олиш» даврида атроф-муҳитдан резервуар ичига учқун ёки аланга тушиши мумкин. Бундай ҳолат олдини олиш учун турли конструкциядаги олов ва учқун тўскичлар ўрнатилади. Одатда, тўскичлар тор ва узун канал кўринишида бўлиб, резервуарни атмосфера билан боғлайди. Бу каналларни ўлчами ва конструкцияси газ ва суюкликларнинг хоссалари билан белгиланади.

Резервуар ичида таъмирлаш ишларини бошлашдан аввал албатта дегазация килиш керак.

Резервуар албатта ўт ўчириш воситалари: қум, белкурак, челак, ўт ўчиргич, кўпикли сув, шланг ва брандспойтлар билан таъминланган бўлиши зарур.

Газгольдерлар. Катта ҳажмдаги газларни паст босимлар (0,4 м.сув.уст.) да сақлаш учун ўзгарувчан кўндаланг кесимли газгольдер-резервуарлар қўлланилади. Ишлаш принципига кўра газгольдерлар қурук ва ҳўл қурилмаларга бўлинади.

Қурук газгольдерлар камдан-кам қўлланилади. Конструктив жиҳатдан бу турдаги газгольдер устига сферик копкок қўйилган цилиндрик вертикал резервуар кўринишида бўлади. Сферик копкок ҳаракатчан тўсик (поршень) ли бўлиб, резервуар деворларига зич тегиб туради. Поршень остига газ ҳайдалганда у кўтарилади ва ҳажми кўпайиб боради; газ резервуардан чикарилганда поршень пастга тушади. Газгольдердаги газ босими поршень массаси ва цилиндрик кобикнинг ички диаметри билан белгиланади. Бу турдаги газгольдерларни эксплуатация мураккаб ҳамда поршеннинг резервуар деворига мукаммал зичланишини таъминлаш кийин.

Ҳўл газгольдерлар энг кенг тарқалган резервуар бўлиб, ҳажми 100...32000 м^3 гача бўлади (9.40-расм). Газгольдер резервуар 1, телескоп 2, ҳаракатчан калпок (колокол) 3 ва йўналтирувчи каркас 4 лардан таркиб топган. Резервуарнинг пастки кисми текис копкок билан ёпилган бўлса, тепа кисми очик; унга телескоп-иккала чети очик цилиндрик оболочка кириб туради; унга ости йўк, сферик каркас копкокли калпок (колокол) кириб туради. Қалпок (колокол) ва телескоп ўз оғирлиги таъсирида резервуарнинг тубигача тушиши мумкин. Резервуарга ҳайдалаётган газ босими таъсирида эса, девор 1 га пайвандланган йўналтирувчи каркас 4 бўйлаб энг тепасигача кўтарилиши мумкин.

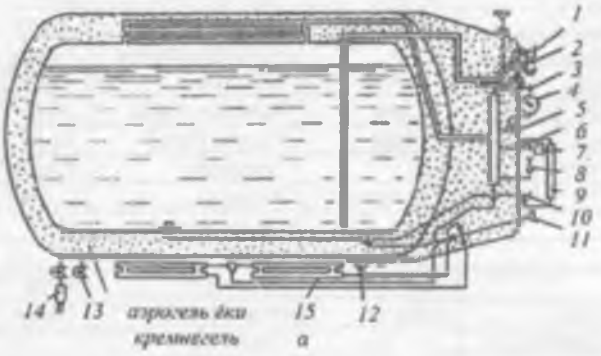
Қалпок (колокол)ни йўналтирувчилар телескоп ичида ҳам бўлиши мумкин. Йўналтирувчилар бўйлаб бир текисда ҳаракатланиш ролик 6 лар туфайли содир бўлади. Ушбу роликлар телескоп ва калпок (колокол)га кронштейн 5 лар ёрдамида маҳкамланади. Айрим ҳолларда, йўналтирувчилар винтсимон чизик кўринишида ясалади. Ҳамма ташки йўналтирувчилар бир-бири ва кобик билан маҳкам бириктирилгани учун ишончли турғунликка эга. Резервуар ва телескоп ҳамда телескоп ва колокол орасидаги ишончли зичланиш сувли затвор ёрдамида таъминланади.

Резервуар тубидаги, телескоп ва қалпок (колокол)нинг ҳалқасимон затворларидаги сувнинг музлаши газгольдерга катта ҳавф туғдиради. Шунинг учун, маҳаллий шароит иклимидан келиб чиккан ҳолда ушбу ҳодисанинг олдини олиш ва тегишли тадбирлар килиш зарур.

Суюлтирилган газлар учун танк ва резервуарлар. Кислородни суюк ҳолатда сақлаш кимматбаҳо, юкори босимли репициентлардан фойдаланмаслик имконини беради. Сақлагичнинг ҳар 1м^3 да 1140 кг кислород бўлади, лекин 0,1 МПа ва 20°С да кислороднинг газ фазадаги миқдори ~850 м^3 ни ташкил этади. Буғланиш туфайли йўкотилишлар миқдори кўп эмас. Ундан ташқари, ажралиб чикаётган кислород буглари газголдерда йиғилади. Стандарт стационар сиғимли идишлар ҳажми 8...80 т гача бўлади. Ҳажми 30 т гача бўлган идишлар цех ичига ўрнатилиши, ундан ортиклари – цех ташкарисига жойлаштирилади. Ушбу идишлар ер остига ёки устига жойланиши мумкин.

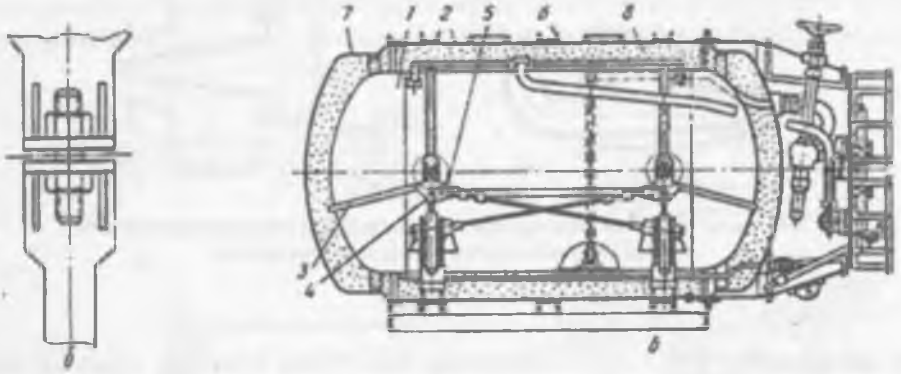
Ҳамма турдаги сақлагичлар авария ҳолатига тушганда, унинг ичидаги суюкликлар махсус ўраларга ёки йиғиш идишларига тушишини таъминлаш керак.

Юк учун мўлжалланган идиш (танк) лар ҳажми 1, 2, 6 ва 30 м^3 бўлади. Буғланиш туфайли кислороднинг йўқотилиши ҳимояловчи қоплама турига ва идишнинг ўлчамига караб, суткасига 0,2...3% ни ташкил этади. Ундан ташқари, танкни совитиш, тўлдириш ва бўшатиш вақтидаги йўқотилишларни ҳам инобатга олиш даркор.



9.41а-расм. Суюлтирилган газ учун резервуар конструкцияси ва схемаси:
1-шлангдан газнинг чиқариш вентили, 2-тўлдириш ва тўкиш вентили, 3- газни чиқариш вентили, 4-манометр, 5-сақловчи мембрана, 6,10- сатх ўлчагич вентили, 7- суюклик ажраткич, 8-сақловчи клапан, 9-сатх ўлчагич, 11-буғлаткич вентили, 12-кобиқнинг сақловчи мембранаси, 13-вакуум силфонли вентил, 14-вакуумни ўлчаш ЛТ-ЧМ лампаси, 15-буғланиш қурилмаси

Буғланиш туфайли йўқотилишларни камайтириш учун суюк кислородни унинг қайнаш температурасидан 8...10°С паст температурагача совитиш керак. Бундай кислородни узок муддат давомида сақланади, чунки уни буғланиши учун ~210 кЖ/кг буғ ҳосил қилиш иссиклигидан ташқари, қайнаш температурасигача иситиш учун яна 15...17 кЖ/кг миқдорда иссиклик узатиш лозим. Демак, ўша иссиклик қопламасида орқали келаётган иссикликда буғланиш туфайли йўқотилишлар ~8% га кам бўлади. Суюқ кислородни совитишнинг энг самарали усули, бу уни ажратиш қурилмасида газсимон азот ёрдамида амалга ошириш мақсадга мувофиқ, чунки газсимон азот температураси кислородникидан 12...13°С га пастрок.



9.41б-расм. Суюлтирилган газ учун резервуар конструкцияси ва схемаси:
1-идиш, 2-кобиқ, 3-осгич, 4-вертикал занжирлар, 5-буйлама занжирлар, 6-пайвандланган ферма, 7- днишче, 8-аэрогель

Турли газ ва суюлтирилган газларнинг сақлаш идишлари ва улардаги ёзув ранглари қуйидаги жадвалда келтирилган.

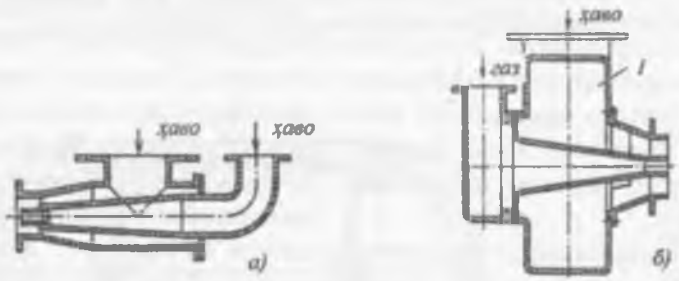
9.2-жадвал

№	Газ номи	Идиш ранги	Ёзув матни	Ёзув ранги	Чизик ранги
1.	Азот	Кора	Азот	Сарик	Жигар- ранг
2.	Аммиак	Сарик	Аммиак	Кора	-
3.	Аргон (техн.)	Кора	Аргон (техн.)	Кўк	Ок
4.	Аргон (тоза)	Кулранг	Аргон (тоза)	Яшил	Яшил
5.	Криптон-ксенон	Кора	Криптон-ксенон	Сарик	Сарик (2 чиз)
6.	Криптон (техн.)	Кора	Криптон	Сарик	Сарик
7.	Криптон (тоза)	Оранж	Криптон (тоза)	Кора	Кора
8.	Ксенон (тоза)	Оранж	Ксенон (тоза)	Кора	Кора
9.	Ацетилен	Ок	Ацетилен	Кизил	-
10.	Водород	Тўк яшил	Водород	-"-	-
11.	Ҳаво	Кора	Сикилган хаво	Ок	-
12.	Гелий	Жигарранг	Гелий	-"-	-
13.	Кислород	Ҳаво ранг	Кислород	Кора	-
14.	Углерод диоксиди	Кора	Углекислота	Сарик	-
15.	Бошка ёнмайдиган газлар	-"-	Газ номи	-"-	-
16.	Бошка ёнувчан газлар	Кизил	Газ номи	Ок	-

Ёкилғи ёндирувчи мосламаларнинг конструкциялари. Газ ёндиргичларнинг тури ва конструкциялари ёкилғининг тури ва босими, оксидловчи модда тури ва физик хоссалари ва ёндиргичларга қўйилган талабларга боғлик.

Кўпчилик технологик талаблардан энг асосийси – бу ёкилғини оксидловчи модда билан аралаштиришдир. Аралаштириш усулига караб ёндириш мосламалари ёнувчи компонентларни дастлабки аралаштирмайдиган, дастлабки тўлик аралаштирадиган, чала ва кисман дастлабки аралаштирадиган ёндиргичларга бўлинади.

Ёнувчи компонентларни дастлабки аралаштирмайдиган газ ёндиргичлари ёкилғи ва оксидловчиларни ёниш камерасига алоҳида-алоҳида узатилишини таъминлайдилар (9.42...9.44-расмлар). Компонентлари аралаштириш бевосита ёниш камерасида амалга оширилгани учун жуда узун аланга ҳосил бўлади.

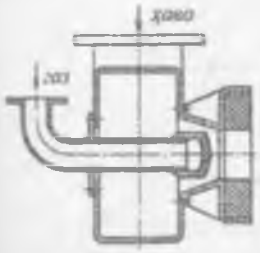


9.42-расм. «Труба ичида труба» типидаги ёндиргич конструкцияси:
а-тўгри оқимчали, пуфловчи, б-бурама ҳаво оқимли;
1-спиралсимон уюрмалагич.

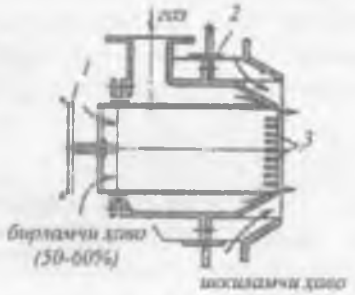
Ҳаво ортикчалиги α=1,1…1,15 бўлганида ҳам тўлик ёнмайди, иссиклик йўкотилиши катта ва иссиклик ажралиб чикишининг ҳажмий зичлиги паст. Бу турдаги газ ёндиргичларининг афзалликлари: катта иссиклик қувватли ёндиргичларни лойиҳалаш имкониятлари чексиз; компонентларни юкори температурагача иситиш; аланганинг турғунлиги; газ ва оксидловчиларнинг босимлари паст бўлганда ҳам бенуқсон ишлайди; тузилиши содда; эксплуатацияда ишончли ишлайди.

Бу турдаги ёндиргичларнинг афзалликлари: иссиклик қуввати катта, ёнувчи компонентларни юкори температурагача исита олади, алангаси турғун, тузилиши содда эксплуатацияда ишончли.

Дастлабки тўлик аралаштирадиган инжекцион, атмосфера босимли (9.45-расм) ва оксидловчини мажбурий узатадиган (9.46-расм) ёндиргичлар ёнувчи аралашмани гомоген ҳолатга келтириш ва тезкор иситиш қобилиятига эга. Натижада, ёндиргичдан чиқишда аралашма юкори жадалликда ёнади ва калта юкори температурали аланга ҳосил килади.



9.43-расм. Пуфловчи, кўп окимчали ёндиргич конструкцияси:
а-кўп окимчали, пуфловчи, б-бурама ҳаво окими, в-спиралсимон уюрмалагич



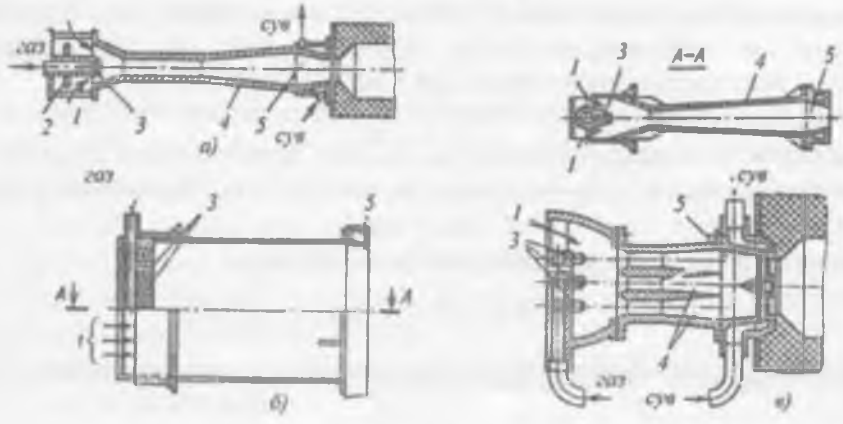
9.44-расм. Кўп окимчали, пуфлагичсиз ёндиргич конструкцияси:
1-бирламчи ҳаво сарфини ростловчи диск, 2- иккиламчи ҳаво сарфини ростловчи халка, 3-газ окимчаларини ҳаво окимига киритиш тиркишлари.

Ҳаво ортикчалиги α=1,02…1,05 бўлганида иссиклик ажралиб чиқишининг ҳажмий зичлиги 6…60 МВт/м^2 ни ташкил этади ва ёкилғининг тўлик ёнишини таъминлайди.

Инжекцион, атмосфера босимли ёндиргичларнинг афзалликлари: иссиклик қуввати ўзгарганда ҳам ҳаво ортикчалиги α нинг кийматини ўзгармас килиб ушлаб тура олади. Камчиликлари: иссиклик қуввати чегараланган ва жуда тор ораликда ростланади; газ ва оксидловчининг босимлари юкори бўлиши талаб этилади; компонентларни киздириш чегараланган; ёндиргичлар конструкцияси кўпол ва ишлаш жараёнида шовкин чикаради.

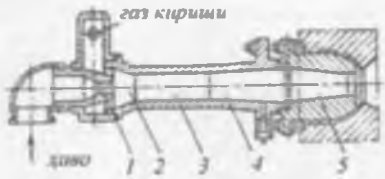
Газ ва оксидловчиларни чала дастлабки аралаштирадиган ёндиргичлар юкорида кайд этилган конструкциялардан нисбатан ёмон аралаштириши билан фаркланади. Бундай конструкцияли ёндиргичларда аралашиш жараёни унинг ташкариси, яъни ёниш камерасида содир бўлади. Ушбу ёндиргичларда аралашиш жараёнининг самарадорлиги газ ёки оксидловчи окимини майда окимчаларга, газ ва оксидловчи окимларнинг ҳаракат йўналишларини ўзгартириш, уларнинг учрашиш бурчагини ўзгартириб ошириш мумкин.

Газ ва оксидловчини кисман дастлабки аралаштирадиган ёндиргичлар юкорида кайд этилган конструкциялардан оксидловчини иккита окимда узатилиши билан фаркланади.



9.45-расм. Инжекцион ёндиргичлар конструкцияси:
а-сув билан совутиладиган бир окимли,
б-ясси кўп соплоли, в-кўп соплоли бир окимли,
1-ҳаво узатиш, 2- ҳаво сарфини ростловчи диск, 3-газ соплоси, 4-диффузор-аралаштиргич, 5-конфузорли сув билан совутиладиган ёндиргичнинг соплоси.

Оксидловчининг битта окими ёндиргичнинг аралашиш зонасига бой ёнувчи аралашма ҳосил килиш учун юборилади. Иккинчи окими эса, тўғридан-тўғри ёниш камерасига узатилади ва ёндиргичдан келаётган оким билан аралашади.



9.46-расм. Пуфловчи, инжекцион ёндиргич конструкцияси:
1-ҳаво соплоси; 2-кириш камераси-аралаштиргич;
3- аралаштиргичнинг цилиндрик кисми; 4-конфузорли сопло

Биринчи ва иккинчи окимчаларнинг нисбати ёниш сифатига ва бир катор кўрсаткичларга, яъни аланга узунлигига, ёниш маҳсулотларининг температурасига, иссиклик ажралиб чикишнинг ҳажмий зичлигига таъсир этади. Ундан ташкари, бу турдаги ёндиргичлар конструкцияси аввалгиларига караганда мураккаброк.

9.11. Реакторларни хисоблаш

Реакторнинг асосий ўлчамлари (ҳажми, фазаларнинг тўкнашиш юзаси) куйидаги умумий нисбатдан аникланади:

$$A = \frac{M}{DK} \tag{9.60}$$

бу ерда. M – кимевий ўзгаришга учраган еки бир фазадан иккинчисига ўтган материал миқдори (узатилаётган еки ажратиб олинаётган иссиклик миқдори), D – жараённинг ҳаракатга келтирувчи кучи, K – жараённинг тезлик коэффициенти

Кимёвий жараённинг кайси омили хал этувчи бўлишига караб, реактор асосий ўлчами жараён давомийлиги (агар жараён кинетик зонада бўлса), модданинг бир фазадан иккинчисига таркалиш тезлиги (агар жараён диффузион зонада бўлса) ёки иссиклик узатилиши (ажратиб олиниши) оркали аникланади. Охирги икки усулда эса, реактор худди иссиклик ва масса алмашиниш курилмаси каби ҳисобланади. Бундан кейин, фақат жараён давомийлиги оркали реакторларнинг асосий ўлчамини ҳисоблашни кўриб чикамиз.

Даврий, идеал аралашиш реакторлари. Энг оддий реактор змеевик ёки ғилофли козон ва аралаштиргичлардан таркиб топган бўлади. Аралаштиргич аралашмани интенсив кориштиради ва ҳажмнинг исталган нуктасида бир хил концентрация бўлишини таъминлайди, яъни концентрация фақат вакт ўтиши билан ўзгаради.

Реакторларни ҳисоблаш учун куйидаги параметрлар берилган бўлади: вакт бирлигидаги иш унумдорлиги ва жараён давомийлиги $\Delta\tau$. Агар жараён давомийлиги $\Delta\tau$ топиб олинса, курилмада бир суткада ишлаб чикариладиган маҳсулот партияларининг сони β ни аниклаш жуда осон.

$\Delta\tau$ ни соатда ифодалаб, куйидаги нисбатни оламиз:

$$\beta\,\Delta\tau = 24 \qquad \text{ва} \qquad \beta = \frac{24}{\Delta\tau} \tag{9.61}$$

Бир суткада ишлаб чикариладиган партиялар сони α эса ушбу нисбатдан топилади:

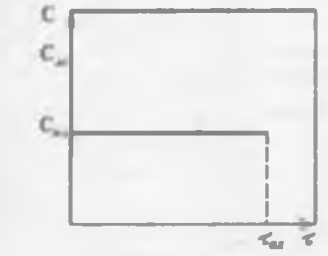
$$\alpha = \frac{V_{сут}}{V_a} \tag{9.62}$$

бу ерда $V_{сут}$ – бир суткада кайта ишланаётган материалнинг ҳажми

(9.61) ва (9.62) тенгламалардан куйидаги боғликликни топиш мумкин:

$$\frac{\alpha}{\beta}=\left(\frac{V_{сут}}{24}\right)\cdot\frac{\Delta\tau}{V_a}=n \qquad (9.63)$$

бу ерда, n – параллел ишлаетган қурилмалар сони



9.47-расм. Идеал аралашиш реакторида концентрация c нинг вакт τ га боғлиқлиги.

Агар қурилмаларнинг ишчи ҳажми V_a ни қабул қилиб олсак, қурилмалар сони n ни аниқлаш мумкин. Агар битта қурилма (n=1) қўллаш мақсадга мувофиқ бўлса, унда (9.63) тенгламадан унинг ишчи ҳажмини аниқлаш мумкин:

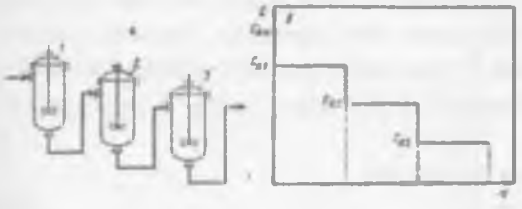
$$V_a=\frac{V_{сут}\cdot\Delta\tau}{24} \qquad (9.64)$$

Узлуксиз ишлайдиган идеал аралашиш реакторлари. Идеал аралашиш реакторларида материал ҳажмининг ҳамма нуқталарида ва вакт ўтиши билан концентрациялар ўзгармасдир. Бундай турдаги реакторлар учун c - τ диаграмма 9.47-расмда келтирилган.

Расмдан кўриниб турибдики, бундай қурилмаларда концентрация бошланғич қиймат c_{A0} дан охирги концентрация c_A=c_{ox} га бир зумда тушади. Ушбу ҳолат, биринчи даражали реакциялар учун моддалар ўзаро таъсир вакти ва реакторнинг ишчи ҳажми ушбу тенгламалардан топилади:

$$\tau_{ap}=\frac{x_{ox}}{K_1\left(1-x_{ox}\right)};\qquad V_a=V_\tau\cdot\tau_{ap} \qquad (9.65)$$

бу ерда, x_{ox} – қурилмадаги модда концентрацияси (c_A=c_{ox}), V_τ – τ вакт ичида қайта ишланган ҳажм



9.48-расм. Идеал аралашиш қурилмалар каскади (а) ва унда концентрация c нинг вакт τ га боғлиқлиги (б).

Маълумки, идеал аралашиш қурилмалари жуда кичик фойдали иш коэффициенти билан характерланади. Демак, бошқа шароитлар бир хил бўлганда, унинг ҳажми максимал қийматга эга.

Идеал аралашиш реакторлар каскади. Идеал аралашиш қурилмаларининг фойдали иш коэффициентини ошириш мақсадида улардан каскад қилинади (9.48-расм).

Каскаддаги реакторлар сонини аниқлаш учун график усулидан фойдаланиш мақсадга мувофиқ (9.49-расм). Биринчи даражали реакция учун биринчи реакторда бошланғич айланиш даражаси x_0 дан x_1 гача ошади. Унда, abc учбурчакдан:

$$\frac{ac}{ab}=\frac{x_2-x_1}{w}=tg\alpha \qquad (9.66)$$

бу ерда, w=$\Delta x/\Delta\tau$ – реакция тезлиги, $tg\alpha$ – bc чизигининг реакция тезлиги ўқига қиялиги

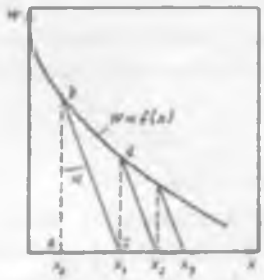
Нукта b дан абсцисса ўқи билан кесишгунча тўғри чизиқ ўтказиб, концентрация x_1 ни топамиз. Шу нуктадан тезлик эгри чизиғи билан кесишгунча вертикал чизиқ ўтказиб d нуктани аниклаймиз. Ҳосил қилинган d нуктадан α бурчак остида абсцисса ўқи билан туташгунча тўғри чизиқ ўтказиб x_2 топамиз. Худди шуни бир неча марта қайтарсак, x_0-x_{ox} оралиқда синиқ, поғонали чизиқ ҳосил бўлади.

Синиқ чизиқдаги поғоналар сони каскаддаги реакторлар сонини билдиради. Графикдаги α бурчак қуйидагича аниқланади:

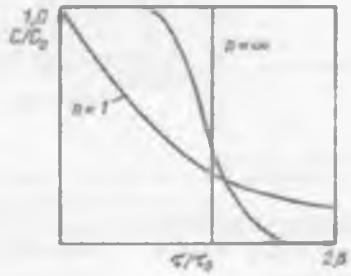
$$\frac{x_2-x_1}{w}=tg\alpha=\tau \qquad (9.67)$$

Лекин τ= V_a/V_τ, демак,

$$tg\alpha = \frac{V_a}{V_\tau}$$



9.49-расм. Каскаддаги реакторлар сонини аниқлашнинг график усули.



9.50-расм. *F* - диаграмма (мавҳум поғоналар сони *n* бўлганда моддаларнинг ювилиб ажраш эгри чизиқлари).

Одатда, ҳисоблашларни ўтказиш учун V_τ нинг киймати берилган бўлади. V_a нинг киймати эса, танлаб олинади, сўнг поғонали синиқ чизиқ курилади ва ундан каскаддаги реакторлар сони топилади.

Идеал сикиб чикарувчи реакторлар. Бундай реактор модели сифатида узунлиги *l* нинг диаметри *D* нисбати жуда катта *(l/D>20)* бўлган трубалар намуна бўла олади. Ушбу реакторнинг ҳар бир кўндаланг кесимининг радиуси бўйлаб концентрация бир текисда (идеал аралашиш) бўлади. Лекин реакторда бўйлама аралашиш юз бермайди. Бундай шароитда концентрация c_A нинг ўзгариши худди шу турдаги даврий ишлайдиган курилманики каби ва сон жиҳатдан бир хил бўлади. Бунинг учун 9.50-расмдаги абсцисса ўкида τ эмас, реактор узунлиги *l* қўйилиши керак.

Қурилманинг ишчи ҳажми ушбу тенгламадан топилади:

$$V_a = V_{сек} \cdot \tau \qquad (9.68)$$

бу ерда, τ – жараён давомийлиги ва юқорида келтирилган кимёвий кинетика тенгламаларидан аникланади

9.12. Сигимли реактор-қозонларни ҳисоблаш

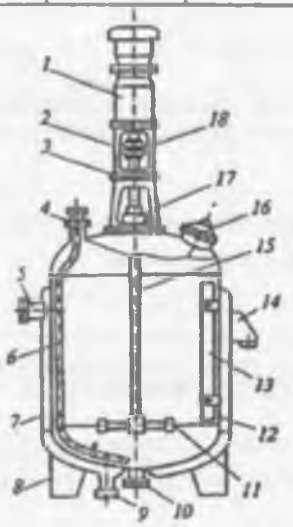
Нефть-газни қайта ишлаш, кимё ва саноатнинг бошқа соҳаларида сигимли реактор-қозонлар кенг кўламда турли муҳитлар билан гомоген ва гетероген кимёвий реакциялар ўтказиш учун ишлатилади. Ушбу турдаги курилмалар даврий ва узлуксиз ишлайдиган бўлади. 9.45-расмда энг кўп кўлланиладиган реактор-қозон конструкцияси тасвирланган. Бу курилмалар 0,1 дан 200 м^3 ҳажм оралигида стандартлаштирилган ва 0,1 дан 10 МПа босимга бардошли этиб тайёрланади. 9.3-жадвалда сиғимли реактор-қозонларнинг техник тавсифлари келтирилган.

Эллиптик диниш ва конкоклик сигимли реактор-қозонларнинг асосий техник кўрсаткичлари

9.3-жадвал

Номинал ҳажм $V_н$, м^3	Қурилма диаметри D, мм	Ғилоф иссиклик алмашиниш юзаси $F_р$, м^2	Змеевик иссиклик алмашиниш юзаси $F_э$, м^2		Аралаштигич ўкининг диаметри $D_в$, мм	Суюклик сатҳнинг баландлиги $H_ж$, м
			1-катор	2-катор		
1	2	3	4	5	6	7
0,1	500	0,7	-	-	40	0,42
0,16	600	0,9				0,47
0,25	700	1,3				0,50
0,4	800	1,9				0,66
0,63	1000	2,5			40; 50; 65	

1,00	1200	3,1	2,8		50; 65	0,68
1,25		4,4	-		50; 65; 80	0,76
1,60		5,8				0,93
2,00	1400	6,5	3,5			1,16
2,50		7,8	-			1,09
3,20	1600	8,5	5,2	9,5	65; 80	1,33
4,00	1600	11,3	-	-	65; 80	1,33
5,00	1800	12,0	4,9	9,1	65; 80; 95	1,63
6,30	1800	14,8	11,5	20,7		1,63
8,00	2000	17,0	-	-		2,01
10,0	2200	20,0	12,4	22,9	80; 95	2,08
12,5	2400	21,0	-	-	80; 95; 110	2,16
16,0	2400	25,5	13,4	24,6		2,27
20	2600	33,5	-	-		2,86
25	2800	38,0	12,8	24,9	95; 110; 130	3,04
32	3000	39,0	12,8	24,9		3,28
40	3200	54,0	-	-		3,64
50	3000	69,7	12,8	24,9		4,00
63	3200	82,8	-	-		5,57
						6,14



9.51-расм. Сигимли реактор-козон:

1-мотор-редуктор, 2-устун, 3-подшипник таянчи; 4,5,9,10-реагент, махсулот ва иссиклик элткичлар штуцерлари, 6-сикиб чикариш трубаси, 7-иссиклик алмашиниш гилофи, 8-таянч, 11-аралаштигич, 12-кобик, 13-кайтарувчи тўсик, 14-таянч, 15-аралаштиргич ўки, 16-люк, 17-ўк зичлагичи, 18-муфта

9.12.1. Даврий сигимли реактор-козонларни хисоблаш формулалари

Одатда кимёвий айланишларни таърифлаш учун реакциянинг стехиометрик тенгламаси қуйидаги кўринишга эга:

$$aA + bB = cC + dD \qquad (9.69)$$

бу ерда, A,B – бошлангич моддалар (реагентлар), C,D – реакция махсулотлари; a,b,c,d – реакция коэффициентлари.

Агар бирорта реагент ёки реакция махсулот массаси маълум бўлса, тўлиқ айланиш учун назарий жиҳатдан зарур бўлган реакциянинг колган компонентлар массасини (9.69) тенглама ёрдамида ҳисоблаш мумкин.

Даврий ишлайдиган реакторлар учун жараён давомийлиги τ (с) қуйидагича аникланади:

– ноль тартибли реакциялар учун

$$\tau_p = \frac{1}{K_{эф}} \cdot (x_{Ak} - x_{An}) \qquad (9.70)$$

бу ерда, K_{p0} – ноль тартибли реакция тезлигининг константаси, кмоль/(м^3·с), x_{A0}, x_{Ak} – системадаги A модданинг бошлангич ва охирги концентрациялари, кмоль/м^3

– биринчи тартибли реакцнялар учун

$$\tau_p = \frac{1}{K_{p1}} \cdot \ln \frac{x_{A0}}{x_{Ak}} \tag{9.71}$$

бу ерда, K_{p1} – биринчи тартибли реакция тезлигининг константаси, с$^{-1}$;

– иккинчи тартибли реакцнялар учун

$$\tau_p = \frac{1}{K_{p2}} \cdot \frac{1}{x_{B0} - x_{A0}} \cdot \ln \frac{\left(x_{B0} - x_{A0} + x_{Ak}\right) \cdot x_{A0}}{x_{Ak} \cdot x_{B0}} \tag{9.72}$$

бу ерда, K_{p2} – иккинчи тартибли реакция тезлигининг константаси, м^3/(кмоль·с), x_{B0} – системадаги B реакцияда иштирок этаётган модданинг бошлангич, кмоль/м^3

Тайёр махсулотнинг массавий сарфи G (кг/соат) бўлганда, реактор-козон ҳажми (м^3) куйидагича ҳисобланади:

$$V = \frac{G \cdot \tau_ц}{\varphi \cdot \rho \cdot n} \tag{9.73}$$

бу ерда, $\tau_ц$ – битта цикл давомийлиги, с; φ – реакторнинг тўлдирилиш коэффициенти, φ=0,7-0,8 кўпирмайдиган суюкликлар учун, φ=0,4-0,6 кўпирадиган суюкликлар учун; ρ-тайёр махсулот зичлиги, кг/м^3, n – параллел ишлаётган реакторлар сони

Реакторнинг якуний номинал ҳажми 9.3-жадвалдан танланади. Умумий ҳолда циклнинг давомийлиги ушбу йўл билан аникланади:

$$\tau_ц = \tau_p + \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4 + \tau_5 \tag{9.74}$$

бу ерда, τ_p – реакция давомийлиги унинг тартиб ракимига боғлик бўлиб (9.72)-(9.73) формулалар ердамида аникланади; τ_1 – реакторни янги циклга тайёрлаш вакти, одатда регламентда берилган бўлади ва у τ_1=10-60 мин ; τ_2 – реакторни суюклик билан тўлдириш вакти ва ушбу формуладан топилади:

$$\tau_2 = \frac{V_ж}{V_{нс}} \tag{9.75}$$

бу ерда, $V_ж$ – реактордаги суюклик ҳажми, м^3; $V_{нс}$ – реакторга суюклик узатаётган насос унумдорлиги, м^3/с; τ_3, τ_4 – реактор гилофи иссиклик алмашинниш юзасини иситиш ва совитиш давомийлиги куйидаги формула оркали ҳисобланади

$$\tau_{3,4} = \frac{Q_{3,4}}{F \cdot K_{3,4} \left(\Delta t_{ур}\right)_{3,4}} \tag{9.76}$$

бу ерда, τ_3 – реакторнинг бўшаш давомийлиги, суюклик тўкиш усулига боғлик. (9.76) формулада F – иссиклик алмашинниш юзаси, м^2; $K_{3,4}$ – иситиш ёки совитиш давридаги иссиклик ўтказиш коэффициенти, Вт/(м^2·К), $(\Delta t_{ур})_{3,4}$ – иситиш ёки совитиш жараёнидаги ўртача температуралар фарки

$Q_{3,4}$-реактор ва унинг ичидаги моддаларни иситиш ёки совитиш учун сарфланаётган иссиклик микдори ушбу формуладан аникланади:

$$Q_{3,4} = \left(m_p \cdot c_p + m_ж \cdot c_ж\right) \cdot \Delta t_{3,4} \tag{9.77}$$

бу ерда, m_p, $m_ж$ – реактор ва унга юкланган суюклик массалари, кг; c_p, $c_ж$ – реактор ва унга юкланган суюклик материалларининг солиштирма иссиклик сигимлари, Ж/кг; $\Delta t_{3,4}$- иситиш ёки совитиш жараёнидаги ўртача температуралар фарки

$$\Delta t_{3,4} = t_p - t_н; \qquad \Delta t_4 = t_p - t_к;$$

бу ерда, t_p – реакция температураси; $t_н$ –иситилгунга кадар суюкликнинг бошлангич температураси; $t_к$ –совутилгандан кейинги суюкликнинг охирги температураси

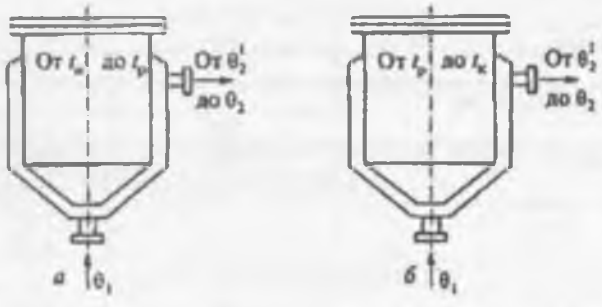
$\Delta t_{ур}$ ни (9.76) формула бўйича ҳисоблаш нотурғун иссиклик алмашиниш шартлари бўйича бажарилади, чунки реакцияда иштирок этувчи суюкликларни иситиш ёки совитиш жараёнида температура вакт бўйича ўзгариб туради.

Агар иситиш жараёнида реакцияда иштирок этувчи суюклик аралашмасининг температураси $t_н$ дан $t_р$ гача кўтарилганда агрегат ҳолати ўзгармаса, яъни иссиклик элткич температураси θ_2 дан θ_1 гача ўзгаради. Унда, ўртача температуралар фарки қуйидагича аникланади (9.52-расм):

$$(\Delta t_{ур})_3 = \frac{t_р - t_н}{\ln\frac{\theta_1 - t_н}{\theta_1 - t_р}} \cdot \frac{A-1}{A \ln A}; \qquad (9.78)$$

бу ерда, $A = \frac{\theta_1 - t_р}{\theta_2 - t_р}$.

Агар реакцияда иштирок этувчи суюклик аралашмаси сув буғи билан иситилганда $\theta_1 = \theta_1' = \theta_2$ бўлади ва $(\Delta t_{ур})_3$ ўртача арифметик ёки логарифмик фарк сифатида ҳисобланади.



9.52-расм. Даврий ишлайдиган реакторда температура ўзгариши.

Агар реакцияда иштирок этувчи суюклик аралашмаси, совуклик элткич билан совутилганда θ_2 вакт бўйича ўзгаради ва $(\Delta t_{ур})_4$ қуйидагича ҳисобланади:

$$(\Delta t_{ур})_4 = \frac{t_р - t_н}{\ln\frac{t_р - \theta_1}{t_н - \vartheta_1}} \cdot \frac{A-1}{A \ln A}; \qquad (9.79)$$

бу ерда $A = \frac{t_н - \theta_1}{t_н - \theta_2}$.

τ_3 тахминий киймати ушбу формулада ҳисобланиши мумкин:

$$\tau_3 = \frac{900 \cdot V_ж}{D^2} \qquad (9.80)$$

Реакторни бўшатиш суюкликни остки тўкиш штуцери оркали ташкил этилганда:

$$\tau_3 = \frac{1{,}1 \cdot 10^{-3} \cdot V_ж}{H_ж^{0.5} \cdot D^2} \qquad (9.81)$$

бу ерда, $V_ж$ – реактордаги суюклик хажми, м³; D–курилма диаметри, м; $H_ж$ – курилмадаги суюклик сатҳининг бошлангич баландлиги, м

Ғилоф ичидаги ёки змеевик билан ўралган деворга суюкликдан таркалаётган иссиклик ушбу формула билан ифодаланади:

$$Nu = C \cdot \mathrm{Re}_{ар}^{a} \cdot \mathrm{Pr}^{0.33} \qquad (9.82)$$

бу ерда, D – реактор ички диаметри, м; $d_{тр}$ – змеевик трубасининг ташки диаметри, м; $Re^{a}_{ар} = n \cdot d_{ар}^{2} / \nu_{ж}$ – Рейнольдснинг марказдан кочма критерийси; n – аралаштиргич айланиш частотаси, 1/с; $d_{ар}$ – аралаштиргич диаметри, м; $\nu_{ж}$ – суюклик кинематик ковушкоклиги, м²/с

Бунда, ғилофга таркалаётган иссиклик $Nu=\alpha D/\lambda$ ва змеевикка узатилаётгани эса $Nu=\alpha d_{тр}/\lambda$ оркали ҳисоблаб топилади.

(9.82) формуладаги C ва a коэффициентларнинг сон кийматлари 9.4-жадвалда келтирилган.

Турбулент режимда (Re>10000) ғилоф ёки змеевикда ҳаракатланаётган суюкликнинг иссиклик бериш коэффициенти ушбу формуладан аникланади:

$$Nu = 0{,}021 \cdot \varepsilon \cdot \mathrm{Re}^{0.8} \cdot \mathrm{Pr}^{0.43} \qquad (9.83)$$

бу ерда, $\varepsilon=1+(3{,}6d_э/D_{тр})$ – каналларнинг эгрилигини инобатга олувчи коэффициент; $D_{тр}$ – змеевик диаметри, $d_э$ – канал эквивалент диаметри

9.4-жадвал

Аралаштиргич тури	Тусик борлиги	C	a
Ғилофли курилма учун			
Турбинали (очик)	бор	0,760	0,67
	йўк	0,350	0,67
Пропеллерли (уч парракли)	бор	0,514	0,67
	йўк	0,380	0,67
Икки парракли	бор	0,526	0,67
	йўк	0,360	0,67
Лангарли	-	1,000	0,50
	-	0,380	0,67
Змеевиклик курилма учун			
Турбинали	йўк	0,036	0,67
Пропеллерли (уч парракли)	бор	0,068	0,67
	йўк	0,078	0,62
Икки парракли	йўк	0,030	0,62

Одатда, цилиндрик ғилоф ичида иссиклик таркалиши табиий конвекция шароитида кечади ва Re<2300 бўлган ҳолларда ҳам куйидаги формулада ҳисоблаш тавсия этилади:

$$Nu = \frac{\alpha \cdot H_р}{\lambda} = C\left(Gr \cdot \mathrm{Pr}\right)^{a} \qquad (9.84)$$

бу ерда $10^3<Gr\cdot Pr<10^9$ да C=0,76; a=0,25; $Gr\cdot Pr>10^9$ да C=0,15; a=0,33.

Агар иссиклик элткич сифатида сув ишлатилса, $Gr\cdot Pr$ кўпайтмаси соддалашган формулада ҳисобланади:

$$\left(Gr \cdot \mathrm{Pr}\right) = H_р^{3} \cdot \left(t_{ст} - \theta_{ур}\right) \cdot B \qquad (9.85)$$

бу ерда, $H_р$ – ғилоф билан ўралган идиш деворининг баландлиги, м; $t_{ст}$ – девор температураси, °С; $\Theta_{ур}$ – ғилофдаги иссиклик элткич температураси, °С; B – ушбу коэффициент $\Theta_{ур}$ га боғлик ва куйидаги жадвалдан танланади

$\Theta_{ур}$, °С	0	10	20	40	60	80	100	150	200
$B\cdot10^{-9}$	2,64	15,5	27,0	39,0	68,0	102	147	290	493

Реакция даврида ушбу параметрни куйидагича ҳисоблаш мумкин:

$$\theta_{ур} = \frac{\theta_1 + \theta_2}{2}; \qquad t_{ст} = \frac{t_р + \theta_{ур}}{2}$$

Курилмани совитиш даврида

$$\theta_{ур} = \frac{t_р + t_к}{\ln\frac{t_р}{t_к}} - (\Delta t_{ур})_4 \qquad (9.86)$$

(9.85) тенгламада $t_{ст}$ ни қуйидагича аниқлаш мумкин:

$$t_{ст} - \theta_{ур} = \frac{(\Delta t_{ур})_4}{2}$$

Аралаштиргич юриткичи қувватини ҳисоблаш. Ушбу мослама қувватини танлаш юриткич механик ф.и.к. ни инобатга олган ҳолда гидродинамик ҳисоблаш натижалари асосида амалга оширилади. Юриткичнинг ҳисобланган қуввати қуйидагига тенг:

$$N_р = \frac{N}{\eta_{пр} \cdot \eta_{узл}} \qquad (9.87)$$

бу ерда, N – реакцияда иштирок этувчи суюкликларни аралаштириш учун зарур қувват; $\eta_{пр}$ –юриткич ф.и.к., $\eta_{узл}$ – зичлагич ф.и.к.

Юриткич қуввати ва тайёрланишига караб $\eta_{пр}$=0.75-0,95; $\eta_{узл}$=0,9-0,98.

$N_р$ кийматига караб, ҳисобланган қувват миқдорига энг якин катта қувватли стандарт юриткич танланади.

Ламинар режим ($Re_{иб}$<100) да реакцияда иштирок этувчи суюкликларни аралаштириш учун зарур қувват ушбу формуладан аникланади:

$$N = C \cdot \mu \cdot n^2 \cdot d_м^3 \qquad (9.88)$$

бу ерда, C – курилма конструкцияси ва турига боғлик коэффициент; μ – динамик ковушоклик, Па·с; n – аралаштиргич айланишлар сони, айл/с; $d_м$ – аралаштиргич диаметри.

C ва K_N коэффициентларнинг кийматлари ньютон суюкликлари учун махсус адабиётларда берилган [23].

Лентали ва шнекли аралаштиргичли курилмалар учун турбулент режим($Re_{иб}$>100) да зарур қувват куйидаги формуладан аникланади:

$$N = K_N \cdot \rho \cdot n^3 \cdot d_м^2 \qquad (9.89)$$

9.13. Узлуксиз ишлайдиган реактор-козонларни ҳисоблаш

Реакторнинг номинал ҳажми куйидагича аникланади:

$$V = \frac{V_р \cdot \tau \cdot (1 + a)}{\varphi} \qquad (9.90)$$

бу ерда, $V_р$ – ҳажмий сарф, м³/с; a – қувват захираси коэффициенти, юриткичли, зичлагичли ва аралаштиргичли реактор учун a =0,1...0,2; φ–курилмани тўлдирилиш коэффициенти; τ–зарур айланиш учун керакли бўлган реакция вакти:

$$\tau = \frac{x_{Ав} - x_{Ак}}{r_A} \qquad (9.91)$$

бу ерда, r_A – реакция тезлиги

$$r_A = K_р \cdot x_A^a \cdot x_B^b \qquad (9.92)$$

бу ерда, $K_р$– кимевий реакция тезлигининг константаси; a,b – реакция коэффициентлари (9.69).

(9.92) формуладаги x_{Ak} ва x_{Bk} ларни топиш учун 1 тонна тайёр махсулот бўйича A ва B моддалар чикишини ҳисоблаш керак.

Реакция тезлиги константаси тажриба йўли билан топилади. Гомоген муҳитда реагентнинг концентрацияси кичик бўлган ҳолларда ушбу коэффициент Аррениус тенгламаси ёрдамида ҳисобланиши мумкин:

$$K_p = \kappa_0 \exp\left(-\frac{E}{RT}\right)$$

бу ерда, κ_0 – вакт бирлигида жуфт тўкнашишлар сонини тавсифловчи пропорционаллик коэффициенти, E – кимевий реакция фаоллаштириш энергияси, Ж/кмоль, R=8314 Ж/(кмоль·К) – газнинг универсал доимийси, T – абсолют температура, К.

Реакцияда иштирок этувчи аралашманинг ҳажмий сарфи:

$$V = V_{уд} \cdot G \qquad (9.93)$$

бу ерда, G – тайёр махсулот бўйича реакторнинг белгиланган унумдорлиги, т/с, $V_{уд}$ – 1 т махсулотга тўғри келадиган реакцион аралашма ҳажми, м³/т:

$$V_{уд} = \frac{\sum m_i}{\rho_{ср}} \qquad (9.94)$$

бу ерда, $\sum m_i$ – 1 тонна тайёр махсулотга тўғри келадиган, реакцион аралашмани таркибига кирувчи махсулотлар массасининг йиғиндиси, кг/т.

Номинал ҳажм V кийматига караб, 9.3-жадвалдан стандарт реактор танланади. Реакцион аралашмани аралаштириш учун зарур бўлган кувват даврий ишлайдиган реактор-козонлар учун мўлжалланган формулалардан фойдаланиш тавсия этилади.

Мисол 9.1. Ғилофли реактор-козон асосий элементларининг мустаҳкамлик ҳисоби қилинсин.

Бошлангич маълумотлар: Қозоннинг ички диаметри D=1000 мм, ғилофники – D_1=1100 мм (9.45-расм). Қурилма цилиндрик кисмининг узунлиги l=960 мм, қурилмадаги босим 0,3 МПа, вакуум эса – 0,08 МПа гача. Қурилма ичида температура 160°С, ғилофдаги – 160°С; ғилофдаги босим 0,6 МПа.

Обечайка ва эллиптик днишчелар учун ҳисобланган босим қуйидагича бўлади:

$$P_a = 0{,}6 + 0{,}08 = 0{,}68\ МПа$$

Қурилма ва ғилофдаги муҳитлар коррозион фаол эмаслиги туфайли реакторнинг материали ВСт3сп деб танланади.

Қурилма ғилофининг цилиндрик обечайкасини ҳисоблаш. Ички босим остидаги цилиндрик обечайка деворининг калинлиги ушбу формуладан ҳисобланади:

$$S_p = \frac{D_1 \cdot P}{2[\sigma]\cdot\varphi - P} + C = \frac{0{,}6 \cdot 1{,}1}{2 \cdot 149 \cdot 1 - 0{,}6} + 0{,}002 = 4{,}22\ мм$$

Олинган натижани яхлитлаб, S_p=6 мм деб кабул қиламиз.

Рухсат этилган ортикча босим куйидаги формуладан аникланади:

$$[P] = \frac{2[\sigma]\cdot\varphi\cdot(S_p - C)}{D_1 + (S_p - C)} = \frac{2 \cdot 149 \cdot 1 \cdot (0{,}006 - 0{,}002)}{1{,}1 + (0{,}006 - 0{,}002)} = 1{,}08\ МПа$$

P=0,6 МПа<[P]=1,08 МПа бўлгани учун, мустаҳкамлик шарти бажарилмокда.

Реактор қобиғи цилиндрик обечайкасини ҳисоблаш. Обечайка деворининг калинлиги қуйидагича ҳисобланади:

$$S = \frac{D \cdot P}{2[\sigma]\cdot\varphi - P} + C = \frac{0{,}3 \cdot 1}{2 \cdot 149 \cdot 1 - 0{,}3} + 0{,}002 = 3{,}0\ мм$$

Қурилма қобиғининг калинлигини ғилоф обечайкасига тенг, яъни S=6 мм деб олиб, рухсат этилган ортиқча босим миқдорини топамиз:

$$[P]=\frac{2[\sigma]\cdot\varphi\cdot(S_p-C)}{D+(S_p-C)}=\frac{2\cdot149\cdot1\cdot(0{,}006-0{,}002)}{1+(0{,}006-0{,}002)}=1{,}19\ МПа$$

P=0,3 МПа<[P]=1,19 МПа бўлгани учун, мустаҳкамлик шарти бажарилмокда.
Ташки босим таъсири шартидан обечайка деворининг калинлиги:

$$S=1{,}18D\cdot\left(\frac{P_a\cdot l}{E\cdot D}\right)^{0{,}4}+C=1{,}18\cdot1\cdot\left(\frac{0{,}68\cdot0{,}96}{1{,}85\cdot10^5\cdot1}\right)^{0{,}4}+0{,}002=9{,}8\ мм$$

S=10 мм деб кабул киламиз.
Мустаҳкамлик шартлари бажарилишини кўриб чикамиз:

$$1{,}5\sqrt{\frac{2\cdot(0{,}01-0{,}002)}{1}}\prec\frac{96}{1}\prec\sqrt{\frac{1}{2\cdot(0{,}01-0{,}002)}};\qquad 0{,}19<0{,}96<7{,}9;$$

$$\frac{0{,}96}{1}\succ0{,}3\cdot\frac{1{,}85\cdot10^5}{250}\sqrt{\frac{2\cdot(0{,}01-0{,}002)}{1}}^{3};\qquad 0{,}96>0{,}444.$$

бу ерда σ=250 МПа, мустаҳкамлик шартлари бажарилмокда.

Демак, рухсат этилган кучланиш кийматини ҳисобламаса ҳам бўлади. Қурилма кобиги калинлигини S=10 мм деб кабул киламиз.

Эллиптик днишче ҳисоби. Ушбу днишче калинлиги қуйидагича ҳисобланади:

$$S=\frac{R\cdot P}{2[\sigma]\cdot\varphi-0{,}5\cdot P}+C=\frac{0{,}6\cdot1}{2\cdot149\cdot1-0{,}5\cdot0{,}6}+0{,}002=4{,}22\ мм$$

бу ерда $R=(D_1)^2/4H_d=1{,}12(4\cdot0{,}25D_1)=D_1$.

Қурилма днишчеси калинлигини ғилоф обечайкаси калинлигига тенг, яъни S_p=6 мм деб кабул киламиз.
Рухсат этилган ички ортиқча босим ушбу формуладан аникланади:

$$[P]=\frac{2[\sigma]\cdot\varphi\cdot(S_d-C)}{R+0{,}5\cdot(S_d-C)}=\frac{2\cdot149\cdot1\cdot(0{,}006-0{,}002)}{1{,}1+0{,}5\cdot(0{,}006-0{,}002)}=1{,}08\ МПа$$

P=0,6 МПа<[P]=1,08 МПа бўлгани учун, мустаҳкамлик шарти бажарилмокда.

$$S_d=\frac{R\cdot P}{2[\sigma]\cdot\varphi-0{,}5\cdot P}+C=\frac{0{,}3\cdot1}{2\cdot149\cdot1-0{,}5\cdot0{,}3}+0{,}002=3{,}1\ мм$$

Қурилма кобиғининг днишчеси калинлигини кобиқ обечайкасига тенг, яъни S_d=10 мм деб олиб, рухсат этилган ички босим миқдорини топамиз:

$$[P]=\frac{2[\sigma]\cdot\varphi\cdot(S_d-C)}{R+0{,}5\cdot(S_d-C)}=\frac{2\cdot149\cdot1\cdot(0{,}01-0{,}002)}{1{,}1+0{,}5\cdot(0{,}01-0{,}002)}=2{,}16\ МПа$$

P=0,3 МПа<[P]=2,16 МПа бўлгани учун, мустаҳкамлик шарти бажарилмокда.

Ташки босим таъсири шартидан днишче деворининг калинлиги:

$$S_d \geq S_p + C$$

бу ерда $S_p = \max\left\{\frac{K_y \cdot R_1}{300}\cdot\sqrt{\frac{P_a}{10^{-6}\cdot E}};\frac{P_a \cdot R_1}{2[\sigma]_1}\right\}$

Тахминий ҳисоблар учун K_y=0,9 деб кабул киламиз.

$$\frac{0{,}9\cdot 1000}{300}\cdot\sqrt{\frac{0{,}68}{1{,}85\cdot 10^5\cdot 10^{-6}}} = 5{,}75\ мм\ ; \qquad \frac{0{,}68\cdot 1000}{2\cdot 149} = 2{,}28\ мм\ ;$$

$$S_p = \max\{5{,}75;2{,}28\} = 5{,}75\ мм\ .\ S_d \geq 5{,}75 + 2 = 7{,}75\ мм\ .$$

S_d=10 мм деб кабул киламиз ва ташки рухсат этилган босимни ҳисоблаймиз.

$$[P] = \frac{[P]_a}{\sqrt{1+\left(\frac{[P]_a}{[P]_E}\right)^2}} \geq P$$

бу ерда $[P]_a = \frac{2[\sigma]_1\cdot\varphi\cdot(S_{d1}-C)}{R_1+0{,}5\cdot(S_{d1}-C)} = \frac{2\cdot 149\cdot(10-2)}{1000+0{,}5\cdot(10-2)} = 2{,}37\ МПа$;

$$[P]_E = \frac{26\cdot 10^{-6}\cdot E}{n_y}\cdot\left|\frac{100\cdot(S_{d1}-C)}{K_y\cdot R_1}\right|^2 = \frac{26\cdot 10^{-6}\cdot 1{,}85\cdot 10^5}{2{,}4}\cdot\left|\frac{100\cdot(10-2)}{0{,}933\cdot 1000}\right|^2 = 1{,}474\ МПа$$

бу ерда H_A/D_1=0,25 ва $D_1/(S_{d1}-C)$=1000/(10-2) =1,25 да K_y=0,933; n_y=2,4 – ишчи шароитда турғунлик захирасининг коэффициенти.

Унда,

$$[P] = \frac{2{,}37}{\sqrt{1+\left(\frac{2{,}37}{1/474}\right)^2}} = 1{,}25\ МПа$$

0,68 МПа<1,25 МПа бўлгани учун, мустаҳкамлик ва турғунлик шартлари бажарилмокда.

Аралаштиргич ўқини тебранишга бардошлигини ҳисоблаш. Суюклик ковушоклиги μ<0,3 Па·с ва ρ_c<1500 кг/м^3 бўлганда аралаштиргич ўкининг тебранишга бардошлик шарти $\omega \leq 0{,}7\cdot\omega_{kp}$ кўринишга эга.

Ўкнинг айланиш частотасини 50 айл/мин. деб кабул килиб бурчак тезликни ҳисоблаймиз:

$$\omega_p = \frac{\pi\cdot n}{30} = \frac{3{,}14\cdot 50}{30} = 5{,}2\ рад/с$$

9.3-жадвалдан реактор-козон диаметри D=1 м, ўки d_e=0,05 м диаметрли курилма танлаймиз ва ўк кўндаланг кесимининг инерция моментини аниклаймиз:

$$J = \frac{\pi\cdot d_e^4}{64} = \frac{3{,}14\cdot 0{,}05^2}{64} = 30{,}6\cdot 10^{-8}\ м^4$$

Номинал ҳажми 1 м^3 ва диаметри D=1 м ли реактор-козонга l=1,8 м ли ўк кабул киламиз. Консоль узунлиги a=1,2 м, аралаштиргич массаси 25 кг, ўкнинг консоль кисмининг массаси 18 кг.

Ўкга маҳкамланган диск массаси 25 кг+18 кг=43 кг.

$$\omega_{кр}^2 = \frac{3E \cdot J}{m \cdot l \cdot a^2} = \frac{3 \cdot 2{,}2 \cdot 10^{11} \cdot 30{,}6 \cdot 10^{-6}}{43 \cdot 1{,}8 \cdot 1{,}2^2} = 1812;$$

$$\omega_{кр} = 42{,}6 \ рад/с$$

$\omega_р$=5,2 рад/с≤0,7·$\omega_{кр}$=29.8 рад/с бўлгани учун, тебранишга бардошлик шарти бажарилмокда.

Мисол 9.2. Сульфат кислота ва никель гидрооксиди билан куйидаги реакция

$$Ni(OH)_2 + 2H_2SO_4 = NiSO_4 + 2H_2O$$

бўйича ўзаро таъсирида никель сульфатини олиш учун узлуксиз ишлайдиган реактор-козон ҳажми ва кимёвий реакция тезлиги ҳисоблансин.

Бошлангич маълумотлар: Курилманинг сувсиз $NiSO_4$ бўйича унумдорлиги G=2 т/сутка. Айланиш даражаси χ=0,85. Иккинчи тартибли реакция тезлигининг константаси $K_р$=5,76·10^{-4} м^3/(кмоль·с). 1 тонна тайёр маҳсулотга тўғри келадиган суюкликлар аралашмасининг йигиндиси $\sum m_i = 6257 \ кг/т$. Суюклик аралашмасининг зичлиги $\rho_{см}$=1167 кг/м^3.

1 тонна C маҳсулотга зарур бўлган A ва B моддалар массаси куйидаги формуладан аникланади:

$$m_A = m_C \cdot \frac{a \cdot M_A}{c \cdot M_C} = 1000 \cdot \frac{93}{155} = 600 \ кг/т$$

$$m_B = m_C \cdot \frac{b \cdot M_B}{c \cdot M_C} = 1000 \cdot \frac{98}{155} = 632 \ кг/т$$

бу ерда a=b=1 M_A, M_B, M_C – $Ni(OH)_2$, H_2SO_4, $NiSO_4$ ларнинг молекуляр огирликлари.

Реагентларнинг айланиш даражасини ҳисобга олиб, уларнинг массаларини аниклаймиз:

$$m_A^{'} = \frac{K_A \cdot m_A}{\chi} = \frac{1 \cdot 600}{0{,}85} = 706 \ кг/т$$

$$m_B^{'} = \frac{K_B \cdot m_B}{\chi} = \frac{1{,}1 \cdot 632}{0{,}85} = 818 \ кг/т$$

A ва B моддаларнинг реакцияга киришмаган ортикча массаси

$$m_A^{*} = m_A^{'} - m_A = 706 - 600 = 106 \ кг/т$$

$$m_B^{*} = m_B^{'} - m_B = 818 - 632 = 186 \ кг/т$$

A ва B моддаларнинг чикишдаги массаси

$$n_A^{'} = \frac{m_A^{'}}{M_A} = \frac{106}{93} = 1{,}14 \ кмоль/т$$

$$n_B^{\cdot} = \frac{m_{B_{ec}}^{\cdot}}{M_B} = \frac{186}{998} = 1.9 \text{ кмоль / т}$$

1 тонна маҳсулотга тўғри келадиган реакцион аралашма ҳажми қуйидаги формуладан аникланади:

$$V_{сар}^{\cdot} = \frac{\sum m_i^{\cdot}}{\rho_{сар}} = \frac{6257}{1167} = 5{,}36 \text{ м}^3 / т$$

Курилмадан чикишдаги реагентлар концентрацияси

$$x_{Ac} = \frac{n_A^{\cdot}}{V_{сар}^{\cdot}} = \frac{1{,}14}{5{,}36} = 0{,}213 \text{ кмоль / м}^3$$

$$x_{Bc} = \frac{n_B^{\cdot}}{V_{сар}^{\cdot}} = \frac{1{,}9}{5{,}36} = 0{,}354 \text{ кмоль / м}^3$$

А реагентнинг бошланғич концентрацияси

$$x_{Ac} = \frac{x_{Ac}}{1-x} = \frac{0{,}213}{1-0{,}85} = 1.42 \text{ кмоль / м}^3$$

Реакция тезлиги ушбу формуладан аникланади:

$$r_A = K_p \cdot x_{Ac}^{a} \cdot x_{Bc}^{e} = 5{,}76 \cdot 10^{-4} \cdot 0{,}213 \cdot 0{,}354 = 4{,}34 \cdot 10^{-5} \text{ кмоль/(м}^3 \cdot c)$$

Реакция учун зарур вакт

$$\tau = \frac{x_{Ac} - x_{Ak}}{r_A} = \frac{1{,}42 - 0{,}213}{4{,}34 \cdot 10^{-5}} = 2{,}78 \cdot 10^4 c$$

Реакцияда иштирок этувчи суюкликларнинг ҳажмий сарфи:

$$V_p = V_{сар} \cdot G = 5{,}36 \cdot 2 = 10{,}72 \text{ м}^3 / сутка = 0{,}446 \text{ м}^3 / соат$$

Реакторни тўлдирилиш даражасини φ=0,75 ва кувват захираси коэффициентини a=0,15 деб кабул килиб, реакторнинг номинал ҳажмини топамиз:

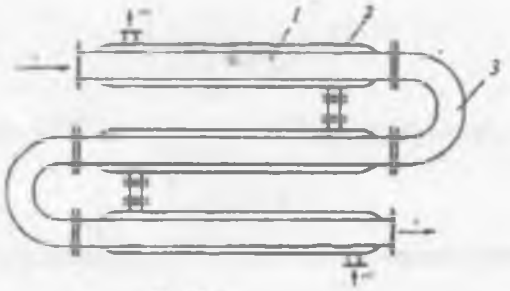
$$V = \frac{V_p \cdot a \cdot (1+a)}{\varphi} = \frac{0{,}446 \cdot 2 \cdot 2.78 \cdot 10^4 \cdot (1+0{,}15)}{3600 \cdot 0{,}75} = 5{,}28 \text{ м}^3$$

9.1-жадвалдан куйидаги техник параметрларга эга бўлган реактор-козон танлаймиз:

ҳажми - V=6,3 м^3;
диаметри - D=1,8 м;
ғилоф юзаси - F=14,8 м^2;
суюклик сатҳининг баландлиги - H=2.01 м.

9.14. Суюклик мухитларида реакция ўтказиш учун трубали реакторларни ҳисоблаш

Трубали реакторлар юкори босимда кимёвий жараёнларни ўтказиш учун қўлланилади. Ушбу реакторлар идеал сикиб чикариш режимида ишлайди ва конструктив жиҳатдан содда (9.53-расм).



9.53-расм. Трубали реактор тузилиши:
1-труба, 2-гилоф, 3-калач

Ушбу реактор ғилоф билан ўралган горизонтал ёки вертикал трубалардан змеевик кўринишида тайёрланади. Одатда, бу турдаги реакторларда трубалар узунлиги жуда катта бўлиб, унинг гидравлик каршилигини юкори бўлишга сабабчи бўлади. Шунинг учун, лойихачилар минимал каршиликда керакли режимни таъминлаш максадида трубанинг оптимал узунлигини ҳисоблаб аниклашади. Тез ёки бир зумда кечадиган реакциялар учун реактор трубаларининг узунлиги кичик бўлади.

Суюкликнинг поршенли ҳаракат режимида реактор узунлиги қуйидагига тенг бўлади:

$$L = w \cdot \tau$$

бу ерда, w – оким тезлиги, м/с. τ – реакция давомийлиги, с;

Диаметри d бўлган трубада муҳитнинг тезлиги:

$$w = \frac{4V_p}{\pi \cdot d^2}$$

бу ерда, V_p – реакцион мухит ҳажмий сарфи, м^3/с

Мисол 9.3. Реакторда суюкликнинг ҳаракат режими турбулент бўлганда, реакция давомийлиги, реактор трубасининг диаметри ва суюкликнинг тезликлари ҳисоблансин. Реактордаги секциялар сони ва унинг гидравлик каршилиги аниклансин.

Бошланғич маълумотлар. Реакцион мухит ҳажмий сарфи V_p=16 м^3/с. Компонентнинг бошланғич концентрацияси Ax_{An}= 16 кмоль/м^3, компонента Bx_{Bn}= 1,8 кмоль/м^3. Реакция жараёнида айланиш даражаси χ=0,85. Реакция тезлигининг константаси K_{p2}=0,05 м^3/(кмоль·с). Муҳитнинг зичлиги ρ=980 кг/м^3, ковушкоклиги μ=6·10^{-3} Па·с. Реакция стехиометрик тенглама (9.1) бўйича кечмокда.

A компонентнинг охирги концентрацияси

$$\chi = 1 - \frac{x_{Ak}}{x_{An}}$$

бундан

$$x_{An} = x_{An} \cdot (1 - \chi) = 1{,}6 \cdot (1 - 0{,}85) = 0.24 \ кмоль/м^3$$

Иккинчи тартибли реакциялар давомийлиги қуйидаги тенгламадан топилади:

$$\tau = \frac{1}{K_{p2}} \cdot \frac{1}{x_{Bn} - x_{An}} \cdot \ln \frac{(x_{Bn} - x_{An} + x_{Ak}) \cdot x_{Bn}}{x_{Ak} \cdot x_{Bn}} = \frac{1 \cdot 1}{0{,}05 \cdot (1{,}8 - 1{,}6)} \cdot \ln \frac{(1{,}8 - 1{,}6 + 0{,}24) \cdot 1{,}6}{0{,}24 \cdot 1{,}8} = 49 \ с$$

Суюклик ҳаракатинннг турбулент режими қуйидаги шароитда юз беради:

$$\mathrm{Re} = \frac{wd\rho}{\mu}$$

Re=20000 деб кабул киламиз ва трубанинг зарур диаметрини аниклаймиз:

$$d = \frac{\mathrm{Re} \cdot \mu}{w \cdot \rho}$$

Ундан ташкари, труба диаметрини ушбу формуладан ҳам топса бўлади:

$$d = \sqrt{\frac{4V_s}{\pi \cdot w}}$$

Охирги икки тенгламани биргаликда ечиб, қуйидаги кўринишга келамиз:

$$d = \frac{4V_s \cdot \rho}{\pi \cdot \mathrm{Re} \cdot \mu} = \frac{4 \cdot 16 \cdot 980}{3{,}14 \cdot 3600 \cdot 2 \cdot 10^4 \cdot 6 \cdot 10^{-3}} = 0{,}046\ м = 46\ мм$$

Реактор трубаси учун стандарт 48х4 мм ли трубани танлаб, тезлик ва Рейнольдс сонларининг ҳакикий кийматларини ҳисоблаб топамиз:

$$w = \frac{4V_s}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 16}{3600 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}04^2} = 3{,}54\ м/с$$

$$\mathrm{Re} = \frac{wd\rho}{\mu} = \frac{3{,}34 \cdot 0{,}04 \cdot 980}{6 \cdot 10^{-3}} = 21821 \succ 10000$$ - турбулент режим.

Реактор трубасининг узунлигини аниклаймиз:

$$L = w \cdot \tau \quad = 3{,}54 \cdot 49 = 173{,}5\ м$$

Битта секция узунлигини 6 м деб кабул килиб, секциялар сонини ҳисоблаймиз:

$$n = \frac{L}{l} = \frac{173{,}5}{6} = 28{,}91 = 29\ та\ секция$$

Реактор труба бўшлиғининг гидравлик қаршилигини ҳисоблаймиз.

Суюклик труба ичида ҳаракатланганда босимнинг умумий йўкотилиши бу ишкаланиш каршилиги ва маҳаллий каршиликларда йўкотилган босимлар йиғиндисига тенгдир.

$$\Delta p = \Delta p_{ишк} + \Delta p_{мк}$$

Трубалар озгина коррозияга учраган пўлатдан ясалган деб кабул киламиз. Труба деворининг ғадир-будурлиги e = 0,2 мм.

$$\varepsilon = \frac{e}{d_э} = \frac{0{,}2}{40} = 0{,}005$$

$$\frac{10}{\varepsilon} \prec \mathrm{Re} \prec \frac{560}{\varepsilon}$$

Re=21821 ва d/e = 200 бўлган ҳол учун гидравлик каршилик коэффициентни аниклаймиз.

$$\lambda = \frac{1}{4 \cdot \left\{ \lg \left[\frac{\varepsilon}{3{,}7} + \left(\frac{6{,}81}{\mathrm{Re}} \right)^{0{,}9} \right] \right\}^2} = \frac{1}{4 \cdot \left\{ \lg \left[\frac{0{,}005}{3{,}7} + \left(\frac{6{,}81}{21821} \right)^{0{,}9} \right] \right\}^2} = 0{,}035$$

Ишкаланиш каршилигини енгиш жараёнидаги босимнинг йўкотилиши:

$$\Delta p_{ишк} = \lambda \cdot \frac{L}{d_э} \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} = 0{,}035 \cdot \frac{173{,}5}{0{,}04} \cdot \frac{980 \cdot 3{,}54^2}{2} = 930000\ Па$$

Босимлар фарки жуда катта бўлгани учун труба диаметрининг катталаштирамиз, яъни стандарт 89х7 мм ли трубани танлаймиз, суюклик тезлиги ва Рейнольдс сонини аниклаштирамиз:

$$w = \frac{4V_p'}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 16}{3600 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}075^2} = 1{,}007\ м/с$$

$$\mathrm{Re} = \frac{wd\rho}{\mu} = \frac{1{,}007 \cdot 0{,}075 \cdot 980}{6 \cdot 10^{-3}} = 12335 \succ 10000$$

$$\varepsilon = \frac{e}{d_э} = \frac{0{,}2}{75} = 0{,}0027$$

$$\lambda = 0{,}032$$

Реактор трубасининг узунлигини қайтадан ҳисоблаймиз:

$$L = w \cdot \tau \quad = 1{,}007 \cdot 49 = 49\ м$$

Битта секция узунлигини 4 м деб кабул килиб, секциялар сонини ҳисоблаймиз:

$$n = \frac{L}{l} = \frac{49}{4} = 12{,}25 = 13\ та\ секция \qquad \text{ва} \qquad L = 13 \cdot 4 = 52\ м$$

Сўнг, босим йўкотилишини аниклаймиз:

– ишкаланиш қаршилиги туфайли

$$\Delta p_{ишк} = \lambda \cdot \frac{L}{d_э} \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} = 0{,}032 \cdot \frac{52}{0{,}075} \cdot \frac{980 \cdot 1{,}007^2}{2} = 11024 \quad Па$$

– маҳаллий каршиликлар туфайли

Маҳаллий каршилик коэффициентлари:

а) бурилиш $R=2d$ (n-1=13-1=12 та) - $\xi_1 = 1{,}5$;

Жами: $\sum\xi = 18$

$$\Delta p_{мк} = \sum \xi \cdot \frac{\rho w^2}{2} = 12 \cdot 1{,}5 \cdot \frac{980 \cdot 1{,}007^2}{2} = 8944\ Па$$

Босимнинг умумий йўкотилиши

$$\Delta p_{ум} = \Delta p_{ишк} + \Delta p_{мк} = 11024 + 8944 = 19968\ Па\ ёки \approx 0{,}2\ кг \cdot к/см^2$$

9.15. Пиролиз жараёнининг трубали ўтхоналарини ҳисоблаш

Кимёвий жараёнлар учун мўлжалланган трубали ўтхона-реакторлар оддий қиздириш ўтхоналарда ишлаш шароити ва конструктив тузилиши билан фаркланади. Табиийки, технологик ҳисоблашлар ҳам тубдан ажралиб туради.

Юкори температурали пиролиз жараёнлари хом-ашёли змеевикларга иссикликни бир текисда узатишни талаб этади. Ўз навбатида, бу талаб радиация камераси конструкциясининг ноанъанавий бўлишини белгилаб берди, яъни кўп окимли змеевикларнинг якинида оловбардош ғиштлардан тахланган ўта кизиган деворнинг орасида икки томонлама иссиклик нурланиши орқали иситилади. Пиролиз ўтхонасининг энг кенг таркалган конструкцияларидан бири 9.54-расмда келтирилган.

Пиролиз ўтхонасининг ҳисоби қуйидаги кетма-кетликда бажарилади:

1. Ёкилғини ёниш жараёни ҳисобланади.

2. Ўтхонанинг қувватини, хом-ашё ва пиролиз маҳсулотининг таркибини билган ҳолда қуйидагилар аникланади:

а) хом-ашёнинг молекуляр массаси ва зичлигини, ундаги ҳар бир компонентнинг бир соат ичидаги масса ва моль миқдорини;

б) пирогазнинг молекуляр массаси ва зичлигини (нормал шароитдаги), унинг ҳар бир компонентнинг бир соат ичидаги масса ва моль миқдорини;

в) буғ-газ аралашмасининг ўтхонага кириш ва чиқишдаги таркиби (масса ва моль улушда).

Олинган маълумотларни жадвалга йиғилади.

3. Пиролизга бериладиган газ таркибини билган ҳолда, реакция кетадиган змеевикли шаклидаги трубанинг охиридаги температурани аниклаймиз. Бунинг учун газ аралашмасининг ўтхона трубаси ичида бўладиган умумий вактини олдиндан белгилаб оламиз.

4. Ўтхонанинг фойдали иссиклик қувватини, ф.и.к. ва ёкилғисининг соат ичида сарфланадиган миқдорини аниклаймиз. Ҳисоблашни қуйидаги схема бўйича олиб борамиз:

а) хом-ашёнинг углеводород таркибини ҳисобга олган ҳолда, реактордан чиқишдаги температурани аниклаймиз;

б) пиролиз жараёнидаги реакциянинг иссиклигини ва бир соат ичида сарф бўладиган иссиклик миқдорини аниклаймиз;

в) хом-ашё ва сув буғини ўтхонага киришдаги температурадан реакция кечадиган трубага киришдаги температурагача иситиш учун керак бўлган иссикликнинг бир соат ичидаги миқдорини аниклаймиз (дастлаб кабул килиб олинади);

г) реакция трубасидаги буғ-газ аралашмасини иситиш учун зарур бўлган иссикликнинг бир соат ичида сарфланадиган миқдорини аниклаймиз. Бунда буғ-газ аралашма реакция трубасига киришдан олдин хом-ашё ва сув буғидан, реакция трубасининг охирида пиролиз маҳсулоти ва сув буғидан иборат бўлиши назарда тутилади;

д) реакция трубасида сарф бўладиган иссикликининг бир соат ичидаги миқдори ҳисоблаб топилади;

е) ўтхонанинг фойдали иссиклигини аниклаймиз;

ж) ўтхонадан чиқаётган тутун газларининг температурасини ва ташки муҳитга йўкотиладиган иссиклик улушини кабул килиб, ўтхонанинг ф.и.к.ни топамиз;

з) бир соатдаги ёкилғи сарфини аниклаймиз.

5. Радиант камерадан чиқаётган тутун газларининг температурасини аниклаймиз. Бунинг учун ўтхонанинг иссиклик балансидан реакция кечадиган трубанинг иссиклик юкламасини билган ҳолда, тутун газларининг ўтхонадан чиқишидаги энтальпиясини ва температурани аниклаймиз.

6. Дастлаб мумкин бўлган иссиклик кучланишини кабул килиб, реакция кечадиган трубанинг иситиш юзасини аниклаймиз. Трубанинг диаметрини ва фойдали узунлигини танлаб олиб, змеевикли шаклидаги трубанинг умумий узунлигини топамиз. Параллел уланган оқимлар сонини белгилаб оламиз ва трубанинг фойдали узунлигини, бир оқимдаги трубалар сонини топамиз. Битта трубанинг тўла узунлигини кабул килиб олиб, бир оқимдаги реакция кечадиган трубанинг тўла узунлигини топамиз.

7. Буғ-газ аралашмасининг реакция трубасидан ўтадиган вактини аниклаймиз.

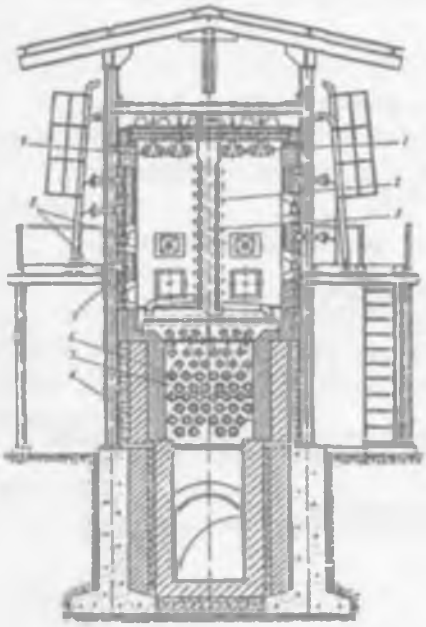
Ҳисоблаш қуйидаги схема бўйича олиб борилади:

а) реакция трубасининг охиридаги босимни кабул килиб, трубадаги босим пасайишини белгилаб, труба бошидаги босимни топамиз;

б) трубанинг боши ва охиридаги буғ-газ аралашмасининг зичлигини ҳамда реакция трубасидаги ўртача зичликни топамиз;

в) змеевикли трубадаги буғ-газ аралашмасининг массавий тезлигини топамиз;

г) трубанинг боши ва охиридаги буғ-газ аралашмасининг чизикли тезлигини ҳамда реакция трубасидаги ўртача тезлигини топамиз;



9.54-расм. Унумдорлиги 6...8 т/соат бўлган икки томонлама нурланиш экранли пиролиз ўтхонаси:
1-тепа экран; 2-икки томонлама нурланадиган экран; 3- труба панжараси; 4-каркас; 5-конвекция камераси; 6-змеевик конвекция кисмининг труба панжараси; 7-панелли ендиргич; 8-кузатиш ойнаси; 9-тепа экран илгаклари

д) бир окимдаги реакция трубасининг тўла узунлигини буғ-газ аралашмасининг ўртача тезлигига бўлиб, аралашманинг трубадаги вакти аникланади. Бу вакт дастлаб кабул қилинган вактдан кўп бўлмаслиги керак. Акс ҳолда ҳисобни кайтадан бажариш керак бўлади. Агар бунда ҳам вакт камаймаса, 3 банддан бошлаб яна кайта ҳисобланади.

8. Дарси-Вейсбах тенгламасидан реакция трубасидаги босимнинг йўкотилишини аниклаймиз. Топилган киймат дастлаб кабул килингандан ошмаслиги керак. Акс ҳолда ҳисоблаш кайта бажарилади.

Пропан фракцияси учун пиролиз ўтхонасининг ҳисоби махсус адабиётда келтирилган [135].

Этан фракцияси учун пиролиз ўтхонасининг радиация камерасини ҳисоблаш. Пиролиз учун хом-ашё ва пиролиз маҳсулотининг (пирогаз) таркиблари 9.5 ва 9.6-жадвалда келтирилган. Пиролиз ўтхонасининг хом-ашё бўйича қуввати G=7000 кг/соат. Жараёнга Z=700 кг/соат (10% масс. хом-ашёга ҳисоблаганда) сув буғи берилмокда. Ўтхонага кираётган хом-ашёнинг температураси t=35°С. Ёндириладиган газ ёкилғисининг таркиби қуйидагича: CH_4 – 59% ва H_2=41% (ҳажм.)

Бундай ўтхоналарни ҳисоблаш, киска вакт ичида реакция кечадиган ўтхона трубаларини ҳисоблашдан иборат. Пиролиз жараёнида реакция кечадиган труба узунлиги бўйича температура, босим, ҳажм ва маҳсулот таркиби узлуксиз равишда ўзгариб туради. Шунинг учун реакция кечадиган трубанинг ҳисоби икки боскичдан иборат бўлади: биринчи боскич – дастлабки ҳисоблашдан, иккинчи боскич – трубанинг бўлакларини алоҳида ҳисоблашдан иборат.

Дастлабки ҳисоблашда иситиш юзаси, трубанинг сони ва узунлиги ҳамда реакция натижасида ҳосил бўлган маҳсулотнинг труба ичида бўлиш вакти аникланади.

1. Ёниш жараёнини ҳисоблаш.

Ёкилғининг ёниш иссиклигини (кЖ/кг) қуйидаги формула оркали топамиз:

$$Q_p^n = \sum_{n=1}^{n} Q_n^n \cdot y_i = 10{,}8 \cdot 0{,}41 + 35{,}84 \cdot 0{,}59 = 25{,}574\ МЖ/м^3 = 55838{,}4\ кЖ/кг$$

Ёкилғининг нормал шароитдаги зичлиги:

$$\rho = \sum \frac{M_i}{22{,}4} \cdot y_i = \frac{2}{22{,}4} \cdot 0{,}41 + \frac{16}{22{,}4} \cdot 50 = 0{,}393\ кг/м^3$$

Ёкилғининг ўртача молекуляр массаси:

$$M = \sum M_i \cdot y_i = 2 \cdot 0{,}41 + 16 \cdot 0{,}59 = 10{,}26\ кг/м^3$$

Газсимон ёкилғининг элементар таркиби, % масс.:

$$C = \frac{12,01}{M}\sum_{n=1}^{n} n_{H_n} \cdot y_i = \frac{12,01}{10,26} \cdot 59 = 69$$

$$H = \frac{1}{M}\sum_{n=1}^{n} n_{H_n} \cdot y_i = \frac{1}{10,26} \cdot (4 \cdot 59 + 2 \cdot 41) = 31$$

1 кг ёкилғини ёниши учун зарур бўлган ҳавонинг назарий сарфи:

$$L_0 = 0,115C + 0,345H = 0,115 \cdot 69 + 0,345 \cdot 31 = 18,63 \text{ кг / кг}$$

Деворлари нур таркатувчи ўтхоналар учун ҳавонинг ортикчалик коэффициентини a = 1,3 деб кабул к

иламиз. Бунда ҳавонинг ҳакикий сарфи қуйидагича топилади:

$$L = \alpha \cdot L_0 = 1,3 \cdot 18,63 = 24,22 \text{ кг / кг}$$

1 кг ёқилғи ёнганда ҳосил бўладиган маҳсулотнинг миқдорини, яъни тутун гази таркибини аниклаймиз:

$$m_{CO_2} = 0,03667 \cdot C = 0,03667 \cdot 69 = 2,53 \text{ кг / кг}$$

$$m_{H_2O} = 0,09 \cdot H = 0,09 \cdot 31 = 2,79 \text{ кг / кг}$$

$$m_{O_2} = 0,232 \cdot L_0 \cdot (a-1) = 0,232 \cdot 18,63 \cdot 0,3 = 1,297 \text{ кг / кг}$$

$$m_{N_2} = 0,768 \cdot L_0 \cdot a = 0,768 \cdot 18,63 \cdot 1,3 = 18,6 \text{ кг / кг}.$$

Ёнганда ҳосил бўладиган барча маҳсулотларнинг миқдори:

$$G_{ж} = m_{CO} + m_{H_2O} + m_{O_2} + m_{N_2} = 2,53 + 2,79 + 1,297 + 18,6 = 25,21 \text{ кг / кг}$$

ёки

$$G_{ж} = 1 + a \cdot L_0 = 1 + 1,3 \cdot 18,63 = 25,2 \text{ кг / кг}.$$

Ҳаво таркибидаги намликни ҳисобга олмаймиз.

1 кг ёқилғи ёнганда ҳосил бўладиган барча маҳсулотларнинг ҳажмини ($м^3$/кг) топамиз (нормал шароитда):

$$V_{CO_2} = \frac{m_{CO_2} \cdot 22,4}{M_{CO_2}} = \frac{2,53 \cdot 22,4}{44} = 1,29 \text{ м}^3 / \text{кг}$$

$$V_{H_2O} = \frac{m_{H_2O} \cdot 22,4}{M_{CO_2}} = \frac{2,79 \cdot 22,4}{18} = 3,47 \text{ м}^3 / \text{кг}$$

$$V_{O_2} = \frac{m_{O_2} \cdot 22,4}{M_{O_2}} = \frac{1,297 \cdot 22,4}{28} = 1,03 \text{ м}^3 / \text{кг}$$

$$V_{N_2} = \frac{m_{N_2} \cdot 22,4}{M_{N_2}} = \frac{18,6 \cdot 22,4}{28} = 1,03 \text{ м}^3 / \text{кг}$$

Ёнган маҳсулотлар ҳажмиининг йиғиндиси:

$$V_{ж} = V_{CO_2} + V_{H_2O} + V_{O_2} + V_{N_2} = 11,29 + 3,47 + 1,03 + 14,88 = 30,67 \text{ м}^3 / \text{кг}.$$

Ёнганда ҳосил бўлган тутун газининг 273К ва $0,1 \cdot 10^6$ Па даги зичлиги:

$$\rho_{ис} = \frac{G_{ис}}{V_{ис}} = \frac{25,2}{30,67} = 0,82 \text{ кг / м}^3 .$$

Хом-ашё ва пирогаз таркибининг ҳисоби – уларнинг физик-кимёвий хоссаларини билишни талаб этади (9.5 ва 9.6-жадваллар).

Хом-ашёнинг молекуляр массаси M_c=29,3 кг/кмоль, зичлиги ρ_c=1,308 кг/м^3 (9.5-жадвал);

Пирогазнинг молекуляр массаси $M_п$=7,16 кг/кмоль, зичлиги $\rho_п$=1,21 кг/м^3 (9.6-жадвал);

Топширикка биноан, хом-ашёни пиролиз килиш жараёнида унга 700 кг/соат сув буғи қўшиб амалга оширилади. 9.7-жадвалда сув буги-газ аралашмасини ўтхона змеевикига кириш (хом-ашё ва сув буғи) ва змеевикдан чикишдаги (пирогаз ва сув буғи) таркиби берилган.

9.7-жадвалдаги маълумотларга таяниб буғ-газ аралашмасининг молекуляр массасини топамиз:

– ўтхона змеевикига киришда

$$M_{ис} = \frac{7700}{277,8} = 27,7 \text{ кг / кмоль};$$

– ўтхона змеевикидан чикишда

$$M_{чик} = \frac{7700}{296,28} = 25,99 \text{ кг / кмоль};$$

Реакциянинг охирги температурасини ҳисоблаш ёки ўтхона змеевикидан чикишдаги пирогаз температурасини аниқлаш чизикли интерполяция усулида олиб борилади:

Хом-ашё – этан фракцияси

9.5-жадвал

Хом-ашё компоненти	Мол. масса M_i	Массавий улуш $\bar{y}_i$	$\frac{\bar{y}_i}{M_i}$	Моль улуш $y_i = \frac{\bar{y}_i / M_i}{\sum \bar{y}_i / M_i}$	Хом-ашё ўртача моль массаси $M_c = \sum y_i M_i$	Миқдор	
						$G_i = 7000 \cdot \bar{y}_i$ кг/соат	$G_i = G_i / M$ кмоль/соат
CH_4	16	0,1	0,00625	0,1832	2,9312	700	43,75
C_2H_4	30	0,7	0,02333	0,6838	20,5140	4900	163,33
C_3H_8	44	0,2	0,00454	0,1331	5,8564	1400	31,82
Жами		1,0	0,03412	1,000	29,30	7000	238,9

Пиролиз махсулотлари

9.6-жадвал

Хом-ашё компоненти	Мол. масса M_i	Массавий улуш $\bar{y}_i$	q_i / G_i кмоль/кмоль хом-ашё	Моль улуш $y_i = \frac{y_i / M_i}{\sum y_i / M_i}$	Хом-ашё ўртача моль массаси $M_c = \sum y_i M_i$	Миқдор	
						$G_i = 7000 \cdot \bar{y}_i$ кг/соат	$G_i = G_i / M_i$ кмоль/соат
H_2	2	0,025	0,0255	0,0018	0,05	12,6	6,100
CH_4	16	0,22	0,2373	0,1296	3,52	907,2	56,700
C_2H_6	30	0,26	0,2805	0,2872	7,80	2010,4	67,013
C_2H_4	28	0,43	0,4639	0,4433	12,04	3103,1	110,825
C_3H_8	42	0,02	0,0216	0,0309	0,84	216,3	5,150
C_4H_6	54	0,012	0,0130	0,0239	0,65	167,3	3,098
C_5H_{12}	72	0,029	0,0313	0,0769	2,09	538,3	7,476
CO_2	44	0,004	0,0043	0,0064	0,18	44,8	1,018
Жами		1,000	1,077	1,000	27,16	7000	257,38

$$T = T_1 x_1 + T_2 x_2 + T_3 x_3 + T_4 x_4$$

бу ерда T_2, T_3, T_4 – тоза холдаги C_2H_6, C_3H_6, C_3H_8, C_4H_{10} углеводородларни пиролиз килишдаги реакциянинг охирги температураси, x_1, x_2, x_3, x_4 – хом-ашеда C_2H_6, C_3H_6, C_3H_8, C_4H_{10} углеводородларнинг миқдори (масс. улуш)

Углеродни ажратмасдан этан пиролиз килиш жараёнидаги охирги температура оптимал контакт килиш вакти билан боғлик ва ушбу формуладан топилади:

$$\lg \tau_{опт}^{мин} = -12{,}75 + \frac{13700}{T_2} \qquad (9.95)$$

Углеводород аралашмалари пиролиз килинади, демак, хамма углеводородлар учун газ аралашмасининг реакция зонасида бўлишнинг умумий вакти бир хил ва оптимал контакт вакти билан куйидаги боғликликда:

$$\tau_{общ} \le (1{,}8 \div 2{,}1) \cdot \tau_{опт}$$

Ўтхонага киришда ва чикишдаги буғ-газ аралашмасининг таркиби

9.7-жадвал

Компонент	Ўтхонага киришдаги буғ-газ аралашмаси				Утхонага киришдаги буғ-газ аралашмаси			
	миқдор		улуш		миқдор		улуш	
	кг/соат	кмоль/соат	масс.	моль	кг/соат	кмоль/соат	масс.	моль
H_2					12,6	6,10	0,0016	0,0206
CH_4	700	43,75	0,0909	0,1576	907,2	56,70	0,1178	0,1914
C_2H_6	490	163,13	0,6354	0,5879	2010,4	67.013	0,2611	0,2262
C_2H_4	-	-	-	-	3103.1	110.825	0,4030	0.3741
C_3H_6	-	-	-	-	216,3	5,150	0,0281	0.0174
C_4H_6	-	-	-	-	167,3	3,098	0,0217	0.0104
C_5H_{12}	-	-	-	-	538.3	7,476	0.0699	0.0205
CO_2	-	-	-	-	44.8	1,018	0,0058	0,0034
C_3H_8	1400	31,82	0,1818	0,1145	-	-	-	-
H_2O	700	38,90	0,0910	0.1400	700	38,9	0,091	0,1313
Жами	7700	277,8	1,000	1.000	7700	296.28	1,000	1,000

Пиролиз трубали ўтхонаси змеевикида газнинг умумий бўлиш вакти

9.8-жадвал

Углеводородлар пиролизи	Оралик		
	Жараён температураси, К	Жараён босими $P \cdot 10^{-3}$, Па	$\tau_{ум}$, с
C_2H_6	1048-1113	208-319	0,7-1,30
C_3H_6	1065-1095	208-319	0.5-0.80
C_3H_8	883-1103	208-319	0,7-1,13
C_4H_{10}	883-1103	208-319	0.7-1.13

Хом-ашё этан билан бойитилди, шунинг учун 9.8-жадвалдаги маълумотлар асосида курилмада умумий бўлиш вактини 0,7 с деб кабул киламиз. Умумий вакт оптимал вактдан 2,1 карра ортиклигини белгилаб олиб $\tau_{опт}$ ни топамиз:

$$\tau_{опт}^{мин} = \frac{\tau_{общ}}{2.1} = \frac{0{,}7}{2.1} = 0{,}33$$

Олинган натижани (9.97) кўйсак, куйидагини оламиз:

$$\lg 0{,}33 = -12{,}75 + \frac{13700}{T_2}$$

Бундан, этаннинг реакция температурасини аниклаймиз:

$$T_2 = 1117\,K = 844^\circ C$$

Углерод хосил килмасдан пропанни этиленга пиролиз килиш жараёнининг оптимал вакти ушбу формуладан аникланади:

$$\lg \tau_{опт}^{зад} = -10{,}96 + \frac{11038}{T_3}$$

яъни

$$\lg 0{,}33 = -10{,}96 + \frac{11038}{T_3}$$

бундан T_3=1055К=782°С.

C_2H_6 ва C_3H_8 углеводородларнинг аралашмадаги миқдорининг хисоблаш натижалари 9.9-жадвалда келтирилган.

Хом-ашё аралашмаси таркибидаги C_2H_6 ва C_3H_8 углеводородларнинг миқдори

9.9-жадвал

Компонент	Миқдори G_i, кг/соат	Массавий улуш $\bar{y}_i = G_i / \sum G_i$
C_2H_6	4900	0,78
C_3H_6	1400	0,22
Жами:	6300	1,00

Ўтхона змеевикидан чикаётган пирогазнинг охирги температурасини аниклаймиз:

$$T = 1117 \cdot 0{,}78 + 1055 \cdot 0{,}22 = 1103{,}36\,K = 830^\circ C$$

Ўтхона иссиқлик юкламаси, ф.и.к ва ёқилғи сарфини хисоблаш. Хамма хисоблашлар, яъни реакцион змеевикка киришдан аввал хом-ашёнинг температураси пиролиз реакцияси бошланиш температурасидан паст деб кабул килинади. Тажриба натижалари асосида хом-ашёнинг реакцион змеевикка киришдан аввалги температурасини T=873К=600°С деб оламиз.

Ўтхонанинг фойдали иссиклиги куйидагига тенг:

$$Q_{фойд} = Q_1 + Q_2 + Q_{реакц}$$

бу ерда

$$Q_1 = (G + Z) \cdot (i_{600} - i_{35}) = (7000 + 700) \cdot (1659{,}83 - 66{,}07) = 3408{,}9\ кВт$$

буғ-газ аралашмаси (хом-ашё ва сув буғи)ни ўтхонага киришдаги 35°С дан реакцион змеевикка киришдаги 600°С гача иситиш учун сарфланаётган иссиклик миқдори.

Буғ-газ аралашмасини 600 дан 830°С гача киздириш учун сарфланаётган иссиклик миқдори ушбу формуладан топилади:

$$Q_2 = (G + Z) \cdot (i_{830} - i_{600}) = (7000 + 700) \cdot (2389{,}5 - 1659{,}8) = 5618459\ кЖ/соат = 1560{,}68\ кВт$$

Тегишли температуралар учун энтальпия ушбу формуладан аникланади:

$$i_t = \sum y_i i_i$$

бу ерда, i_i – i-компонент энтальпияси 9.10-жадвалдан олинади; $\bar{y}_i$ – тегишли компонентлар массавий улушлари 9.6-жадвалдан олинади.

Масалан,

$$i_{35^\circ C} = 80{,}36 \cdot 0{,}0909 + 65{,}11 \cdot 0{,}6364 + 62{,}47 \cdot 0{,}1818 + 65{,}6 \cdot 0{,}0910 = 66{,}07\,кЖ/кг$$

Энтальпияни ҳисобланган натижалари 9.11-жадвалда келтирилган.
Реакциянинг иссиклик эффекти қуйидаги тенгламадан аникланади:

$$\Delta H = H_2 - H_1$$

бу ерда, H_1 ва H_2 – хом-ашё ва пирогазларнинг ҳосил бўлиш иссикликлари, кЖ/кмоль

H_1 ва H_2 ларни хом-ашё ва пирогаз компонентларининг ҳосил бўлиш иссикликларини реакциянинг охирги (T=1103К=830°С) температурасидаги уларнинг кийматларини кўшиш билан топамиз.

Газ ва углеводород бугларининг энтальпиялари (1 ккал=4,19 кЖ)

9.10-жадвал

t, °С	Водород H_2	Метан CH_4	Этен C_2H_4	Этилен C_2H_4	Пропан C_3H_8	Пропилен C_3H_6	Бутен C_4H_{10}	Бутилен C_4H_8	Этилацетилен C_4H_6	Пентан C_5H_{12}	Ацетилен C_2H_2	Углерод диоксиди CO_2	Сув буги
100	342,8	54,8	44,4	39,3	42,6	38,8	40,6	40,6	38,4	43,3	42,08	20,7	44,7
200	688,9	117,4	98,8	87,1	96,3	86,0	96,8	90,6	84,4	96,7	80,01	43,5	90,5
300	1035	188,8	162,6	142,9	159,1	141,4	159,5	148,9	136,6	158,8	139,5	68.0	137,5
400	1383	269,1	235,6	205.0	231,2	203,8	230,9	214,2	194,7	229,8	192,8	93,9	186,1
500	1733	357,1	316,2	273,2	309,2	272,4	308,0	285,4	257,9	306,3	248,4	121,0	236,2
600	2084	452,8	403,6	346,5	395,7	346,5	393,2	361,9	325,3	391,0	306,3	149,0	287,9
700	2439	555,2	496,9	423,4	486,4	425,3	482 6	442,9	396,1	479,5	366,0	177,9	341,4
800	2798	655,8	595,5	505,0	581,7	508,0	575,4	528,0	470,5	571,3	427,6	207,4	396,6
900	3161	781,6	698,8	589,4	680,9	594.4	672,7	616,6	547,6	667,3	490,8	237,4	453,5
1000	3529	900,8	806,5	677,0	784,5	683.5	774,1	707,6	627,3	767,6	555,4	268,1	512,0
1100	3902	1023	917,3	767,4	891,9	775,4	879,5	801,5	709,2	871,6	621,3	299,1	572,0
1200	4280	1147	1031	859,4	1003	869.8	988.0	897,7	792,7	979,2	688,5	330,5	633,6

Буг-газ аралашмаларининг энтальпиялари, кЖ/кг

9.11-жадвал

Компонент	t=35°С			t=600°С			t=830°С		
	Энтальпия i_i, кЖ/кг	Массавий улуш $\bar{y}_i$	$i_i\bar{y}_i$	Энтальпия i_i, кЖ/кг	Массавий улуш $\bar{y}_i$	$i_i\bar{y}_i$	Энтальпия i_i, кЖ/кг	Массавий улуш $\bar{y}_i$	$i_i\bar{y}_i$
H_2	-	-	-	-	-	-	12179,1	0,0016	19,49
CH_4	80,36	0,0909	7,30	1896,8	0,0909	172,42	2905,9	0,1178	342,32
C_2H_4	65,11	0,6364	41,43	1691,1	0,6364	1076,21	2624,9	0,2611	685,36
C_2H_4	-	-	-	-	-	-	2222,9	0,4030	895,80
C_3H_6	-	-	-	-	-	-	2237,2	0,0281	62,86
C_3H_8	62,47	0,1818	11,36	1658,0	0,1818	301,42	-	-	-
C_4H_6	-	-	-	-	-	-	2068,3	0,0217	44,88
C_5H_{12}	-	-	-	-	-	-	2514,7	0,0699	175,8
CO_2	-	-	-	-	-	-	906,7	0,0058	5,259
H_2O	65,60	0,0910	5,97	1206,3	0,0910	109,77	1733,3	0,091	157,8
Жами		1,000	66,0673		1,000	1659,8		1,000	2389,5

Хом-ашё ва пирогаз компонентларининг T=1103 К даги ҳосил бўлиш иссикликлари адабиётда келтирилган [25], H_1 ва H_2 ларни ҳисоблаш натижаларини 9.12-жадвалдан оламиз.

9.12-жадвал

Компонент	ΔH_j° иссиклик ҳосил бўлиши, кЖ/кмоль	Хом-ашё		Пирогаз	
		y_i моль улуши	ΔH_j° Ж/кмоль хом-ашё	$\frac{q_i}{\sum G_i}$ кмоль/кмоль хом-ашё	$\frac{q_i \cdot \Delta H_j^\circ}{\sum G_i}$ кЖ/кмоль хом-ашё
H_2	-	-	-	0,0255	-
CH_4	- 90713,5	0,1832	- 16618,7	0,2373	- 21526,3
C_2H_6	- 106845	0,6838	- 73060,6	0,2805	- 29970,0
C_2H_4	- 37793,8	-	-	0.4639	+ 17532,5
C_3H_6	- 754,2	-	-	0,0216	-16,29
C_4H_8	+ 125406,7	-	-	0,0130	+ 1630,3
C_5H_{12}	- 181720,3	-	-	0,0313	- 5687,8
CO_2	- 395242,7	-	-	0.0043	- 1699,5
C_3H_8	- 90713,5	0,1331	- 12074,0	-	-
Жами			H_1=-101753,3	1,077	H_2=-39737,2

Пиролиз реакциясига сарфланаётган иссиклик миқдори куйидаги формуладан топилади:

$$Q_{реакц.} = 62016{,}15 \cdot 238{,}9 = 14481658 кЖ/соат = 4115{,}5\ кВт$$

Ўтхона фойдали иссиклиги

$$Q_{пол.} = 3408{,}88 + 1560{,}68 + 4115{,}5 = 9085{,}06\ кВт$$

Ўтхонадан атроф-муҳит йўкотилаётган иссиклик миқдорини $q_{йот}$ ни 7% (уларнинг 5% радиация, 2% эса конвекция камерасида) деб оламиз.

$$Q_{йўк} = 0{,}07 \cdot Q_p''$$

бу ерда, Q_p'' – ёкилгининг ёниш иссиклиги.

Ўтхонадан чикаётган тутун газлари температурасини $t_{ух}$=400°С деб кабул киламиз (улар кейин утилизатор козонда совутилади). Ушбу температурадаги тутун газларининг энтальпияси куйидагига тенг:

$$i_{t=400^\circ C}^{\circ\prime} = 2{,}53 \cdot 399{,}44 + 2{,}76 \cdot 779{,}8 + 1{,}297 \cdot 386{,}3 + 18{,}6 \cdot 419{,}42 = 11449{,}8\ кЖ/кг$$

Айрим ёниш маҳсулотларнинг энтальпияси 9.13-жадвалда берилган.

Маҳсулотларнинг энтальпияси ёниш температурасига боғликлиги.

9.13-жадвал

Температура,°С	CO_2	H_2O	O_2	N_2
100	20.68	44.73	22.05	24,85
200	43.48	90.46	44.68	49,84
300	68.00	137.5	68.00	75,10
400	93,90	186.1	92,2	100.1
500	121.0	236.2	116,9	127,3
600	149.0	287.9	142,3	154,2
700	177.9	341.4	168.0	181,7
800	207.4	396.6	194,1	209,7
900	237.4	453.5	220,5	238,1
1000	268.1	512.0	247,2	267,0
1100	299.1	572.0	274,1	296,1
1200	330.5	633.6	301,2	325.6

Ўтхонанинг ф.и.к. ни аниқлаймиз:

$$\eta_{ш} = 1 - 0{,}07 - \frac{11449{,}8}{55838{,}4} = 0{,}725$$

ва ёқилғи сарфини ушбу формуладан топамиз:

$$B = \frac{Q_{фой}}{Q_p^н \cdot \eta_ш} = \frac{9085{,}06 \cdot 3600}{55838{,}4 \cdot 0{,}725} = 807{,}9 = 808\ кг/соат$$

Радиант камерасидан чиқиб кетаётган тутун газларининг температурасини аниқлаш.

Ўтхонанинг иссиқлик баланси тенгламасидан

$$Q_{фой} = B\left(Q_p^н \cdot \eta - i^{'ок}\right)$$

бу ерда $\eta_Т$ – ўт камерасининг ф.и.к. ($\eta_Т$ = 1–0,05 = 0,95), чиқиб кетаётган газларнинг энтальпиясини топамиз

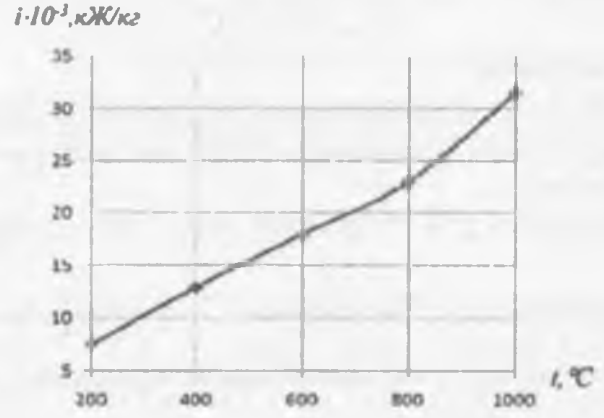
Бундан

$$i^{ок} = Q_p^н \cdot \eta_Т - \frac{Q_{фой}}{B}$$

Маълумки $Q_{фой} = Q_{ишчи} + Q_2 = 4115{,}5 + 1560{,}68 = 5676{,}2\ кВт$

Унда $i^{ок} = 55838{,}4 \cdot 0{,}95 - \frac{5676{,}2 \cdot 3600}{808} = 27756{,}5\ кЖ/кг$

i=f(T) графиги бўйича (9.55-расм) энтальпиянинг бу кийматига $t_н$ = 1213К=940°С тўғри келади.



9.55-расм. Тутун газлари энтальпиясининг температурага боғлиқлиги.

Реакция кечадиган змеевик иситиш юзасини ҳисоблаш.

Реакция кечадиган змеевикнинг юзасини куйидаги формула билан аниқлаймиз:

$$F_р = \frac{Q_{фой}}{q_р}$$

бу ерда, $q_р$ – иситиладиган юзанинг ўртача иссиқлик кучланиши, кВт/м^2

Бу кўрсаткичнинг ўртача кийматини ҳозирги замон ўтхоналари учун 57,4 кВт/м^2 деб кабул киламиз.

$$F_p = \frac{5676,2}{57,4} = 98,9\ м^2$$

Трубанинг диаметрини $d_н$=140х8 мм, яъни девор калинлигини 0,008 м деб олиб, трубанинг умумий узунлигини топамиз:

$$l_p = \frac{F_p}{\pi \cdot d_н} = \frac{98,9}{3,14 \cdot 0,14} = 225\ м$$

Хом-ашё ўтадиган параллел окимларнинг сонини m=3 дан ортик олиш тавсия этилмайди. Лойиҳаланаётган ўтхона учун m = 2 олинган.

Бир окимдаги трубаларнинг узунлиги қуйидагича бўлади:

$$l_p^{'} = \frac{l_p}{m} = \frac{225}{2} = 112,5\ м$$

Битта трубанинг ишчи узунлигини l_T = 11 м деб танлаб оламиз. Унда битта окимдаги трубалар сони

$$N_p^{'} = \frac{l_p^{'}}{l_T} = \frac{112,5}{11} = 10,23\ та$$

Яхлитлаб 11 труба кабул киламиз. Бурилишлар билан битта трубанинг тўлик узунлиги $l_T^{'}$=11,5 м бўлса, бир окимдаги трубаларнинг умумий узунлиги

$$l_p^{'} = N_p^{'} \cdot l_T^{'} = 11 \cdot 11,5 = 126,5\ м$$

Буғ-газ аралашмасининг реакцион змеевикда бўлиш вақти.

Буғ-газ аралашмасини реакция кечадиган змеевикда бўлиш вақтини қуйидаги тенгламадан топилади:

$$\tau_{обш} = \frac{l_p^{'}}{w_{ур}}$$

бу ерда, $w_{ур}$ – реакция кечадиган трубалардан ўтаётган газнинг ўртача чизикли тезлиги, м/с.

Чизикли тезликни ($w_{ур}$) аниклаш учун дастлабки ҳисоблашни бажарамиз.

Буғ-газ аралашмасининг массавий тезлигини аниклаймиз:

$$U = \frac{4(G+Z)}{3600 m \cdot \pi \cdot d_{ич}^2} = \frac{4 \cdot (7000+700)}{3600 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,124^2} = 88,6\ кг/(м^2 \cdot с)$$

Реактордан чикаётган босим $P_в$ кўпинча $112,82 \cdot 10^3$ Па, босимлар фаркини эса $\Delta P_{реакц}$= $352,3 \cdot 10^3$Па деб кабул киламиз. Бунда реакцион змеевикнинг бошланишидаги босим куйидагига тенг бўлади:

$$P_н = P_в + \Delta P_{реакц}^{умум} = (112,82 + 352,2) \cdot 10^3 = 465 \cdot 10^3\ Па$$

Буг-газ фазанинг реакцион змеевик бошланишидаги зичлиги:

а) нормал шароитда

$$\rho_o^{'} = \frac{M_{ар}}{22,4} = \frac{27,7}{22,4} = 1,24\ кг/м^3$$

б) $T_б$ = 873 К ва $P_б$ = $465 \cdot 10^3$ Па бўлганда

$$\rho_n = \rho_m^0 \frac{P_n \cdot T_o}{P_o \cdot T} = 1{,}24 \cdot \frac{465 \cdot 10^3 \cdot 273}{98{,}1 \cdot 10^3 \cdot 873} = 1{,}45 \ кг/м^3.$$

Буғ-газ аралашмасининг реакцион трубасининг охиридаги зичлиги:

а) нормал шароитда

$$\rho_o^{'} = \frac{M_{ар}}{22{,}4} = \frac{26}{22{,}4} = 1{,}1607 \ кг/м^3$$

бу ерда, $M_{ар}$ = 26 – реакция трубасидан чиқаётган буғ-газ аралашмасининг ўртача молекуляр массаси

б) T = 830°С=1103К ва P_o =112,82·10^3 Па бўлганда

$$\rho_к = \rho_m^0 \frac{P_к \cdot T_o}{P_o \cdot T} = 1{,}1607 \cdot \frac{112{,}82 \cdot 10^3 \cdot 273}{98{,}1 \cdot 10^3 \cdot 1103} = 0{,}33 \ кг/м^3$$

Реакцион змеевикдаги аралашманинг ўртача зичлиги:

$$\rho_{ур} = \frac{\rho_н + \rho_к}{2} = \frac{1{,}45 + 0{,}33}{2} = 0{,}89 \ кг/м^3$$

Буғ-газ аралашмасининг чизикли тезлиги:

а) реакцион змеевикнинг бошида

$$w_н = \frac{U}{\rho_н} = \frac{88{,}6}{1{,}45} = 61{,}1 \ м/с$$

б) реакцион змеевикнинг охирида

$$w_к = \frac{U}{\rho_к} = \frac{88{,}6}{0{,}33} = 268{,}5 \ м/с$$

в) ўртача тезлик

$$w_{ур} = \frac{w_н + w_к}{2} = \frac{61{,}1 + 268{,}5}{2} = 164{,}8 \ м/с$$

Топилган кийматларни формулага қўйиб, аралашманинг реакцион змеевикда бўладиган умумий вактини топамиз:

$$\tau_{ум} = \frac{126{,}5}{164{,}8} = 0{,}768 \ с$$

Топилган киймат дастлаб кабул килингандан ошмайди $\tau_{умум}$ = 0,768 с, аралашманинг реакцион змеевикда амалий бўлиш вакти 0,8...1,0 с дан ортик эмас, шунинг учун кайтадан ишлаб чикишга ҳожат йўк.

Ўтхонанинг реакцион (радиант) змеевикда босимнинг йўқотилишини ҳисоблаш.

Босимни йўкотилиши ушбу формуладан аникланади:

$$\Delta P_{ум} = \Delta P_{реакц}^{ишк} + \Delta P_{реакц}^{м.к}$$

бу ерда, $\Delta P^{змеев.}_{реакц} = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho_{ур} \cdot \omega^2_{ур}}{2}$, $Па$; λ – гидравлик каршилик коэффициенти. одатда Рейнольдс критерийсига боғлиқ, $l_{змеев}$– радиант змеевик бир окими трубаларининг эквивалент узунлиги, м, λ – гидравлик каршилик коэффициенти. $l_{тр}$ – бир окимдаги трубалар эквивалент узунлиги, м.

Гидравлик каршилик коэффициентини топиш учун Рейнольдс сонини ҳисоблаймиз:

$$\mathrm{Re} = \frac{w_{ур} \cdot d_{экв} \cdot \rho_{ур}}{\mu_{ур}}$$

бу ерда, $\mu_{ур}$, $\rho_{ур}$ – реакцион змеевикдаги буғ-газ аралашмасининг кинематик ковушоқлиги ва зичлиги.

Ушбу параметрларни ҳисоблаш учун дастлаб реакцион змеевикдаги буғ-газ аралашманинг ўртача температурасини аниқлаймиз:

$$t_{ур} = \frac{600 + 830}{2} = 715°C = 988\ K$$

Углеводород газларининг ўртача молекуляр массасини аниқлаймиз:

$$M_{ур} = \frac{M_c + M_н}{2} = \frac{29{,}3 + 27{,}16}{2} = 28{,}23$$

Ҳисобни соддалаштириш учун углеводород газларининг ўртача молекуляр массаси этиленникига тўғри келади деб қабул қиламиз ва пирогаз ва сув буғи аралашмаларининг динамик ковушқоқлиғини аниқлаймиз.

Сув бугининг 968К даги кинематик ковушкоклигини жадвалдан аниқлаймиз [56]: $\nu_{сув\ б} = 120{,}9 \cdot 10^{-6}$ м^2/с.

Сув буғининг буғ-газ аралашмасидаги ўртача миқдори (9.7-жадвал):

$$y^{сб}_{ур} = \frac{0{,}14 + 0{,}1313}{2} = 0{,}136$$

$$y_{C_2H_4} = 1 - 0{,}136 = 0{,}864$$

Реакцион змеевикдаги буғ-газ аралашмаси (сув буғи-этилен) нинг кинематик ковушқоқлиги:

$$\frac{M_{ур}}{\mu_{ур}} = \sum \frac{M_i \cdot y_i}{\mu_i}$$

Температура t=715°С да аралашма динамик ковушқоқлиғини ҳисоблаймиз, яъни

$$\frac{28{,}23}{\mu_{ур}} = \frac{18 \cdot 0{,}136}{0{,}325 \cdot 10^{-3}} + \frac{28 \cdot 0{,}864}{0{,}026 \cdot 10^{-3}}$$

Бундан μ=0,028·10^{-3}Па·с.

Рейнольдс сони:

$$\mathrm{Re} = \frac{w_{ур} \cdot d_{экв} \cdot \rho_{ур}}{\mu_{ур}} = \frac{159{,}1 \cdot 0{,}124 \cdot 1{,}084}{0{,}028 \cdot 10^{-3}} = 763770$$

Турбулент режим учун гидравлик каршилик коэффициенти қуйидагига тенг:

$$\lambda = \frac{0{,}346}{\sqrt[4]{\mathrm{Re}}} = \frac{0{,}316}{\sqrt[4]{763770}} = 0{,}0107$$

Бир окимдаги трубаларнинг эквивалент узунлигини аниклаймиз:

$$l_{экв} = N_p^{'} \cdot l_T^{э} + \left(N_p^{'} - 1\right) \cdot 50 \cdot d = 11 \cdot 11{,}5 + 10 \cdot 50 \cdot 0{,}124 = 188{,}5 \text{ м}$$

Юкоридаги топилган кийматларни формулага қўйиб, йўқотилган босимни топамиз:

$$\Delta P_{ишк.\ трубка}^{ишк.} = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho_{ур} \cdot w_{ур}^2}{2} = 0{,}0107 \frac{188{,}5 \cdot 159{,}1^2 \cdot 1{,}084}{0{,}124 \cdot 2} = 223160 \ \ Па$$

$$\Delta P_{м.к.\ трубка}^{м.к.} = \xi_{м.к.} \cdot \frac{\rho_{ур} \cdot w_{ур}^2}{2} = 0{,}64 \cdot \left(11 - 1\right) \cdot \frac{159{,}1^2 \cdot 1{,}084}{2} = 87800 \ \ Па$$

бу ерда $\xi_{м.к}$=0,64 ...180° бурилишнинг махаллий каршилик коэффициенти.

$$\Delta P_{ум} = \Delta P_{ишк.\ трубка}^{ишк.} + \Delta P_{м.к.\ трубка}^{м.к.} = 223160 + 87800 = 310960 \ Па$$

Топилган $\Delta P_{ум}$=310960 Па нинг қиймати дастлаб қабул килинган ΔP_p кўп фарк килмайди, шунинг учун кайтадан ҳисобланмайди.

9-боб. Кимёвий жараёнлар бўйича Мустакил тайёрланиш ва қайтариш учун саволлар

1. Қандай жараёнлар кимёвий жараёнлар деб аталади?
2. Реакторлар кандай курилмалар?
3. Массалар таъсир конунини нимани ифодалайди?
4. Вант-Гофф тенгламасини ёзинг.
5. Кимёвий жараён моддий балансини тузинг.
6. Кимёвий жараён иссиклик балансини тузинг.
7. Кимёвий жараён принципиал схемасини чизинг.
8. Даврий реактор конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
9. Узлуксиз ишлайдиган реактор конструкцияси, ишлаш принципи афзаллик ва камчиликлари.
10. Аралашиш реакторининг конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
11. Газлифтли реакторлар конструкциялари, афзаллик ва камчиликлари.
12. Қобик трубали газлифтли реакторлар конструкциялари, афзаллик ва камчиликлари.
13. Барботаж змеевикли реакторлар конструкциялари, афзаллик ва камчиликлари.
14. Марказий барботаж трубали газлифтли реактор конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
15. Секциялаштирилган газ таксимловчи патрубкали реактор конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
16. Элаксимон тўсикли секциялаштирилган реактор конструкцияси, афзаллик ва

10 - боб. СОВИТИШ ЖАРАЁНЛАРИ

10.1. Умумий тушунчалар

Кимё саноатининг бир канча жараёнлари анча паст температурада олиб борилади. Совуклик элткич сифатида ҳаво, сув ва музни ишлатиб бундай жараёнларни амалга ошириб бўлмайди.

Сунъий совитиш йўли билан борадиган жараёнлар каторига баъзи бир абсорбция, кристалланиш, газларни ажратиш, сублимацияли куритиш ва бошка жараёнлар киради. Шунингдек, бу турдаги совитишдан кишлок хўжалик махсулотларини сақлаш, ер катламларини музлатиш, ҳавони кондициялаш ва бошқаларда кенг фойдаланилади.

Сунъий совитиш доимо паст температурали муҳитдан юкорирок температурали муҳитга иссикликни узатиш билан боғлик. Термодинамиканинг иккинчи қонунига биноан, бундай узатиш энергия сарфини талаб килади. Шунинг учун ҳам, системага энергия киритилиши совуклик олишнинг зарурий шарти ҳисобланади.

Совуклик ишлаб чикариш усуллари маълум даражада талаб этилаётган температура ва курилманинг ишлатилиш кўлами билан аникланади.

Шартли равишда жараён: 1) ўрта совитиш (атроф-муҳит температурасидан - 100^{0}С гача) ва 2) чукур совитиш (-100^{0}С дан паст температура) ларга бўлинади.

Ўз навбатида -100^{0}С дан паст температуралар олиш шартли равишда куйидагича классификацияланади:

а) чукур совитиш техникаси (45 К...273 К);

б) криоген техникаси (40 К...0,3 К);

в) ультра-паст температуралар техникаси (0,00002 К гача);

2 К дан юкори температуралар олиниши техникада қўлланилади. Ундан пастрок температураларни олиш эса, илмий тажрибалар килиш техникасига тўғри келади.

Чукур совитишга тўғри келадиган температураларни олиш газ аралашмаларини кисман ёки тўлик суюлтириш йўли билан уларни ажратиш имконини беради. Натижада азот, кислород, водород, пропан, бутан, этилен ва бошка газларни олиш мумкин бўлади.

10.2. Совуклик олишнинг термодинамик асослари

Асосий тушунчалар. Термодинамика курсидан маълумки, энергиянинг паст температурали жисмдан юкори температурали жисмга олиб ўтилиши энтропия S нинг камайишига олиб келади ва шунинг учун бу жараённи амалга ошириш учун иш бажарилиши керак (яъни энергия сарфланади).

Совитиш курилмаларида иссикликни паст температурали муҳитдан юкори температурали муҳитга ўтказиш совуклик элткич деб номланувчи ишчи жисм ёрдамида амалга оширилади.



10.1-расм. Карнонинг тескари цикли энтропия диаграммаси.

Совуклик олиш айланма жараён ёки цикл сифатида амалга оширилиб, компрессорда совук элткич бугларини сикиш учун ташкаридан энергия келтирилади.

Термодинамиканинг конунларига биноан, юкори T - температурали муҳитдан пастрок T_0 температурали муҳитга иссиклик ўтказилишида шу иссикликнинг ишга айланишининг энг юкори даражаси Карно тескари циклнинг фойдали иш коэффициентига тўғри келади. Шунинг учун паст температурали муҳитдан юкори температурали муҳитга иссиклик ўтказиш жараёни кўрилганда шу циклдан

камчиликлари.

17. Барботаж трубаси ташкарига олиб чикилган реактор конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
18. Қобик трубали газлифтли реактор конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
19. Змеевикли реакторлар конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
20. Реакторларнинг аралаштириш ва иссиклик алмашиниш мосламаларининг конструкциялари.
21. Пиролиз ўтхоналарнинг конструкциялари, афзаллик ва камчиликлари.
22. Крекинг ўтхоналарнинг конструкциялари, афзаллик ва камчиликлари.
23. Панелли алангали ёндиргич тузилиши ва ишлаш принципи.
24. Ҳажмий-алангали трубали ўтхона тузилиши ва ишлаш принципи.
25. Икки камерали трубали ўтхоналарнинг конструкциялари, афзаллик ва камчиликлари.
26. Кўп секцияли полимерлаш ўтхона тузилиши ва ишлаш принципи.
27. Ўтхона кисмлари ва деталларининг тузилиши.
28. Ретурбендлар конструкциялари.
29. Труба осгичлар конструкциялари.
30. Резервуар ва газгольдерлар конструкциялари ва уларнинг деталлари.
31. Ёкилғи ёндирувчи мосламалар конструкциялари.
32. Сиғимли реактор-қозонларни ҳисоблаш кетма-кетлиги.
33. Трубали реакторларни ҳисоблаш.
34. Пиролиз жараёнининг трубали ўтхонасини ҳисоблаш.
35. Реакторларни ҳисоблаш кетма-кетлиги.
36. Суюклик муҳитида реакция ўтказиш учун трубали реакторларни ҳисоблаш.

фойдаланиш мумкин (10.1-расм).

Бу цикл қуйидаги жараёнлардан иборат:

1-2-Бугсимон совуклик элткичини адиабатик сикиш;

2-3-Совук элткич буғларининг изотермик конденсацияланиши. Бу жараён T температурадан ташки мухитга Q конденсация иссиклигини бериш билан боради;

3-4-Суюк совуклик элткичининг адиабатик кенгайиши (кенгайишининг якуний температураси T_0);

4-1- Суюк совуклик элткичининг T_0 температурасидаги бугланиши. Бунда совутилаётган мухитдан Q_0 бугланиш иссиклиги олиб кетилади.

Бундай циклни системанинг энтропияси ўзгаришсиз колганида амалга ошириш мумкин. Шунинг учун совитиш элткичининг буғланишида совитилаётган мухит энтропияси сикишда Q_0/T_0 микдорга камайса, иссиклиги хамда совуклик элткични сикишда сарфланган $L_к$ ишга эквивалент иссиклигини ўзига олаётган иссикрок мухит (масалан сув) нинг энтропияси хам шундай даражага ортиши керак. Натижада иссикрок мухит энтропиясининг ортиши куйидагича бўлади:

$$(Q_0 + L_к)/T \tag{10.1}$$

Энергетик балансга мувофик:

$$\frac{Q_0}{T_0} = \frac{Q_0 + L_к}{T} \tag{10.2}$$

бундан, Карно тескари цикли бўйича ишлаётган совитиш курилмасида сарфланган иш:

$$L_к = Q_0\left(\frac{T - T_0}{T_0}\right) \tag{10.3}$$

Совуклик элткич томонидан $T_0<T$ температурада совутилаётган мухитдан олиб кетилаётган Q_0 иссиклиги циклнинг ёки совитиш курилмасининг совуклик унумдорлигини белгилайди. T-S диаграммада (10.1 - расм) совуклик унумдорлиги 1-4-5-6 юза оркали кўрсатилган 2-3-5-6 юза эса иссикрок мухитга берилаётган иссикликка эквивалент. 2-3-5-6 ва 1-4-5-6 юзаларнинг айирмаси сарф этилган иш $L_к$ ни беради (2-3-4-1 юза.).

Шундай килиб, Карно тескари цикли мисолида хар кандай совитиш машинасининг энергетик балансини кўрсатиш мумкин:

$$Q_0 + L = Q \tag{10.4}$$

бу ерда, L – хакикий циклнинг иши.

Совитиш цикларининг термодинамик самарадорлигини совитиш коэффициенти ε ифодалайди. Совитиш коэффициенти совуклик унумдорлиги Q_0 ни сарфланган иш L га нисбати оркали топилади:

$$\varepsilon = \frac{Q_0}{L} = \frac{Q_0}{Q - Q_0} \tag{10.5}$$

Бу коэффициент сарфланган бирлик ишга нисбатан совуклик элткич олган совуклик унумдорлигини кўрсатади.

T-S диаграммага кўра (10.1-расм), $Q_0=T_0(S_1-S_2)$ ва $Q=T(S_1-S_2)$. Q_0 ва Q ларни (10.5) формулага кўйиб, Карно цикли учун куйидагини оламиз:

$$\varepsilon_к = \frac{Q_0}{Q - Q_0} = \frac{T_0(S_1 - S_2)}{T(S_1 - S_2) - T_0(S_1 - S_2)} = \frac{T_0}{T - T_0} \tag{10.6}$$

Совитиш коэффициенти сунъий совуклик олиш учун механик ишдан фойдаланиш даражасини кўрсатади ва (10.6) формуладан кўриниб турганидек, совуклик элткичнинг хусусиятлари хамда совитиш курилмасининг ишлаш схемасига боғлик эмас, балки T_0 ва T температураларнинг функцияси. Бунда T ва T_0 температуралар фарки канчалик кичик бўлса, совитиш коэффициенти шунчалик юкори бўлади.

Совитиш коэффициентини совитиш машинасининг фойдали иш коэффициенти сифатида кабул килиб бўлмайди. Фойдали иш коэффициенти иссикликнинг ишга айланиши мумкин бўлган кисмини тавсифлайди, шунинг учун у доим бирдан кичкина бўлади. Юкоридаги хо-

латда эса, сарфланаётган иш иссикликка айланмайди, балки паст температурали мухитдан юкори температурали иссикликни ўтказишда (кўтаришда) воситачи вазифасини бажаради. Шунинг учун кўпинча Q_2 микдор иш L дай катта, натижада $\varepsilon > 1$. (10.6) формулага мувофик, T_2 температуранинг пасайиши сарфланаётган ишнинг кескин ортишига олиб келади, натижада олинаётган совукликнинг хам нархи ортади. Ундан ташкари, бу температуранинг пасайиши термодинамик фойдали иш коэффишентининг камайишига олиб келади. Бу коэффициент η хакикий цикл совитиш коэффициенти ε ни Карно цикли совитиш коэффициенти $\varepsilon_к$ га нисбати билан аникланади:

$$\eta = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_к} \qquad (10.7)$$

η нинг пасайиши хакикий жараёнларда T_2 температура камайганда совукликнинг кайтмас йўкотилишларининг ортиши билан тушунтирилади.

10.3. Сунъий совитиш усуллари

Сунъий совитиш жараёнларида совуклик элткич температураси куйидаги йўллар билан пасайтирилади:

1) паст температурада кайнайдиган суюкликларни буғлатиш;

2) сикилган хар хил газларни кенгайтириш.

Газларни куйидагича кенгайтириш мумкин:

а) газни дросселловчи курилма (тешикли шайба, вентиль ва шунга ўхшаш) ичидан ўтказиш. Дросселланишдаги кенгайиш адиабатик ва ташки иш бажаришсиз амалга ошади.

б) тузилиши жихатдан поршенли ёки турбокомпрессорга ўхшаш машина – детандерда газни кенгайтириш.

Паст температурада кайнайдиган суюкликларни буғлатиш. Паст, манфий кайнаш температурасига эга бўлган хар хил суюкликларни буғлатиш совуклик олишда кенг кўлланилади. Буғланишда бундай суюкликларнинг энтальпияси камаяди, натижада улар кайнаш температурасигача совийди. Масалан, суюк аммиак 1 атм. босимда бугланса, унинг температураси – 34°С гача пасаяди, бу температура аммиак учун шу босимдаги кайнаш температураси хисобланади. Бу холатда аммиакни хар хил мухитларни – 30°С гача совитишга ишлатиш мумкин. Юкорирок босимда аммиак буғлатилса, кайнаш температураси хам юкори бўлади.

Газларни дросселлаш. Дросселлашда газ томонидан бажариладиган иш дросселловчи курилма тешигининг каршилигини енгиш учун сарфланади ва иссикликка айланади, натижада кенгайиш жараёни энтальпиянинг ўзгаришисиз кечади (изоэнтальпик).

Идеал газ бўлганда энтальпиянинг ўзгармас бўлиши газ температураси хам ўзгаришсиз колишига олиб келади. Реал газларни дросселлашда эса, энтальпиянинг ўзгаришсиз колишига карамай газ температураси ўзгаради.

Хакикий газларда бундай холатнинг бўлишига сабаб, уларнинг энтальпияси нафакат температура T нинг, балки босими P нинг хам функциясидир:

$$i = u + pV = c_v T + u_{потен} + pV \qquad (10.8)$$

бу ерда, u – хакикий газнинг ички энергияси, V – солиштирма хажм, c_v – ўзгармас хажмдаги солиштирма иссиклик сигими, $c_v T$ – газ молекулаларининг ички кинетик энергияси, $u_{потен}$ – газнинг ички потенциал энергияси, pV – газнинг хажмий энергияси.

Ташки мухитдан системага иссиклик окими бўлмаганда, дросселлаш мобайнида газнинг кенгайиши учун керак бўлган энергия факат газнинг ички энергияси хисобига олиниши мумкин.

(10.8) формулага дросселлашдан олдин ва кейинги холатлар учун 1 ва 2 индексларни куйсак, хамда энтальпиянинг ўзгаришсиз колишини эътиборга олсак:

$$c_v T_1 + u_1 + p_1 V_1 = c_v T_2 + u_2 + p_2 V_2$$

бу ердан:

$$c_v (T_1 - T_2) = (u_2 - u_1) - (p_1 V_1 - p_2 V_2) \qquad (10.9)$$

Охирги ифода дросселланишда ўзини кандай тутишини кўрсатади: агар $p_2V_2>p_1V_1$ бўлса, $T_1-T_2>0$ бўлади ва натижада дросселланишда газнинг температураси пасаяди. Агар $p_2V_2 < p_1V_1$, лекин $(u_2-u_1)>(p_1V_1 < p_2V_2)$ бўлганда ҳам газ температураси пасаяди ($T_2<T_1$). Ва ниҳоят, $(u_2-u_1)<(p_1V_1<p_2V_2)$ бўлганда, дросселланишдан кейин газнинг температураси кўтарилади $T_2>T_1$.

Ҳакикий газнинг дросселланишидаги температураси ўзгариш ҳолати ***дросселланиш эффекти*** ёки ***Жоуль-Томсон эффекти*** номини олган. Дросселланишда газ совитилса, бу эффект ***мусбат эффект*** дейилади, акс ҳолда ***манфий эффект*** дейилади.

$(u_2-u_1)=(p_1V_1 - p_2V_2)$ бўлганда, (10.9) формулага мувофик, $c_v\ (T_1-T_2)=0$, яъни дроссель эффекти нолга тенг.

Температуранинг кўтарилиши билан дроссель эффекти камайиб боради. Дроссель эффекти нолга айланадиган температура ***инверсион температура*** дейилади ($t_{инв}$). Кўпгина газлар юкори инверсион температурага эга ва дросселланишда совийди. Водород ва гелий манфий дросселланиш эффектига эга ва бошка газлардан фаркли равишда дросселланиш вактида температураси кўтарилади. Лекин улар ҳам инверсион температурадан пастрок температураларда (водород учун $t_{инв}=-73^0$С, гелий учун $t_{инв}=-243^0$С) дросселланганда совийди.

Температуранинг жуда кичик ўзгаришини уни келтириб чикарган жуда кичик босим ўзгаришига нисбати дифференциал ***дроссель эффекти*** дейилади.

$$j=\left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_{i=const} \qquad (10.10)$$

Лекин амалий ҳисобларда дифференциал дроссель эффекти деганда ҳакикий газнинг босими бир бирликка ўзгарганда, унинг температурасини ўзгариши тушунилади.

Интеграл дроссель эффектига газ босимининг бошланғич P_1 дан охирги P_2 га ўзгаргандаги температура ўзгариши тўғри келади:

$$j_{инт}=\int_{P_1}^{P_2} o\,dp=\int_{P_1}^{P_2}\left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_{i=const} \qquad (10.11)$$

Интеграл дроссель эффекти энтальпия диаграммаси ***i-T*** ёки энтропия диаграммаси ***T-S*** оркали аникланиши мумкин. 10.2-расмда ҳаво учун энтропия диаграммаси тасвирланган.

Масалан, температура $T_1(T_1=205^0К)$ ва босим $P_1(P_1=100$ атм$)$ буйича дросселланишдан олдинги нукта 1 топилади. Кейин $i_1=const$ чизиғи ва охирги босим $P_2=1$ атм изобара чизиғининг кесишишида 2 нукта аникланади. Нукта 2 га дросселланишдан кейинги температура $T_2=150$К тўғри келади. Дроссель эффекти $\Delta T = T_1 - T_2 = 55$К ни ташкил этади.

Иссиклик бирликларида ифодаланган дроссель эффектини ***изотермик*** дроссель эффекти дейилади. Изотермик дроссель эффектини аниклаш учун $P_2=const$ изобара буйича (10.2-расм) 2-нуктадан T_1 изотермада ётган 3-нуктага кўтариламиз. 3-нуктага $i_3\approx100$ ккал/кг$=4{,}19\cdot10^5$Ж/кг энтальпия тўғри келади.

Шунга кўра, изланилаётган эффект 1-ва 2- нукталар энтальпияларининг айирмасига тенг ва манфий кийматга эга, чунки $i_3>i_1$:

$$\Delta i = i_1 - i_3 = 86 - 100 = -4\ ккал\ /\ кг \approx -16{,}8\ Ж/кг$$

Дросселланишда эришилаётган совуклик унумдорлиги Q_0 газни изотермик сикишдан олдинги ва кейинги энтальпиялари фарки билан аникланади.

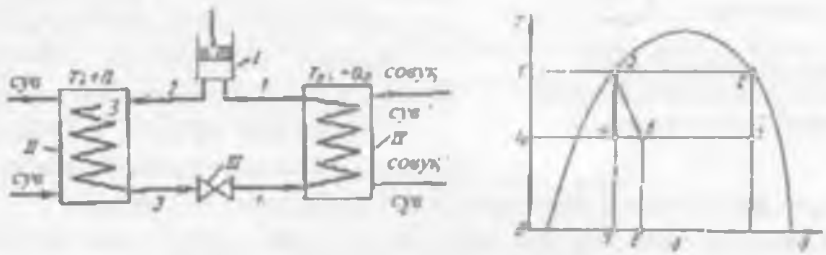
Яна ҳам пастрок температура олиш учун дросселланиш эффектини ***регенератив иссиқлик алмашиниш*** билан боғлашади. Бунда девор оркали дросселланишга келаётган газ билан дросселланишдан совуган газ ўзаро иссиклик алмашади. Бундай дросселланишдан олдинги совитиш жараёни газларни суюлтиришга олиб келиши мумкин.

Газларни детандерда кенгайиши туфайли совиши. Бу ҳолатда олдиндан сикилган газ ташки иш бажараётган газ машинасида кенгаяди. Бу иш ихтиёрий максадларда ишлатилиши мумкин. Масалан, суюклик ва газларни ҳайдаш учун. Сикилган газнинг детандерда кенгайиши ташки муҳит билан иссиклик алмашинишсиз амалга оширилади ва газ томонидан

10.5. Компрессор буғ совитиш машиналари

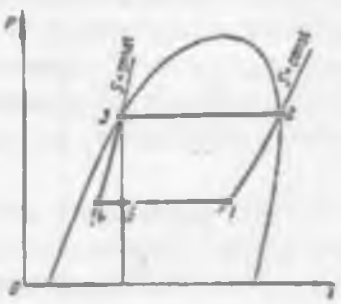
Ўртача температурали совуклик олишда компрессор буғ совитиш машиналари кенг қўлланилади. Бундай машиналарда совутувчи элткич сифатида паст температурада кайнайдиган суюкликлар ишлатилади.

Идеал машина цикли. Карнонинг тескари цикли бўйича ишлайдиган идеал компрессор совитиш машинасида (10.4-расм) компрессор *I* совитиш элткичи буғларини сўриб, уларни сув билан совитишда суюкликка айланиш мумкин бўлган босим даражасигача сикади ва конденсатор *II* га ҳайдайди. *T-S* диаграммада (10.4б-расм) буғларнинг адиабатик сикиш жараёни вертикал адиабатик чизиғи 1-2 билан тасвирланган. Сикиш буғнинг температурасини T_0 (1 нукта) дан *T* (нукта 2) гача кўтарилишига олиб келади. Конденсатор *II* да суюкланиш жараёни ўзгармас *T* температурада бориши учун, сикиш жараёни суюклик - буғ мувозанат чизиги билан чегараланган соҳада амалга оширилиши керак. Идеал машинада компрессордан чикаётган буғ қурук тўйинган ҳолатда *P* босимда бўлади.



10.4-расм. Компрессор совитиш машинаси:
а-қурилма схемаси; б-жараённинг T-S диаграммадаги кўриниши;
I-компрессор, II-конденсатор, III-дроссель вентили, IV-буғлаткич.

Конденсатор *II* даги суюкланиш (конденсацияланиш) жараёни *T* температурада изотермик равишда боради (горизонтал 2-3-чизик). Конденсатордан суюқ совитиш элткичи кенгайтирувчи цилиндрга келади (10.4а-расмда идеал циклда қўлланиладиган кенгайтирувчи цилиндр ўрнига реал циклда қўлланиладиган дроссель вентили III кўрсатилган). У ерда адиабатик кенгайиб, кайнаш босимига тўғри келадиган T_0 температурага эга бўлади (3-4 адиабатик чизиғи). Сўнг суюқ совитиш элткичи буғлаткич IV да буғланиб (кайнаб), совутилаётган муҳитдан иссикликни олади. T_0 температурадаги буғланиш жараёни 4-1 изотерма чизиғи билан ифодаланади. T_0 температурадаги буғларни (1 нукта) компрессор сўриб олади ва цикл такрорланади. Шундай килиб, бутун жараён 2 та адиабата (1-2 ва 3-4 кесмалар) ҳамда иккита изотерма (2-3 ва 4-1 кесма) лардан иборат.



10.5-расм. p-i диаграммадаги компрессор

10.5-расмда *p-i* диаграммадаги идеал компрессор совитиш машинасининг цикли кўрсатилган. Бу диаграммада совуклик унумдорлиги Q_0 ва сарфланган иши *L* диаграммадаги каби юзалар оркали эмас, балки тўғри чизикли кесмалар оркали аникланади. 1-2 кесма компрессор I даги совитиш элткичи буғларининг адиабатик сикилиши; 2-3 кесма шу буғларнинг II конденсатордаги суюкланиши; 3-4 кесма суюк совитиш элткичининг кенгайтириш цилиндридаги кенгайиши; 4-1 кесма суюк совитиш элткичининг буғлаткич IV даги буғланиши.

Ҳакикий машина цикли. Идеал совитиш машинаси конструктив ясалиши мураккаб бўлгани учун кенгайиш цилиндри дроссель ростловчи вентил билан алмаштирилган. Бундан ташкари *T-S* ва *p-i* диаграммаларидаги (10.6-расм) ҳакикий машина цикли идеал машина циклидан куйидаги 2 та ўзгариш билан фаркланади:

бажарилаётган иш унинг ички энергияси туфайли содир бўлади, шунинг учун газ совийди. Идеал газнинг чегаравий совиш температураси қуйидаги формула орқали аниқланади:

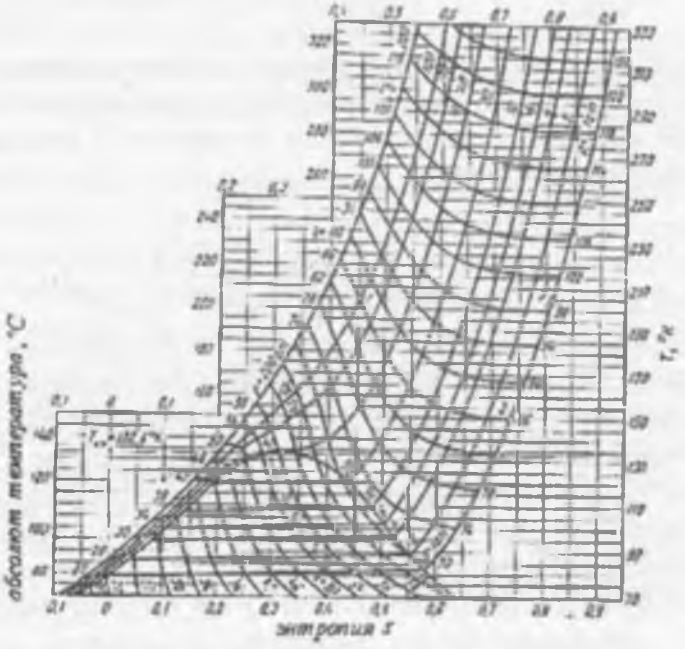
$$T_2 = T_1\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} \qquad (10.12)$$

Бу формула адиабатик жараён учун тўғри. Ҳақиқатда эса, эришилаётган температура пасайиши камроқ бўлади ва ҳақиқий политропик жараёнга тўғри келади.

Бу усулда газ совиганда олинаётган иссиклик ва температура пасайишини ***T-S*** диаграммасидан аниқлаш мумкин (10.2-расм).

Фараз қилайлик, сиқилган газнинг детандердан олдинги ҳолати T_1=205 К ва P_1=100 атм – нукта 1 бўлсин. Газнинг ташқи иш бериши билан адиабатик кенгайиши ***S=const*** бўйича амалга ошади. Шунинг учун 1- нуктадан берилган охирги босим P_2= 1 атм изобара чизиғигача вертикал тушириб, детандерлашнинг охирги ҳолатини белгиловчи 4- нуктани аниқлаймиз. Бу нуктага тўғри келувчи температура T_4≈82 *К* ва температура пасайиши $\Delta T = T_1 - T_4$ = 205-82 = 123К. Газдан олиб кетилаётган иссиклик бўйича ($Q = i_1 - i_4$ = 86 –58 =26 ккал/кг = $10{,}9\cdot10^4$Ж/кг) газнинг кенгайиш иши аниқланади.

T-S диаграммадан кўриниб турибдики, дроссселланишга караганда газнинг детандерда кенгайишида совитиш эффекти анча юкори. Бундан ташқари, детандерда ташқи иш олиш ҳисобига циклнинг умумий энергия сарфи камаяди.



10.2-расм. Ҳаво учун T-S диаграмма.

Лекин амалиётда детандерлашнинг дроссселланишдан устуворлиги унчалик катта эмас. Идеал газнинг адиабатик кенгайишдаги иш формуласига кўра:

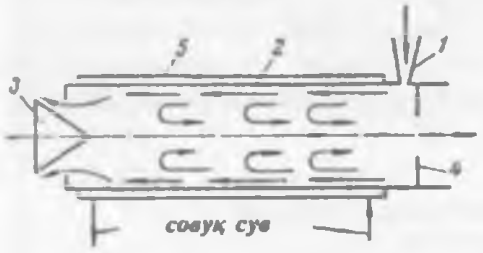
$$l_{ад} = \frac{k}{k-1}P_1V_1\left[\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} - 1\right] \qquad (10.13)$$

бу иш газ абсолют температурасининг 1- даражасига тўғри пропорционал. Детандерда газларнинг кенгайиши компрессордаги сиқиш температурасидан анча пастрок температураларда амалга оширилади ва шунинг учун ҳам детандер иши туфайли энергия сарфининг камайиш миқдори унчалик катта эмас. Агар детандерда газнинг суюлиши ҳосил бўлса, бу миқдор яна камаяди. Гидравлик зарба, уюрмалар ҳосил бўлишида ҳам совитиш унумдорлиги пасаяди.

Юкорида кўрсатилган камчиликларни инобатга олган ҳолда, совитиш унумдорлигини ошириш максадида газни детандерда кенгайиши ва дросселланиш усуллари бир-бирини алмаштириб туради.

10.4. Паст температура олиш усуллари

Дросселланиш ва сикилган газни детандерда кенгайишидан бошка усуллар билан ҳам совуклик олиш мумкин. Бу усуллар ичига фазавий ўзгариш (эриш, кайнаш, сублимация ва б.) жараёнлари киради. Аммиак, фреон каби паст температурада кайнайдиган суюкликларни буғлатишдан ташкари, совуклик олиш учун музни эритиш ҳам ишлатилади. Лекин тоза сув яхини эритиб олишда факат 0^0C гача температура пасайиши мумкин. Эриш температурасини пасайтириш учун майдаланган муз ва туздан (масалан *NaCl* ёки $CaCl_2$) ташкил топган аралашмалар қўлланилади. Кальций хлорид тузи билан муз аралашмасини -55^0C температурагача совуклик олиш учун ишлатиш мумкин.



10.3-расм. Уюрмавий труба:
1-сопло, 2- қувур, 3- дроссель вентил, 4- диафрагма, 5-совук катлам

Қуйида келтирилган усуллар саноатда кам қўлланилсада, улар ҳақида тўхталиб ўтиш лозим.

Уюрмавий эффект. Бу эффект оддийгина қурилма – уюрмавий труба ёрдамида газ температурасини - 10^0C дан - 60^0C гача пасайтириш учун қўлланилади (10.3-расм).

Юкори тезликда (200...400 м/с) сикилган газ (ҳаво) қувур 2 нинг соплоси 1 га тангенциал ҳолатда киритилади ва у ердаги мураккаб уюрмавий ҳаракат туфайли газ иссик ва совуқ окимларга ажратилади. Газнинг исиган ташки окими ўнгдан чапга ҳаракатланади ва дроссель вентили 3 оркали 50...100^{0}C температура билан чикиб кетади, совуган ички оким эса карамакарши томонга ҳаракатланиб, соплодан ўнг томонда жойлашган диафрагма 4 нинг тешигидан чикиб кетади.

Окимларнинг температураси вентил 3 ни очилиб-ёпилиши оркали ростланади.

Нисбатан кичик термодинамик самарадорликка эга бўлишига карамай, бу усул бир йўла иссиклик ва совуклик олишда, вакти-вакти билан совуклик олиш талаб килинганда қўлланилади. Сикилган газларнинг арзон ресурслари бўлган ҳолларда бу усулни ишлатиш мумкин. Уюрмавий усулда совитишнинг асосий афзаллиги қурилманинг оддийлиги ва ишлатишдаги ишончлилиги.

Магнит-калорик эффект. Жуда паст температураларни парамагнит материалларни адиабатик магнитсизлантириш йўли билан олиш мумкин. Бунда газларни адиабатик кенгайиш жараёни каби, ички энергия сарфланиб, ташки кучлар устидан иш бажарилади, натижада температуранинг кескин пасайиши содир бўлади.

Бу усулда совуклик олишда парамагнит моддаси ўзгармас температурада чуқур вакуумда, масалан, кайнаётган гелийли ваннада, ушланиб турилади.

Модда кучли магнит майдони остида бўлади. Майдон узилганда (ўчирилганда) адиабатик магнитсизланиш юзага келади ва натижада парамагнит модда абсолют нолга якин температурагача совийди. Ҳозирги вактга келиб 10К дан пастрок температура олиш имконини берадиган (жуда кичик совуклик унумдорлигида) магнит совитиш машиналари яратилган.

Термоэлектрик эффект. Бир-бирига кавшарланган икки ҳар хил ўтказгичдан тузилган занжир оркали электр токи ўтказилганда кавшарланган бир томон исийди, бошкаси совийди *(Пельтье эффекти)*. Оддий ўтказгичлар ўрнига яримўтказгичлар қўлланилса, паст температуралар олиш имкони яратилади. Бунинг учун самарали термоэлементлардан тузилган батареялар яратилиши керак. **Ўртача температурагача совитиш.** Бундай совуклик олишда совуклик элткичи сифатида критик температураси атроф-муҳит температурасидан юкори бўлган газлар ишлатилади. Бу усул билан куйи чегараси –100^{0}C температурани олиш мумкин.

$$\varepsilon = \frac{q_0}{l} = \frac{i_1 - i_4}{i_2 - i_1} \qquad (10.17)$$

Совитиш машинаси томонидан таъминланаётган совуклик унумдорлиги шу машинанинг температура режимига боғлик.

Компрессор совитиш машиналарининг номинал совитиш унумдорлиги маълум бир температура даражасига нисбатан олинади. Халкаро амалиётда шундай «стандарт» ёки «нормал» режим сифатида (бунда компрессор курук тўйинган буғларни сўради деб кабул килинади): буғланиш температураси t_0 = -15°С, суюкланиш (конденсация) температураси $t_к$=+30°С, ўта совиш температураси $t_п$=+25°С кабул килинган.

Ҳакикий совитиш машиналарининг схемалари 10.6-расмдаги машинага караганда бирмунча мураккаблашган бўлади. Масалан, суюк совитиш элткичи конденсаторда ўта совий олмаса, дроссель вентилидан аввал схемага қўшимча иссиклик алмашиниш курилмаси - ўта совиткичлар ўрнатилади. Компрессорнинг «курук юриш»ини таъминлаш учун буғлаткич ва компрессор орасига суюклик ажратгич (томчи ушлагич) қўйилиб, совитиш элткичи буғидан ажраган суюклик буғлаткичга кайтарилади, куриган буғ эса компрессорга йўналтирилади.

10.6. Икки ва уч боскичли совитиш машиналари

Баъзи бир паст температура олиш талаб килинган технологик жараёнларда бир боскичли машиналарни эффектив ишлатиб бўлмайди. Масалан, аммиак учун 1 атм. босимда кайнаш температураси t_0= -34°С. Агар бундан паст буғланиш температурасини олиш талаб килинса, бир боскичли совитиш машинаси иктисодий кўрсаткичи кичик ёки умуман ишлатишга яроксиз бўлиши мумкин. Чунки бу ҳолатда конденсация ва кайнаш температуралари фарки ортганлиги туфайли сикилиш даражаси ҳам ортади, натижада компрессорнинг фойдали сикилиш коэффициенти камаяди. Бундан ташкари, совитиш элткичи буғларининг сикилиш даражаси ортганда уларнинг температураси ҳам ортади, бу эса буғларнинг ажралишига олиб келиши мумкин.

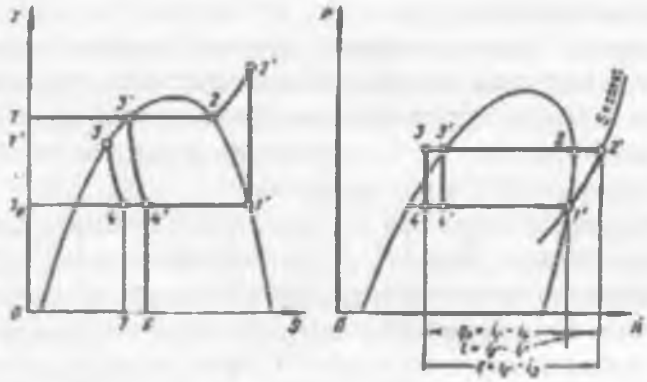
Шу сабабларга кўра, нисбатан паст температураларни олиш учун мураккаброк бўлган икки боскичли (10.7-расм) ва уч боскичли машиналар қўлланилади. Аммиак буғларини сикиш натижасида икки боскичли машиналарда –50°С гача, уч боскичлида эса –70°С гача температура пасайтирилиши мумкин.

Икки боскичли компрессор совитиш машинасида P босимдаги совитиш элткичи буғлари буғлаткич I дан сўрилиб олинади ва паст босим компрессор цилиндрида оралик P_1 босимгача сикилади. Сикилган буғ совиткич III дан ўтиб ажратгич идиш IV га келтирилади. У ерда буғлар кайнаётган суюк совитиш элткичи ичидан юкорига ўтиб (барботаж), совийди ва курук тўйинган ҳолда юкори босим цилиндри V ёрдамида сўриб олинади. У ерда P_2 босимгача сикилиб, конденсатор VI га йўналтирилади. Конденсацияланиш туфайли ҳосил бўлган суюк совитиш элткичи дросссель вентил VII да P_1 босимгача дросселланади. Шу босимда суюк совитиш элткичи ажратгич-идиш IV га кириб, шу босимда совитгич III дан келаётган совитиш элткичи буғларини совитади ва бир кисми буғланади. Суюк совитиш элткичининг колган кисми эса VIII дроссель вентилида P босимгача дросселланиб буғлаткич I га келади, у ерда совутилаётган муҳитдан иссикликни олиб буғланади. Ҳосил бўлган совитиш элткичи буғларини P босимда паст босим цилиндри II сўриб олади.

T-S ва p-i диаграммаларда (10.7б,в-расмлар) икки боскичли компрессор совитиш машинасининг цикли кўрсатилган. Совук элткич буғлари паст босим цилиндрида 1-2 адиабата бўйича сикилади, совиткич III да 2-3′ изобара чизиғи бўйлаб бир оз совийди, кейин ажратгич идиш IV да ўта кизиш иссиклигини тўлик йўкотади ва тўйиниш температурасигача совийди (3′-3 изобараси).

Кейин тўйинган буғлар юкори босим цилиндрида 3-4 адиабата бўйича 4 - ўта кизиган ҳолатигача сикилади. Конденсатор IV ўта кизиган совуклик элткич буғлари 4-5 бўйича тўйиниш ҳолатигача (5 нукта) совийди ва шу курилманинг ўзида 5-6 изобара (ҳам изотерма)

а) совитиш элткичи буғларининг компрессор томонидан сикилиши нам-буғ соҳасида эмас, балки ўта кизиган буғ соҳасида амалга оширилади ва компрессор қурук тўйинган, баъзида ўта кизиган буғларни сўради;



10.6-расм. Ҳакикий компрессор совитиш машинаси циклининг T-S ва p-i диаграммалардаги кўриниши.

б) конденсаторда суюкланган совитиш элткичи конденсация температурасидан пастрок температурагача ўта совитилади.

Назарий томондан каралганда, қурук тўйинган буғларни сикиш энергия сарфини оширишга олиб келсада, амалиётда компрессорнинг «қурук юриши» фойдалирокдир. Буг қурук тўйинган ҳолатда сўрилади (1-нукта) ва берилган босимгача адиабатик сикилади (2-нукта). Бунда компрессор цилиндри деворлари билан нам – буғ орасидаги интенсив иссиклик алмашинишга асосланган совуклик йўкотилиши камаяди. Бундан ташкари, компрессорнинг «нам юришида» совитиш элткичи цилиндр ичида буғланади, бу эса компрессорнинг фойдали иш ҳажмий ва узатиш коэффициентининг камайишига ва ўз навбатида циклнинг совуклик унумдорлигини пасайишига олиб келади.

Конденсаторга кираётган ўта кизиган совитиш элткичи буғлари ўзгармас босимда конденсация температурасигача совийди (2-2 изобара чизиғи), сўнг иш босими ва ўзгармас температурада конденсацияланади (2-3 горизонтал чизиғи). Агар совитиш элткичи ўта совитилмаганда эди, дроссель вентилидаги унинг кенгайиши 3'-4' изоэнтальпия чизиғи оркали кўрсатиш мумкин бўлар эди. Совитиш элткичи ***T*** температурасигача ўта совитилса, дросселланиш жараёни 3-4 энтальпия чизиғи бўйлаб боради. Натижада циклнинг совитиш унумдорлиги ортади 4-5-6-7 юза). Цикл, совитиш элткичини буғлаткичда, T_0=*const* температурада буғланиш билан тугайди (4-1 изотермаси).

T-S ва ***p-i*** диаграммалар оркали ҳакикий совитиш циклини характерловчи асосий катталикларни аниклаш мумкин: компрессордаги сикиш иши, конденсаторнинг иссиклик юкламаси ва совитиш коэффициенти. ***P-i*** диаграммада 1кг совитиш элткичи буғларини сикиш учун компрессорда сарфланган солиштирма иши қуйидагича:

$$l = i_{2'} - i_{1'} \qquad (10.14)$$

бу ерда $i_{1'}$, $i_{1'}$ - 2' ва 1' нукталардаги энтальпиялар.

Конденсаторга тушаётган солиштирма иссиклик юкламаси:

$$q = i_2 - i_3 \qquad (10.15)$$

бу ерда i_3 – совитиш элткичининг 3-нуктадаги энтальпияси.

q нинг микдорига караб, конденсаторнинг иссиклик алмашиниш юзасини ҳамда совитиш элткичи буғларини суюлтириш учун керак бўлган сувнинг сарфий микдори аникланади.

Циклнинг солиштирма совитиш унумдорлиги q_0 жараёндаги совитиш элткичи энтальпиясининг ўзгаришига тенг:

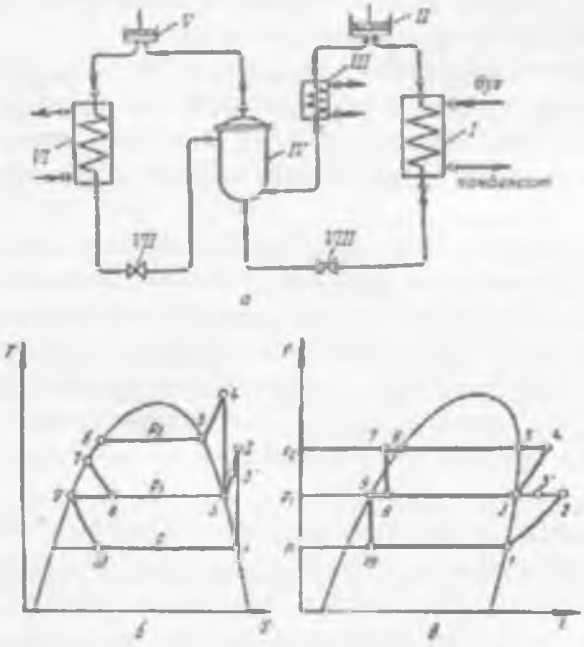
$$q_0 = i_1 - i_4 \qquad (10.16)$$

бу ерда, i_4 – совитиш элткичининг 4-нуктадаги энтальпияси.

Ҳакикий совитиш циклининг совитиш коэффициенти қуйидагича аникланади:

чизиғи бўйлаб конденсацияланади ҳамда 6-7 изобара бўйича ўта совийди. VII дроссель вентилидаги дросселланиш жараёни 7-8 – изоэнтальпия чизиғи билан ифодаланади. Кенгайишдан кейин ҳосил бўлган нам буғ (8-нукта) IV ажраткич идишда буғ (3- нукта) ва суюк фазага (9-нукта) ажралади. Суюк совуклик элткич VIII дроссель вентилида 9-10 изоэнтальпия бўйича *P* босимгача дросселланади ва буғлаткич I да 10-1 изотерма бўйича буғланади.

Икки боскичли совитиш машинасининг паст ва юкори босим цилиндрларидаги сикилиш даражаси бир боскичлига караганда кичик, шунинг учун ҳам компрессорнинг ҳажмий фойдали иш коэффициенти юкори бўлади.



10.7-расм. Икки боскичли компрессор совитиш машинаси:
а-курилма схемаси, б,в-жараённинг *T-S* ва *p-i* диаграммаларда кўрининши;
I-буғлаткич; II-паст босим цилиндри; III-совуткич; IV-ажраткич идиш;
V-юкори босим цилиндри; VI-конденсатор; VII,VIII-ростловчи вентиллар.

10.7. Совуклик элткичлар

Юкорида кўрсатиб ўтилганидек совитиш коэффициентининг миқдори совуклик элткичининг хусусиятларига боғлик эмас. Лекин совитиш машинасининг ўлчамлари, конструкцион материалнинг тури, ишчи босимлар, совуклик элткичининг хусусиятларига боғлик. Шунинг учун совуклик элткичларига қуйидаги талаблар қўйилади:

1) Конденсаторда совуклик элткич буғларини табиий совутувчи моддалар (сув, ҳаво) билан суюлтиришга имкон бўлиши учун, совуклик элткичи юкори критик температурага эга бўлиши керак.

2) Юкори буғланиш иссиклигига эга бўлиши керак. Бу совитиш унумдорлиги юкори бўлиши ҳамда совуклик элткич сарфининг камайишига олиб келади.

3) Кичик солиштирма ҳажмга эга бўлиши керак. Бу ўз навбатида совитиш машинасининг ўлчамларини камайтиради.

4) Буғланиш (сўриш) босими атмосфера босимидан юкорирок бўлгани маъкул. Чунки совуклик элткич йўкотилишини тўхтатиш, ҳаво сўрилишини тўхтатишдан осонрок. Системага сўрилган ҳаво буғлаткич, конденсаторда иссиклик алмашиниш жараёнини ёмонлаштиради, сув буғлари киргани сабабли ростловчи вентилда музлаб колиш хавфи ҳамда кимёвий фаол бирлашмаларининг ҳосил бўлишига сабаб бўлади.

5) Суюкланиш (конденсацияланиш) босимининг жуда юкори бўлмаслиги керак. Акс ҳолда курилма конструкцияси мураккаблашади ва нархи ортиб кетади. Ундан ташкари, со-

вуклик элткич кимёвий агрессив бўлмаслиги ва инсон организмига зарарли таъсир кўрсатмаслиги керак; ёнғин ва портлашга хавфсиз, олиниши (тайёрланиши) осон ва арзон бўлиши керак.

Қўйилган талабларнинг иккинчиси фақат поршенли компрессорларга тегишли. Турбокомпрессор қурилмалари учун совуклик элткичлар кичик буғланиш иссиқлигига эга бўлиши керак. Чунки турбокомпрессорлар кўп миқдордаги совуклик элткичини сикиш учун мўлжалланган. Ҳозирги пайтда юқоридаги талабларнинг кўпига мувофик келган совуклик элткичлари – аммиак ва фреонлар. Жуда кам ҳолларда совуклик элткичи сифатида углерод икки оксиди, олтингугурт ангидриди ва хлорли метил ишлатилади. Пропан, этан ва этилен моддаларини -70^0С дан паст температурани олиш учун ишлатилади.

Аммиакнинг афзалликлари қуйидагилар: юқори буғ ҳосил бўлиш иссиқлиги, буғлаткичдаги унча катта бўлмаган ортикча (атмосферадан) босим ва юқори бўлмаган конденсация босими. Шу билан бирга аммиак, ёнувчан, заҳарли, ҳаво билан аралашиб портловчи аралашма ҳосил килиши мумкин ва намлик бўлганда мис ва унинг котишмаларини емириши (коррозия) мумкин.

Фреонлар – бу метаннинг фтор-хлор бирикмаларидир. Фреонлар юқори бўлмаган суюкланиш ва буғланиш босимига эга, зарарсиз, ёнғин ва портлашга хавфсиз, конструкцион материалларни емирмайди. Камчиликларга эса, совуклик элткичининг йўкотилишига сабаб бўладиган жуда кичик ковушоклик ва мойлар билан яхши аралашиши киради.

Углерод диоксиди – юкори солиштирма ҳажмий унумдорликка эга, бу эса ўз навбатида компрессор цилиндрларининг ихчам бўлишига олиб келади. Лекин жуда паст критик температура ва юкори конденсацияланиш босимига эга бўлгани учун унинг ишлатилиш соҳаси чегараланган.

Хлорли метил ва олтингугурт ангидридининг асосий камчиликлари паст буғланиш босими ва олтингугурт ангидридининг коррозион фаоллиги ва заҳарлилигидир.

Ишлаб чикариш шароитларида совитиш қурилмалари бошка бир канча қурилмаларга хизмат кўрсатиши мумкин ва бу қурилмалар ***оралиқ совуқлик элткичлар*** оркали совитилади. Оралиқ совуклик ташувчилар сифатида паст температурада музлайдиган эритмалар – натрий хлорид, кальций хлорид ёки магний хлорид тузларининг сувдаги эритмалари қўлланилади. Совитиш эритмалари насос ёрдамида совитиш машинасининг буғлаткичи ва қурилмалар орасида айланма ҳаракат (циркуляция) килади. Буғлаткичда эритма совийди ва қурилмаларда иссикликни ўзига олиб исийди. Эритма ва унинг концентрациясини танлаш талаб килинаётган совитиш температурасига боғлик. Бу температура эритманинг музлаш температураси – ***криогидрат нуқта*** температурасидан юкори бўлиши керак.

10.8. Каскадли цикл

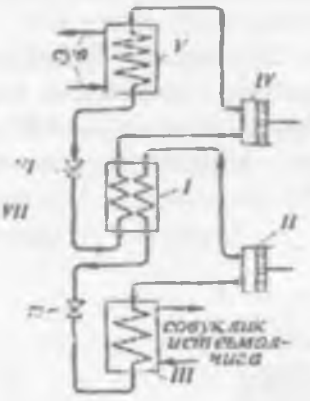
Битта совуклик элткичида ишлаб суюкликларни буғлатишга асосланган совитиш цикллари ёрдамида -70^0С дан паст температура олиб бўлмайди. Бу температура чегараси совуклик элткичининг хусусиятлари билан белгиланган.

Янада пастрок температура олиш максадида иктисодий самарадорлиги юкори бўлган **каскадли цикл** қўлланилиши мумкин. Бунда ҳар хил хусусиятли бир канча совуклик элткичлари қўлланилиб, юкори кайнаш температурасига эга совуклик элткичи буғланиб, пастрок кайнаш температурасига эга бўлган совуклик элткичининг конденсацияланиш иссиқлигини олади. Шунда иккинчи совуклик элткичининг суюкланишида биринчисига нисбатан пастрок температура олинади. Демак, каскадли цикл бу бир канча ҳар хил оралиғида ишловчи совуклик элткичларига эга бўлган цикларнинг комбинацияси.

10.8-расмда икки совитиш циклидан иборат бўлган каскад цикли тасвирланган. Иккала циклни бирлаштириб турувчи иссиклик алмашиниш қурилмаси I буғлаткич – конденсатор деб аталади. Каскаднинг қуйи совитиш циклида (компрессор II ва конденсатор III) пастрок температурада кайнай-диган совуклик элткичи қўлланилган бўлиб, у буғлаткич конденсатор-

да ўз конденсацияланиш иссиклигини юкори совитиш циклида ишловчи кайнаётган совуклик элткичига беради (компрессор IV ва конденсатор V).

Бир канча совитиш циклларидан иборат каскад курилмаларида кийин суюладиган газларни суюлтириш мумкин. Масалан, азотни суюлтириш учун аммиак, этилен, метан ва азот совитиш циклли каскад курилмасини қўллаш мумкин.



10.8-расм. Каскадли цикл схемаси:
I – буғлаткич (юкори цикл) – конденсатор (қуйи цикл), II – қуйи цикл компрессори, III – қуйи цикл буғлаткичи, IV – юкори цикл компрессори, V – юкори цикл конденсатори, VI – юкори цикл дроссель вентили, VII – қуйи цикл дроссель вентили

Газсимон азот -161^{0}С да кайнаётган (атмосфера босимида) метанга ўз иссиклигини бериб, $182 \cdot 10^4$ Н/м^2 (18,6 ат) босимда суюкланади. Буғланган метан $242 \cdot 10^4$ Н/м^2 (24,7 ат) босимгача сикилади ва -104^{0}С да кайнаётган этиленга ўз иссиклигини бериб, суюкланади.

Буғланган этилен $186 \cdot 10^4$ Н/м^2 (19 ат) босимгача сикилади ва -33^{0}С (атмосфера босимида) кайнаётган аммиакка конденсацияланиш иссиклигини бериб, суюкликка айланади. Буғсимон аммиак эса 10^6Н/м^2 (10,2 ат) босимгача сикилади ва сув томонидан суюкликка айланади.

Каскадли курилманинг алохида циклларида кайтмаслик даражаси кичик бўлгани учун уларда энергия сарфи ҳам камаяди.

10.9. Компрессор курилмаларининг жихозлари

Совитиш курилмаси таркибига компрессорлар ва ҳар хил турдаги иссиклик алмашиниш курилмалари киради.

Компрессорлар. Компрессор совитиш курилмаларида поршенли, роторли, турбокомпрессорлар ва винтли компрессорлар қўлланилади. Шулардан энг кенг таркалгани - поршенли компрессорлардир. Юкори ва ўртача унумдорликда V- ва W- симон компрессорлар қўлланилади. Кичик унумдорликда ишловчи фреонли компрессорлар электр юриткич билан бир кобикда жойлаштирилнб, сальниксиз ва герметик равишда ишлаб чикарилади.

Юкори сикиш даражаларига эришиш учун кўп боскичли компрессорлар билан бир каторда кўп боскичли агрегатга уланган бир боскичли компрессорлар ҳам қўлланилади. Масалан, паст босим боскичида махсус сикиб берувчи қўлланилса, юкори босимгача эса бир боскичли компрессор қўлланилади. Саноатда икки боскичли компрессорлар ҳам ишлатилади. Юкори совитиш унумдорлигида икки ва уч боскичли турбокомпрессорлар қўлланилади.

Иссиклик алмашиниш курилмалари. Совитиш курилмаларида қўлланиладиган конденсаторлар иссикликни ажратиб олиши бўйича қуйидагиларга бўлинади:

1) Иссиклик сув томонидан олиб кетиладиган окимли конденсаторлар; 2) Иссиклик сув томонидан олиб кетилиб ҳавога буғланадиган, ювилиб турувчи – буғлаткичли конденсаторлар; 3) Ҳаволи конденсаторлар.

Юкори ва ўрта унумдорликда ишловчи курилмаларда конденсаторларнинг биринчи турига мансуб бўлган кобик - трубали конденсаторлар қўлланилади. Кичик курилмаларда эса, кўпинча ҳаволи конденсаторлар қўлланилади. Буғлаткич сифатида кўпчилик ҳолларда чўктирилган ва кобик-трубали иссиклик алмашиниш курилмалари қўлланилади.

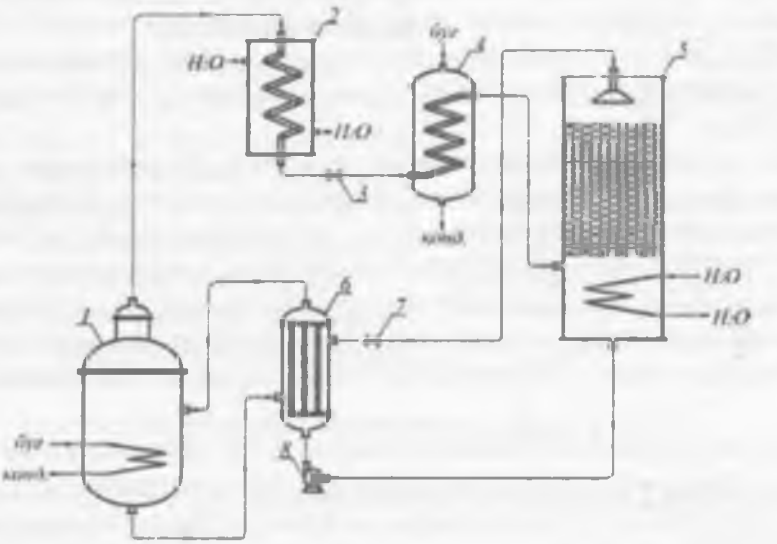
10.10. Абсорбцион совитиш машиналари

Компрессор совитиш машиналаридан фаркли, абсорбцион совитиш машиналарида совуклик олиш учун механик энергия эмас, балки юкори потенциалли иссиклик сарфланади.

Абсорбцион совитиш машинасининг ишчи совуклик элткичи буғларининг P_0 босимда абсорбент томонидан ютилиши (абсорбция) ва кейин киздиришда P конденсация босимида чика-

рилишига асосланган. Совуклик элткичини суюлтириш учун сикиш ўрнига, бу ерда ортикча босим остида хайдаш қўлланилади. Абсорбцион совитиш машиналарида кенг таркалган совуклик элткичи сифатида аммиак, ютувчи (абсорбент) сифатида эса сув қўлланилади. Маълумки, аммиак сув томонидан яхши ютилади ва бу аралашманинг кайнаш температураси тоза аммиакнинг кайнаш температурасидан анча юкори.

Сув-аммиак абсорбцион совитиш машинасида (10.9-расм) 50% аммиак бўлган сув-аммиак аралашмаси юкори P босимда ишловчи кайнаткич 1 га келади. Аралашмадан ажраган аммиак конденсатор 2 да суюкланиб, вентил 3 дан P_0 босимгача дросселланиб ўтади. Буғлаткич 4 га кириб, сув буғидан иссикликни олиб буғланади. Машинанинг совитиш унумдорлиги олиб кетилаётган иссиклик билан белгиланади.



10.9-расм. Сув-аммиак абсорбцион совитиш машинасининг схемаси:
1 - кайнаткич, 2 - конденсатор, 3, 7 - ростловчи вентиллар,
4 - буглаткич; 5 - абсорбер; 6 - иситкич; 8 - насос

Аммиак буғлари буғлаткичдан абсорбер 5 га келади ва кайнаткич 1 дан келиб пуркалаётган кучсиз аралашма томонидан ютилади. Ютилиш даражасини ошириш максадида кайнаткич ва абсорбер орасига 6 иситкич ўрнатилган. Бу иссиклик иситкичдан чиккан кучсиз аралашма 7 дроссель вентилида дросселланиб совийди, кейин абсорберга киради. Абсорбердаги абсорбция иссиклиги сув томонидан олиб кетилади.

Қайнаткич 1 га иссиклик элткич (кўпинча, кизиган буғ) томонидан сув аммиак аралашмасини кайнатиш учун иссиклик киритилади. Бу иссиклик совитиш циклини амалга ошириш учун керак бўлган ишга эквивалент. Курилманинг иктисодий самарадорлигини ошириш учун амалиётда кайнаткични узлуксиз ишлайдиган ректификацион колонна билан алмаштирилади.

Абсорбцион совитиш машинасининг иссиклик баланси куйидагича:

$$Q_к + Q_0 = Q_{конд} + Q_{абс}$$

бу ерда, $Q_к$ – иссиклик элткич томонидан кайнаткичда сув-аммиак аралашмасига келтирилган иссиклик; Q_0 – буглаткичда совук элткичи томонидан кабул килинган иссиклик миқдори (курилманинг совитиш унумдорлиги); $Q_{конд}$ – совук сув томонидан конденсаторда олиб кетилаётган иссиклик миқдори; $Q_{абс}$ – совук сув томонидан абсорберда олиб кетилаётган иссиклик.

Абсорбцион совитиш машинасининг совитиш коэффициенти куйидагича топилади:

$$\varepsilon = \frac{Q_0}{Q_к}$$

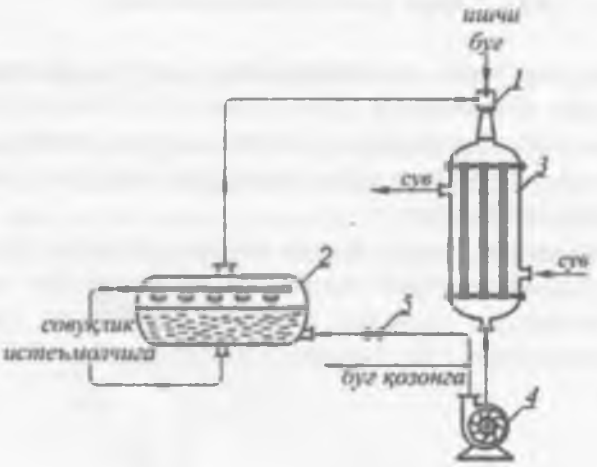
Абсорбцион совитиш машинасининг совитиш коэффициенти компрессор совитиш машинасининг совитиш коэффициентидан кичик. Лекин бу машиналарнинг нисбий самарадорлиги на факат сарфланган энергиянинг миқдори, балки унинг турига хам боғлик. Абсорбцион совитиш машиналарида компрессор ишлатадиган электр энергия ўрнига, иккиламчи, арзон энергия сарфланади.

10.11. Сув буғ-инжектор совитиш машиналари

Компрессор буғ совитиш машиналарида сувни совутувчи элткич сифатида ишлатиб бўлмайди. Чунки паст температураларни олиш учун жуда паст босимлар ҳосил килиниши керак. Маълумки, сув буғларининг солиштирма ҳажми юкори бўлади ва уларни сикиш учун керак бўладиган поршенли компрессор ўлчамлари ясаб бўлмайдиган даражада катта бўлиши керак.

Лекин поршенли компрессорлар ўрнига буғ-окимчали инжекторлар қўлланилса, сувни совутувчи элткич сифатида ишлатиш мумкин.

Бундай машинада $40 \cdot 10^4 ... 60 \cdot 10^4$ Н/м^2 (~4...6 ат) босимидаги сув буғи инжектор соплоси 1 га киради (10.10-расм).



10.10-расм. Сув-буғ инжектор совитиш машинасининг схемаси:
1 - инжектор, 2 - буғлаткич, 3 - конденсатор, 4 - насос;
5 - ростловчи вентил.

Буғнинг инжектордаги кенгайишидан буғлаткич 2 даги босимга тўғри келадиган вакуум ҳосил бўлади. Буғлаткичдан инжекторга совук сув буғлари сўрилади. Инжекторнинг диффузорида буғлар аралашмасининг тезлиги пасаяди, босими буғлаткичникидан конденсатор 3 даги босимгача кўтарилади. Бу ерда совитилаётган сув ёрдамида буғлар аралашмаси суюлтирилади. Ҳосил бўлган конденсат насос 4 ёрдамида сўриб олиниб, иккинчи кисми буғ қозонига, бир кисми эса, дроссель вентили 5 орқали буғлаткич 2 га, унда буғланиш ҳисобига камайишини компенсация килиш учун берилади.

Буғлаткичда совитилган сув истеъмолчисига узатилади. У ердан исиб қайтган сув, яна буғлаткичга қайтади.

Бундай машиналарни –10 дан +10^{0}С гача буғланиш (кайнаш) температурасини олиш учун ишлатиш мумкин.

Сув-буғ инжектор машиналарининг камчиликларидан бири конденсаторда сув сарфи катта ҳамда унумдорликни ростлаш мураккаб.

10.12. Ўта паст температурали совуқлик олиш

Техник жиҳатдан муҳим газ аралашмаларини ректификация йўли билан ажратиш учун зарур бўлган жуда паст температураларни юкорида айтиб ўтилган усуллар билан олиб бўлмайди. Чунки юкоридаги усуллар билан олинган кайнаш температуралари газ аралашмаларини ажратиш жараёнлари учун юкори. Чуқур вакуум ҳосил килиниб, температура пасайтирилиши баъзи бир совуқлик элткичларининг музлаб колишига ҳамда ҳаво сўрилишига ва компрессор ишлашининг кийинлашишига олиб келади.

Жуда паст температура олишда кислород (кайнаш температураси - 183^{0}С) ёки азот (кайнаш температураси - 196^{0}С) ни буғлатиш усули ҳам ярамайди. Чунки уларнинг критик температуралари ҳам жуда паст, сув билан суюлтириб бўлмайди.

Критик температураси - 100^{0}С дан паст бўлган газларни (кислород, азот, водород, гелий ва бошқалар) суюлтириш қуйидаги усуллар билан амалга ошириш мумкин:

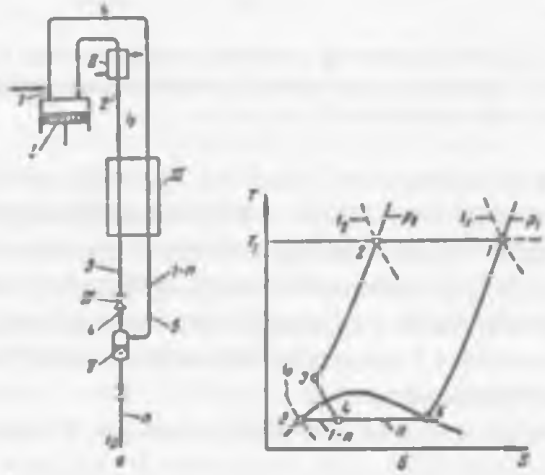
1. Газни дросселлаш усули билан.
2. Газни детандерда ташки иш бажариш йўли билан кенгайтириш.
3. Дросселлаш ва детандерда кенгайтириш усулларини бирга қўллаш йўли билан.

Газни детандерда кенгайтириш цикли, дросселланиш циклига караганда, иктисодий жиҳатдан самарали. Лекин энг самарадори учинчиси, яъни комбинацияли усул ҳисобланади.

10.13. Газни дросселлаш цикллари

Газларни дросселлаш цикллари техникада ***Линде цикли*** дейилади. Бу цикларнинг ҳаммасида ***регенератив*** усул қўлланилади. Дросселлаш усули билан газни суюлтириб бўлмайди. Қарама-карши йўналишли регенератив иссиклик алмашиниш қурилмаси қўлланилса, газни дроссель вентили олдидан дросселланиш жараёнида температураси пасайтирилган газ билан совитилса, газ суюкликка айланади.

Бир карра дросселланишли юкори босим цикли. p_1 босим ва T_1 температурага эга бўлган газ компрессор ***I*** томонидан сўриб олинади ва p_2 босимгача сикилиб ***II*** совиткичга ҳайдалади. У ерда сув томонидан иссиклик ажратиб олинади ва газнинг температураси бошланғич T_1 ҳолатига келтирилади (10.11-расм). Сикиш жараёни ***T-S*** диаграммада 1-2 изотерма билан тасвирланган.



10.11-расм. Бир карра дросселланишли, юкори босимли регенератив цикл:
а - схеманинг принципиал кўриниши, б - жараённинг T-S диаграммадаги тасвири; I - компрессор, II - совуткич, III - регенератив иссиклик алмашиниш курилмаси, IV - дроссель, V - суюк махсулот йиггич

Кейин сикилган газ карама-карши йўналишли регенератив иссиклик алмашиниш курилма III да «тескари» газлар ҳисобига ўзгармас босим (изобара 2-3) бўйича совийди. p_2 босимга эга бўлган, совук сикилган газ дроссель IV оркали ўтади. Дросселланиш натижасида газ босими бошланғич p_1 ҳолатга келади, 3-4 изоэнталпия чизиғи бўйлаб температураси пасайиб, суюқ фазага ўтади. Газнинг суюлмаган кисми иссиклик алмашиниш қурилмаси III га ўтиб сикилган газни совутади. Бу жараёнда «кайтаётган» газ T_1 температурагача p_1 ўзгармас босимда (5-1 изобара) исийди ва компрессор ***I*** оркали сўриб олинади, цикл кайтарилади.

Суюлтирилган газ микдори ***n*** нинг суюлмаган ***n-1*** кисмига нисбати (1 кг сикилган газ микдорига тўғри келувчи) ***T-S*** диаграммада 4-5 ва 0-4 кесмалар нисбати билан аникланади.

Совитиш коэффициенти қуйидаги формула оркали аникланади:

$$\varepsilon = \frac{i_1 - i_2}{1{,}69RT_1 \ln \frac{p_2}{p_1}}$$

бу ерда, i_1 ва i_2 – 1 ва 2 нукталардаги газнинг энталпиялари; R – газ доимийси.

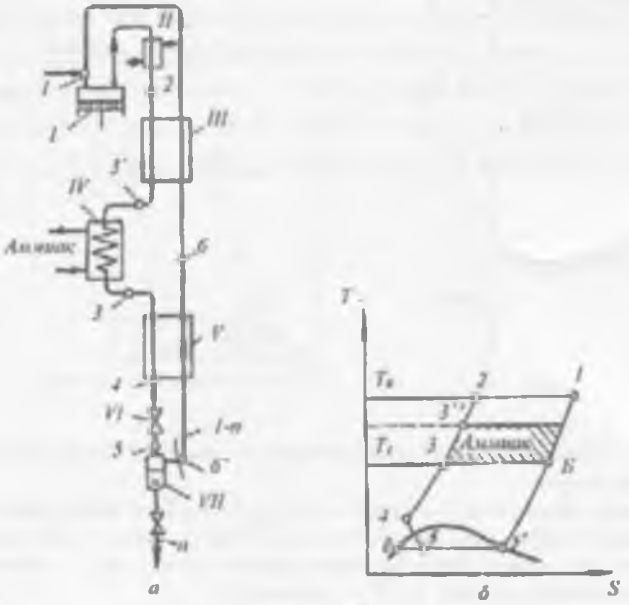
Юкори босим бир каррали дросселланиш циклининг совитиш коэффициенти кичик бўлади. Уни кўтариш максадида *Линде*нинг такомиллаштирилган цикллари ишлаб чикарилган. Бу цикларда самарадорликни ошириш максадида куйидаги усуллар кўлланилади:

1) регенератив иссиклик алмашиниш курилмасига киришдан аввал аммиакни сунъий совитиш;

2) юкори босимгача сикилган газни икки карра дросселланиш, газ циркуляциясини кўллаш.

10.14. Бир карра дросселланишли ва аммиакли совитиш цикли

Бу циклни аввалгисидан фарки (10.11-расм) шундаки, регенератив иссиклик алмашиниш курилмаси III бу ерда иккита-бирламчи иссиклик алмашиниш III ва асосий иссиклик алмашиниш курилма V лар билан алмаштирилган (10.12-расм). Улар орасидаги кўшимча совуткич IV ўрнатилган бўлиб, у ерда газ дросселланишдан олдин аммиак томонидан совитилади.



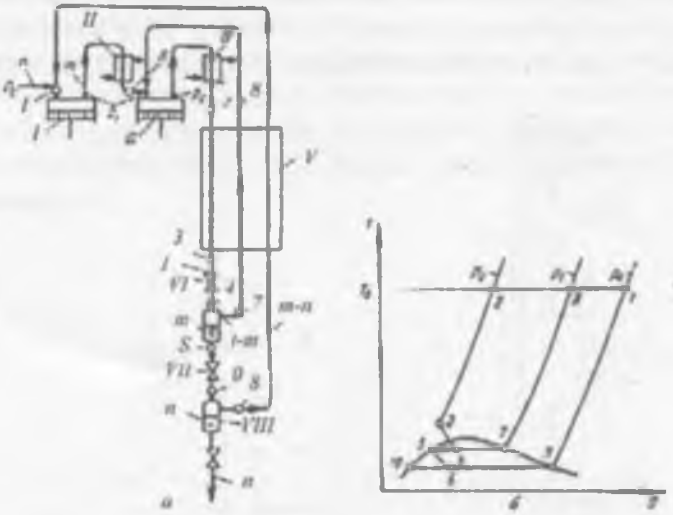
10.12-расм. Бир карра дросселланишли ва кўшимча совитишли регенератив цикл: а - курилманинг принципиал схемаси, б - T-S диаграммадаги жараённинг кўриниши, I - компрессор, II - компрессор совуткичи, III - бирламчи регенератив иссиклик алмашиниш курилмаси, IV- компрессор совитиш машинасининг аммиак совиткичи, V- асосий регенератив иссиклик алмашиниш курилмаси, VI - дроссель, VII - суюк махсулот йиггич.

Кўриниб турибдики, газ компрессор I томонидан изотермик жараёнда сикилади (T-S диаграммадаги 1-2 кесма) ва бирламчи иссиклик алмашиниш курилма III да «кайтган» (дросселланишдан кейин) газ ёрдамида совутилади (2-3 кесма). Бундан «кайтган» газ бошланғич $T_в$ температурагача исийди (6-1 кесма). Шундан сўнг, сикилган газ аммиак совуткич IV да совийди (3'-3 кесма) ва асосий иссиклик алмашиниш курилма V дан ўтиб «кайтган» газ томонидан совутилади (3-4 кесма). Иссиклик алмашиниш курилма V да «кайтган» газ исийди (5-6 кесма). Сикилган газ иссиклик алмашиниш курилма V дан сўнг, дроссель VI оркали ўтади ва дросселланиш туфайли (4-5 кесма) кисман суюкланади. Газнинг суюлмаган кисми эса (0-5 кесма), V ва III – иссиклик алмашиниш курилмаларда совуклик

элткич сифатида ишлатилади.Аммиак совитиш машинасидаги газни қўшимча совитилиши дроссель цикли самарадорлигини оширади. Бугланаётган аммиак билан совитиш асосан –20 дан –45^{0}С температурагача амалга оширилади.

10.15. Икки карра дросселланишли ва газнинг босим остидаги айланишли цикли

Дросселланиш туфайли олинаётган суюклик миқдори дросселланишдан олдинги ва кейинги босимлар фарки p_1-p_2 га тўғри пропорционал. Изотермик сикишдаги сарфланаётган иш эса, босимлар нисбати p_2/p_1 нинг логарифмига пропорционал. Демак, газни 200 дан 50 ат гача ёки 150 дан 1 ат гача дросселланса, бир хил совуклик эффекти олиниши керак. Лекин биринчи ҳолатдаги бажарилган иш ln200/50, иккинчи ҳолатда ln150/1 га пропорционал бўлади, яъни иккинчи ҳолатда сарфланган иш катта. Агар газ қуйи чегаравий босимгача эмас, балки оралик босимгача дросселланса ҳамда суюкликка айланмаган кисмини юкори босимгача сикишга кайтарилса, газни сикиш учун кетган умумий энергия сарфи тежалади. Бу усул куйида келтирилган циклда қўлланилган (10.13-расм).



10.13-расм. Икки карра дросселланишли ва газнинг босим остидаги айланишли цикл:
а - курилманинг принципиал схемаси; б - T-S диаграммадаги жараённинг тасвири; I - паст босимли компрессор, II - паст босимли компрессор совиткичи, III - юкори босим компрессори, IV - юкори босим компрессорининг совиткичи; V - регенератив иссиклик алмашиниш курилмаси, VI, VII - дросселлар;
VIII - суюк махсулот йиггичи.

Компрессор I да газ атмосфера босими $p_в$ дан оралик босим p_1 гача изотермик сикилади. Компрессор III да эса, p_1 дан p_2 босимгача сикилади. II ва IV совиткичлар $T_в$ бошланғич температурагача совитилган газ карама-карши йўналишли регенератив иссиклик алмашиниш курилмасидан ўтади. У ерда дросселланишдан кейинги суюлмаган газ ҳисобига совийди ва дроссель VI дан ўтиб босими p_1 гача пасаяди. Суюлтирилган қисми иссиклик алмашиниш курилма V дан ўтиб, ўз совуклигини юкори босим газига бериб температураси $T_в$ гача кўтарилади ва компрессор III томонидан яна сўриб олинади.

Газнинг биринчи дросселланишидан кейинги суюкланган қисми дроссель VII оркали ўтиб, босими $p_в$ гача пасаяди ва бир кисми бугланади. Газнинг бугланган кисми иссиклик алмашиниш курилма V га йўналтирилади. У ерда юкори босим газидан иссиклик олиб, температураси $T_в$ гача кўтарилади ва компрессор I томонидан яна сўриб олинади.

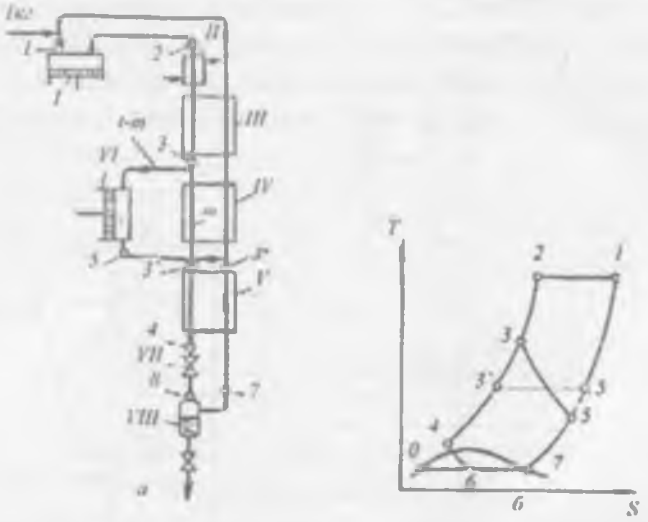
Иккинчи дросселланишда суюкланган газ курилмадан тайёр маҳсулот сифатида чикарилади. Унинг ўрнига шунча n миқдордаги газ компрессор I томонидан сўрилади.

T-S диаграммада 1-2 чизик аввал p_1 (8-нукта) босимгача, кейин p_2 босимгача (2-нукта) изотермик сикилишни кўрсатади; 2-3 чизик иссиклик алмашиниш курилма V даги совитиш жараёни; 3-4 чизик дроссель VI даги биринчи дросселланиш; 7-8 - биринчи дросселланишда суюкланмаган газнинг V – иссиклик алмашиниш курилмада исиши; 5-6 чизик дроссель VII да иккинчи дросселланиш; 9-1 чизик иккинчи дросселланишда буғланган газнинг иссиклик алмашиниш курилма V да исиши. Нукта 10 курилмадан тайёр маҳсулот сифатида чикарилаётган суюкланган газнинг ҳолатини ифодалайди.

10.16. Дросселланиш ва газни детандерда кенгайишига асосланган циклар

Агар босимлар фарки катта бўлса, масалан, газ босими 200 дан 1 ат гача пасайтирилса, Жоуль-Томсон эффекти газ температурасини анча пасайтириш имконини беради. Газни детандерда кенгайтириб, ундан ҳам пастрок температура олиш мумкин. Лекин газни суюлтириш учун керак бўлган жуда паст температураларни олиш учун, факат детандерда кенгайишга асосланган циклар қўлланилмайди. Бунга сабаб, газ суюкланиш температурасига якин температураларда бўлганда, унинг ҳолати идеал газ ҳолатидан катта фарк килади. Газ ҳажми кескин камаяди, натижада кенгайиш хусусияти ҳам камаяди. Бундан ташкари, суюкланиш бошланишида детандерда гидравлик зарба ҳолати вужудга келади ва совуклик йўкотилиши ортади. Натижада жуда паст температураларда газни детандерда кенгайтириш самарадорлиги ёмонлашади. Шуларни ҳисобга олган ҳолда, ҳаво ва бошка газларни суюлтиришда детандерда кенгайтириш факат маълум даражада, совитиш (суюклангунча) дросселланиш йўли билан амалга оширилади. Бундай бирлашган циклар газнинг сикилиш босими бўйича ва детандер конструкцияси (поршенли детандерлар, турбодетандерлар) бўйича фаркланади.

Ўрта босим цикли (Клод цикли). Ўрта босим циклида (10.14-расм) компрессор I да газ $245 \cdot 10^4 ... 392 \cdot 10^4$ Н/м^2 (25...40 атм) босимгача сикилиб, совиткич II да сўриш босимигача совийди.



10.14-расм. Бирлашган дроссели ва детандерли регенератив циклар:
а - курилманинг принципиал схемаси, б - жараённинг T-S диаграммадаги тасвири,
I - компрессор, II - компрессор совиткичи, III-V - регенератив иссиклик алмашиниш курилмалар, VI - детандер, VII - дроссель,
VIII - суюк махсулот йиггич.

Сикиш жараёни *T-S* диаграммада 1-2 изотерма чизиғи билан тасвирланган. Газ регенератив иссиклик алмашиниш курилма III да (2-3 изобара бўйича) совийди ва ундан чикиб, газ икки кисмга бўлинади. Бир кисми регенератив иссиклик алмашиниш курилма IV да (3-3 изобара бўйича) ва V да (3-4 изобара бўйича) совишни давом эттиради. Бошка кисми детандер VI да кенгайиб (3-5 кесма), ташки иш бажарида. Бу иш компрессор I нинг ўкига узатилади (10.14-расмда детандер ва компрессор шартли равишда бир-бири билан боғланмаган ҳолда

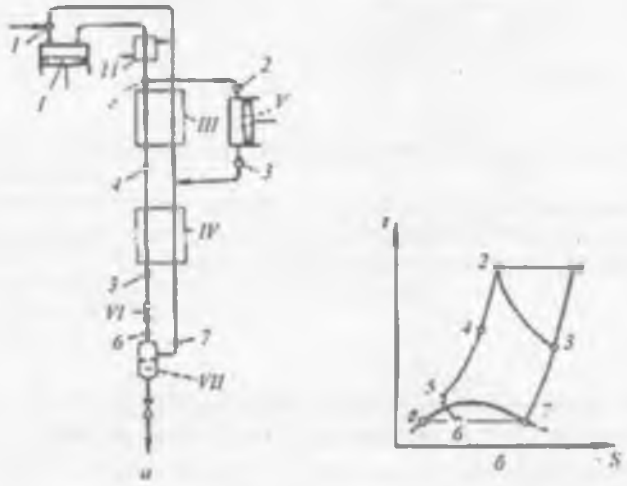
кўрсатилган). Детандердан чикаётган паст босимли (1 атм атрофида) совук газ кетма-кет IV ва III иссиклик алмашиниш курилмалардан ўтиб, сикилган газ иссиклигини ўзига олади ва бошланғич температурагача исийди (5-1 кесма). Сикилган ва совуган газ иссиклик алмашиниш курилма V дан чикиб, дроссель VII да атмосфера босимигача кенгайиб, кисман суюкланади (4-6 кесма). Газнинг суюкланмаган кисми (7-нукта) сикилган газни совитиш учун иссиклик алмашиниш курилма V (7-5' изобара буйича), сўнг детандердан чиккан газ билан аралашиб, биргаликда IV ва III иссиклик алмашиниш курилмалардан ўтади. Буларда буладиган иссик алмашиниш жараёни изобара 5'-1 билан тасвирланган.

Бу циклда детандер жуда паст температураларда ишлайди, чунки унда кенгаётган газ (хаво) тахминан – 140^{0}С гача совийди. Шунинг учун детандернинг фойдали иш коэффициенти – 0,6-0,65 дан ортмайди. Бундан ташкари, юриткични ишлатишда кийинчиликлар пайдо булади, чунки бундай шароитларда оддий мойларни куллаб булмайди.

Юкори босим цикли (Гейландт цикли). Бу цикл аввалгисидан унча катта фарк килмайди. Факат бу циклда сикилган газ регенератив иссиклик алмашиниш курилмада совумасдан илгари, юкорирок температурада ишлайди ва фойдали иш коэффициенти хам ортади. Лекин бу холатда дросселлаб етарли совуклик олиш учун газни юкорирок босимгача сикиш керак (~200 ат).

10.15-расмда кўриниб турибдики, газ компрессор I да сикилгандан сўнг (изотерма 1-2) икки кисмга булинади. Бир кисми совиш учун аввал регенератив иссиклик алмашиниш курилма III (жараён 2-4 изобара буйича боради) дан сўнг иситкич IV (4-5 чизик) дан ўтади. Газнинг бошка кисми эса детандер V да кенгайиб (2-3 чизик буйича), ташки иш бажаради ва бу иш компрессор I нинг ўкига узатилади.

Сикилган ва III, IV иссиклик алмашиниш курилмаларида совиган газ дроссель VI да атмосфера босимигача дросселланади (5-6 изоэнтальпия чизиғи буйлаб) ва кисман эса, совутувчи элткич сифатида аввал иссиклик алмашиниш курилма IV да, сўнг детандердан чикаётган газ билан аралашиб, иссиклик алмашиниш курилмаси III да сикилган газдан иссиклик олади ва бошланғич температурагача исийди (7-1 изобара буйлаб).



10.15-расм. Бирлашган дроссельли ва детандерли регенерациясиз цикл:
а - курилманинг принципиал схемаси, б - жараённинг T-S диаграммадаги тасвири, I - компрессор, II - компрессор совиткичи, III-V - регенератив иссиклик алмашиниш курилмалар, VI - детандер, VII - дроссель, VIII - суюк махсулот йиггич.

10.16.1. Детандер ва турбодетандерлар

Ҳавони ажратиш жиҳозларида қўлланиладиган машиналар 4 гуруҳга бўлинади:

1. Ҳаво компрессорлари (поршенли ва марказдан қочма) ажратиш блокига зарур босимда ҳаво узатиш учун хизмат килади.

2. Детандерлар (поршенли ва турбинали-турбодетандерлар) ташки иш бажариб адиабатик кенгайишда ҳаво ва бошка газларни совитиш учун хизмат килади; ушбу усул факат паст температуралар техникасида ва ректификация усулида газ аралашмаларини (хусусан, ҳавони) фракцияларга ажратишда ишлатилади.

3. Суюлтирилган газлар насослари суюк газларни босим остида узатиш учун мўлжалланган.

4. Кислород, азот ва аргон компрессорлари труба кувурлари оркали узатиш ёки баллонларга куйиш учун газларни сикишда кўлланилади.

Детандерлар – ташки иш бажариб газнинг кенгайиши жараёнида температурани максимал пасайтириш учун хизмат килади. Детандернинг самарали ишлаши ҳаво ажратиш жиҳозининг тежамкорлигини белгилайди.

Буғ ва газ юриткичларига ўхшаб детандерлар 2 га бўлинади: поршенли ва турбодетандерли.

Биринчиси – ўрта ва юкори босимда унумдорлиги кичик жиҳозларда қўлланилади.

Иккинчиси – катта жиҳозларда паст босимли (0,5...0,6 МПа) газларни кенгайишига асосланган.

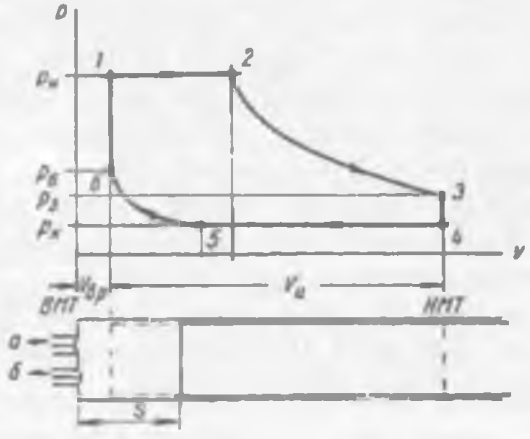
Поршенли детандерлар юкори бошланғич температурадан атроф-мухит температурасигача (Гейландт жараёни) бўлган ораликда ишлаши мумкин.

Умуман олганда, ишга тушириш даврини ҳисобламаса нисбатан паст температураларда ишлайди.

Детандер бажарган иш электр энергия ишлаб чикариш учун кўлланилади. Ушбу ҳодиса ҳавони сикиш учун сарфланадиган энергия сарфини 3...4% га камайтириш имконини беради.

Поршенли детандерлар. Газсимон кислороднинг поршенли детандерлари нисбатан кам микдордаги ҳавони катта кенгайиш (5 дан 30 гача) даражаларида совитиш учун мўлжалланган. Ушбу детандер ишлаш принципи цилиндрда кенгайган газ ишини кривошип-шатун механизми оркали машинанинг поғонали ўкига узатишга асосланган. Поршенли детандерлар вертикал ва горизонтал русумли, ҳавонинг бошланғич параметрларига караб юкори ёки ўрта босимли машиналарга бўлинади.

Поршенли детэндердаги жараённи индикатор диаграммаси ёрдамида ифодалаш мумкин (10.16-расм). Ушбу расмда детандер цилиндри схемаси ҳам келтирилган. Сикилган ҳавони кириши ва кенгайган ҳавони чикариш кириш *а* ва чикиш *б* клапанлари оркали амалга оширилади.



10.16-расм. Поршенли детандернинг назарий индикатор диаграммаси.

Компрессорларда клапанлар автоматик равишда очилиб ёпилади, детандерларда эса клапанлар махсус мосламалар ёрдамида мажбурий равишда ҳаракатга келтирилади. Индикатор диаграмманинг ординаата ўки босимга, яъни поршеннинг бирлик кўндаланг кесим юзасига газ босаётган кучни, абсцисса эса – поршень босган йўлни ифодалайди. Шунинг учун, тегишли масштабда индикатор диаграмма юзаси детандер бир циклда бажарган ишга тенг.

Индикатор диаграммаси ёрдамида детандернинг ишлашини тахлил киламиз. Ушбу диаграмма куйидаги идеаллаштирилган шароитлар учун курилган:

– кириш ва чикиш клапанлари бир зумда очилади ва ёпилади: клапанлардаги гидравлик каршиликлар нолга тенг;

– клапанлар зичланмасликлари ва поршень зичланишлари чикиб кетишлар йўк;

– кенгайиш ва сикиш жараёнлари ўзгармас энтропияда кечади: колган хамма жараёнлар адиабатик жараёнда боради.

Детандердаги ишчи жараён 6 та боскичдан таркиб топган:

1-2 жараён (тўлдириш) поршеннинг кириш клапани очик холатда ВМТ дан нукта 2 гача, яъни кириш клапанининг ёпилиш моментига тегишли холатгача кечади. Нукта 2 газ кириш жараёнини чўрт кесиш нуктаси деб аталади. Кириш йўлидан $p_н$ босимда газ цилиндрга йўналади ва у ерда унинг микдори ортади. Босим $p_н$ ўзгармасдан колади. Газнинг температураси хам ўзгармайди.

2-3 жараён (кенгайиш) клапанларнинг ёпик холатида кечади; цилиндрдаги газнинг микдори ўзгармас. Адиабатик шароитда ва кайта кечаётган кенгайиш жараёнида газнинг хажми ортади, температураси эса пасаяди. Кенгайиш $p_3>p_к$ бўлганда нукта 3 да якунланади. Бу эса ўз навбатида поршень юришини камайтириш имконини беради, лекин бирмунча ишдан йўкотилади.

3-4 жараён (чиқариш) поршень НМТ да бўлганда содир бўлади. Кенгайган газ очик чикариш клапани оркали чикади. Бунда, цилиндрдаги газ микдори камаяди ва босими $p_к$ гача камаяди.

4-5 жараён (сиқиб чиқариш) поршеннинг НМТ дан бошлаб килган харакатида содир бўлади. Ўзгармас босимли кенгайган ва совитилган газ цилиндрдан детандер ортидаги труба қувурига хайдалади. У ерда ушбу газ цилиндрнинг 3-4 жараёнида чиккан газ билан аралашади. Сикиб чикариш жараёни нукта 5 да, яъни чикиш клапани ёпилган пайтда якунланади .

5-6 жараён (қайта қисман сиқиш) ушбу жараёнда цилиндрда колган газ поршеннинг ВМТ га бўлган тескари харакатида сикилади. Бунда газнинг босими ва температураси ортади.

6-7 жараён (кириш) ушбу жараён кириш клапани очилганда, нукта 6 да бошланади.

Хайдаш йўлидан $p_н$ босимда бир кисм газ чикади. «Зарарли бўшликда» колган газ $p_б$ дан $p_н$ босимгача сикилади. Натижада газнинг умумий температураси кўтарилади.

Хакикий детандерда юкорида келтирилган шароитларнинг хаммаси хам бажарилмайди.

Детандер ишлашига идеаллашган жараёндан четлашиш, яъни 1 ва 3 бандларнинг бажарилмаслиги, салмокли таъсир кўрсатади. Замонавий сифатли тайёрланган ва тўғри эксплуатация килинадиган хавони ажратиш курилмаларининг детандерларида клапан ва поршень зичлагичлари оркали газнинг йўкотилишлари йўк.

Детандернинг самарали ишлашига таъсир этувчи асосий омиллар. Детандер самарадорлиги адиабатик ф.и.к. киймати билан баҳоланади. Нормал иш шароитида детандер самарадорлигига таъсир этувчи омилларни кўриб чикамиз.

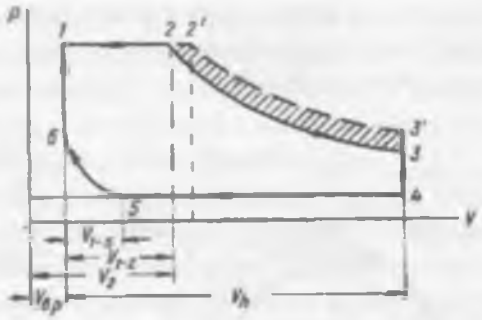
Тўлдириш даражаси. Детандер цилиндрининг газ билан тўлиши поршеннинг нукта 2 га етиши билан белгиланади (10.16-расм). Ушбу моментгача цилиндрга кирган газ хажми V_2.

Тўлдириш даражаси ушбу формуладан аникланади:

$$\delta_2 = \frac{V_2}{V_h + V_{ap}} \qquad (10.21)$$

Газ киришини чўрт кесиш даражаси куйидаги нисбатдан топилади (10.17-расм):

$$\varepsilon_2 = \frac{V_{1-2}}{V_h + V_{ap}} \qquad (10.22)$$



10.17-расм. Турли тўлдириш даражасида детандернинг идеаллаштирилган индикатор диаграммаси.

«Зарарли» бўшлик $a_{зр}$ нинг нисбий миқдори ушбу нисбатдан аниқланади:

$$a_{зр} = \frac{V_{зр}}{V_h + V_{зр}} \tag{10.23}$$

Одатда, $a_{зр}$ =0,03…0,05.

Унда

$$\delta_2 = \frac{V_{1-2}}{V_h + V_{зр}} + \frac{V_{зр}}{V_h + V_{зр}} = \varepsilon_2 + a_{зр} \tag{10.24}$$

Бу ерда

$$V \cdot h = F \cdot S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot S \tag{10.25}$$

Детандер цилиндрининг тўлдириш даражаси оширилса, кайта ишланаётган ҳаво миқдори кўпаяди. Қайта ишланиётган ҳаво миқдорининг ортиши, 2-3 жараёндаги таркалаётган иссиклик туфайли солиштирма йўқотилишлар камайишига олиб келади. Шу билан бирга цилиндр оркали ўтаётган ҳаво миқдори кўпаяди. Натижада , совитиш эффекти ортади.

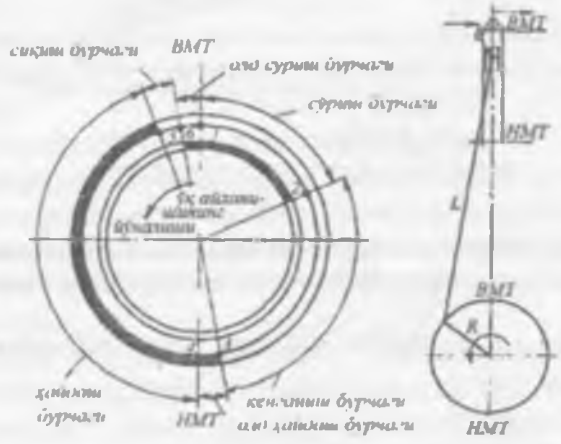
Детандергача бўлган босим ва карши босим. Газнинг детандердан чикишдаги босим $p_к$ *карши босим* деб аталади. $p_к$ карши босим ҳамда $p_и$ босим кийматларининг ўзгариши детандер ишчи кўрсаткичларига салмокли таъсир этади. Агар, $p_и$ босим киймати канчалик юкори бўлса, шунчалик босим пасайиш даражаси $p_и/ p_к$ нинг киймати катта бўлади. Шу сабабли, детандерга киргунча босимнинг канчалик юкори бўлса, курилманинг совитиш эффекти шунчалик катта бўлади. Босим $p_и$ нинг ортиши индикатор диаграммаси юзаси (яъни детандер бажараётган иш) нинг ўсишига олиб келади. Маълумки, $p_и$ нинг кўпайиши билан кайта ишланаётган ҳаво миқдори ортади.

Қарши босим $p_к$ камайиши ҳам босим (нисбат $p_и/ p_к$) пасайиш даражасининг ўсишига олиб келади, окибатда детандердан чикаётган газ температураси пасаяди. Шундай килиб, ушбу турдаги курилмаларни эксплуатация килганда детандерда чикишдаги босим имкон доирасида минимал бўлишига интилиш керак. Ушбу ҳолат детандердан чикиш (бошка бир хил шароитларда) да нисбатан паст температура олиш мумкин. Шу билан бирга шуни таъкидлаш керакки, ушбу ҳолатда детандернинг ф.и.к. бирмунча пастрок бўлади.

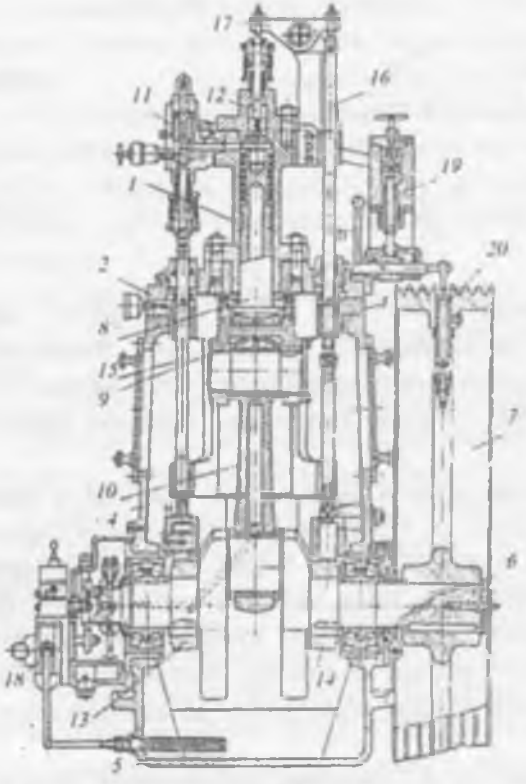
Детандердан чикишда босим канчалик юкори бўлса, энг фойдали тўлдириш даражаси шунчалик катта бўлади. Бундай ҳолат $p_к$ нинг юкори кийматларида зарур кенгайиш даражаси кичиклиги билан белгиланади (10.17-расм).

Таксимлаш фазалари. Детандернинг иш кўрсаткичларига юкорида келтирилган кириш ва чикиш босимларидан ташкари, клапанларни очиш ва ёпиш онлари ўрнатиш билан боғлик параметрлар ҳам таъсир этади. Ҳар бир фазанинг таксимланиш вактини поршень ҳолати билан эмас, балки унга тегишли кривошип бурилиш бурчаги билан боғлаш амалий

жихатдан кулайдир (10.18-расм). Айланиш диаграммасидаги нукталар тартиб ракамлари 10.16-расмдаги нукталарга мос келади. Диаграммадаги иккита концентрик айланалар кириш ва чикиш клапанлар холатини ифодалайди.



10.18-расм. Детандер фазалар таксимланишининг айланали диаграммаси.



10.19-расм. Юкори босимли детандер киркими:
1-цилиндр, 2-таянч, 3-оралик плита, 4-ўрта кобик, 5-картер, 6-погонали ўк, 7-маховик, 8-поршень, 9-ползун, 10-шатун, 11-сўриш клапани, 12-хайдаш клапани, 13,14-мураккаб шаклли кулачок, 15,16-шток-турткич, 17-куромисло, 18-шестерняли насос, 19-автоматик ўчириш клапани, 20-марказдан кочма ўчиргич ричаги, 21-фавкулодда тормозлаш ричаги.

Хар бир халканинг коралтирилган кисмлари клапаннинг очик холатига тўгри келади.

Курилманинг тўлдириш даражасини ўзгартириб, детандер ишлаш жараёнини ростлаш мумкин ва ушбу усулдан жуда кўп фойдаланилади. Газнинг кириш бурчагини детандернинг ишлаб турган холатида махсус ростлагичлар ёрдамида амалга оширилади. Детандерни эксплуатация килиш даврида уни ростлаш босимни ўзгартириш йўли билан хам бажарилиши мумкин. Лекин детандер погонали (коленвал) ўкнинг айланишлар сонини ростлаш энг самарали усул, чунки бунда факат унумдорлик ўзгаради ва бошка кўрсаткичлар умуман олганда сакланиб колади.

Поршенли детандерлар конструкциялари. Юкори босимли вертикал детандернинг киркими 10.19-расмда келтирилган.

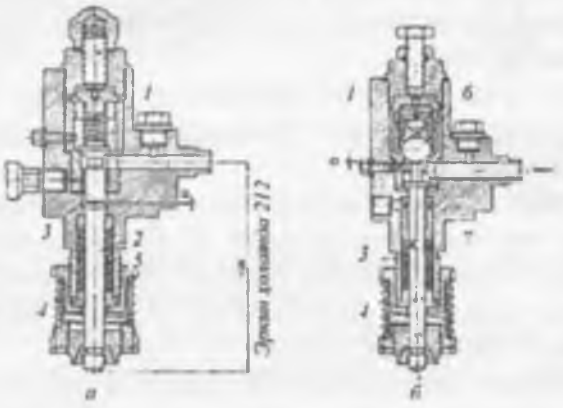
Детандернинг цилиндри 1 таянч 2 га махкамланади ва у оралик плита 3 оркали ўрта кобик 4 билан богланган бўлиб картер 5 га жойланган. Погонали ўк 6 маховик 7 билан икки каторли роликли подшипникларда картерга ўрнатилган. Поршень 8 ползун 9 билан бирлаштирилган бўлиб, у ўрта кобикнинг бир кисми бўлган йўналтирувчиларда харакатланади. Ползун 9 нинг бармоги шатун 10 оркали погонали ўк 6 билан уланган. Сўриш клапани 11 цилиндр блокининг ён томонида, хайдаш клапани 12 эса цилиндр копкогида жойлашган. Иккала клапанлар погонали ўк 6 да ўрнатилган шток-турткич 15 ва 16 оркали мураккаб шаклли кулачок 13 ва 14 лар ёрдамида харакатга келтирилади. Сўриш клапани турткич билан

бевосита, ҳайдаш клапани эса коромисло 17 оркали бирлаштирилган. Детандернинг кривошип-шатун механизмини мойлаш шестерняли насос 18 ёрдамида амалга оширилади. Детандер бузулмаслиги учун автоматик ўчириш клапани 19, марказдан кочма ўчиргич 20 ва фавкулодда тормозлаш ричаглари 21 лар хизмат килади. Детандер тўхтатилганда клапандан сикилган ҳавони чикариш учун махсус винт мўлжалланган.

Детандернинг клапан ва турткичлари орасидаги тиркиш микдори тахминан 0,3 мм ли, сўриш клапани «киркимли» килиб тайёрланади (90-расм). Ушбу конструкция клапанни эгарга тўғри ўтиришини таъминлайди. Клапаннинг эгарга аник ўтириши пўлат пружина ёрдамида ростланади. Клапаннинг «киркимли» конструкцияли килиб ясалганда сакловчи клапанга ҳожат колмайди, чунки цилиндрда босим 22 МПа дан ошиб кетса, сикилган ҳаво детандернинг сўриш йўлига ўтказиб юборилади. Клапан ва турткичларнинг йўналтирувчи втулкалари бронзадан, ҳалка шаклидаги сальник зичлагичлари эса Б-16 маркали баббитдан ясалади.

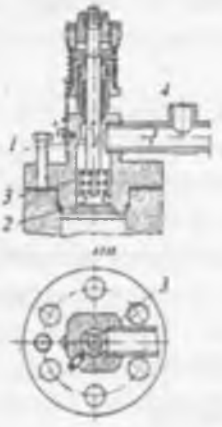
Ушбу турдаги клапанларнинг камчилиги: конуссимон юзанинг нисбатан тез едирилиши.

10.20б-расмда кўрсатилган конструкцияда конус ўрнига подшипник шарик кўлланилган. Шариксимон клапан ҳеч кандай едирилишсиз 1200 соатгача узлуксиз ишлай олади ва таъмирланиши осон.

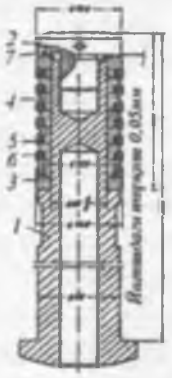


10.20-расм. Детандер сўриш клапанларининг конструкциялари:
а - конуссимон зичлагичли; б - шариксимон зичлагичли;
1- клапан кобиги; 2- турткич; 3-стержень;
4- пружина; 5- сальник; 6-шарик

Ҳайдаш йўлидаги клапан диаметри сўриш йўлидагига караганда анча катта бўлади (10.21-расм).



10.21-расм. Детандернинг ҳайдаш йўлидаги клапан: 1– клапан кобиги;
2– клапан; 3– йўналтирувчи кирралар;
4– сакловчи мембрана штуцери



10.22-расм. Детандер поршени:
1- поршень; 2-каллак; 3-таянч халка;
4-оралик халка; 5- зичловчи халка; 6-пружинасимон халка; 7- беркитувчи шайба

Клапанга махкамланган бронзали йўналтирувчи кирралар уни эгарга аниқ ўтиришини таъминлайди. Клапан ортида сакловчи мембрана ўрнатилган бўлиб, босимнинг миқдори 1,2 МПа дан ошганда у йиртилади.

Детандер поршени йиғма қилиб ясалади (10.22-расм). Поршеннинг зичланиши қўшалоқ поршень халқаларининг еттита комплекти ёрдамида амалга оширилади. Комплектнинг ҳар бири битта оралиқ халқа, битта пружинасимон ва иккита яхлит чўяндан ясалган зичловчи халқалардан таркиб топган. Зичловчи халқалар цилиндр диаметрига мос равишда тайёрланади. Қўшалоқ поршень халқаларининг афзалликлари: поршеннинг нисбатан кичик участкасида кўп миқдорда халқалар ўрнатиш мумкин; бирлашиш жойидан газ фазанинг чиқиши ва йўқотилишлари жуда кам.

Детандер жуда паст температураларгача совиши жараёнида поршень ўлчамлари камаяди. Бунинг оқибатида, резьбада ҳосил бўладиган кучланишларни камайтириш максадида, детандерни йиғиш пайтида каллак ва мисли шайба орасида 0,05 мм ли тиркиш колдирилади.

Турбодетандерлар – сиқилган газ оқимининг энергиясининг бир қисмини детандер ўқидан олиб ишга айлантирувчи машиналардир. Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, бунда энтальпия пасаяди ва кенгаювчи газ совийди. Турбодетандерларда ушбу айланиш йўналтирувчи курилма ва ишчи ғилдиракда рўй беради.

Газ оқими энергиясини ишга айланиш усулига караб турбодетандерлар 2 хил бўлади: актив ва реактив ёки актив-реактив. Иккала турдаги турбодетандерлар радиал бўлиб, оқим четдан марказга караб йўналтирилади.

10.23-расмда актив типдаги турбодетандернинг схемаси келтирилган. Расмда йўналтирувчи курилма ва ишчи ғилдирак куракчалари орасидаги каналлардан газ ўтганда босимнинг ўзгариши ҳам тасвирланган.

Бошлангич босими p_1 бўлган газ йўналтирувчи курилма соплолари оркали ўтиб охирги босим p_2 га тенг босим $p_м$ гача адиабатик кенгаяди. Ушбу даврда абсолют тезлик ортади ва соплодан чиқишда критик тезликдан юкори бўлади. Йўналтирувчи курилма каналларига Лаваль соплосининг шакли берилади. Детандернинг ишлаши даврида ҳаво ва азотнинг критик тезликлари тахминан 180...200 м/с бўлади.

Ишчи ғилдирак каналларининг кўндаланг кесими ўзгармасдир. Каналларда бурилиши натижасида куракчалар юзасига газ оқимчалари босади. Ушбу кучланиш таъсири оқибатида ишчи ғилдирак айланади.

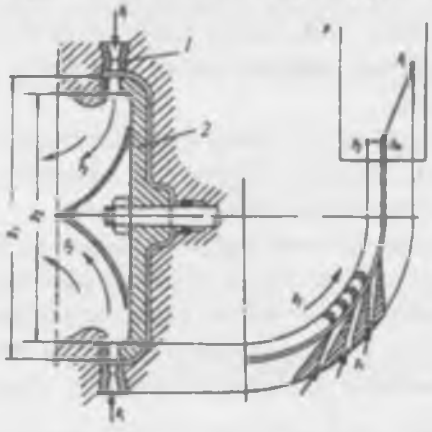
Йўналтирувчи курилмадан чиқаётган газнинг кинетик энергияси ўзгармас босимда ишчи ғилдиракларда механик ишга айланади. p_2 га босимгача кенгайтирилган ва совутилган газ турбодетандернинг ҳайдаш патрубкаси оркали чикарилади. Ишчи ғилдиракнинг айланиш энергияси редуктор оркали мотор-генераторга узатилади.

10.24-расмда актив-реактив типдаги турбодетандернинг схемаси келтирилган. Газнинг кенгайиши ва босимнинг p_1 дан p_2 гача пасайиши йўналтирувчи курилма 1 ва ишчи ғилдирак 2 да содир бўлади.

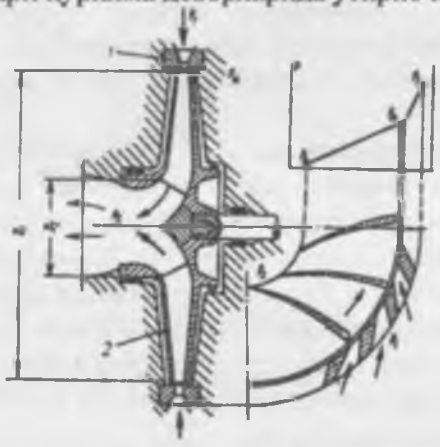
Абсолют тезлик эса актив детандердагига ўхшаб, йўналтирувчи курилмада ортади ва ишчи ғилдирак каналларида камаяди. Лекин унинг максимал киймати критик тезликдан кам бўлади. Босимлар фарки $\Delta p = p_1 - p_2$ мавжудлиги ва уни ишчи ғилдирак куракчалари орасида окимча тезлигига айланиб куракчаларга нисбатан тезланиш билан ҳаракатланади. Бунинг окибатида окимча реакцияси пайдо бўлади ва роторда қўшимча айланма кучланиш ҳосил килади. Иш нафакат йўналтирувчи курилмадан катта тезликда чикаётган газнинг йўналиши ўзгарганда, балки куракчалараро каналлардан окиб чикаётган окимчалар реакцияси таъсиридан ҳам бажарилади. Шунинг учун реактив турбодетандерларда $D_2/D_1 \approx 0{,}3\ldots0{,}4$.

Актив ва реактив турбодетандерларда газ тезликларининг ўзгариш характери 10.25-расмда тасвирланган. Газнинг абсолют тезлиги c ишчи ғилдиракка киришдаги тезлиги йўналтирувчи курилмадан чикишдагига караганда анча кичикдир. Расмдаги тезликлар графикидан кўриниб турибдики, актив турбодетандер учун ушбу кўрсаткич актив-реактивникига караганда анча катта.

Ушбу расмда йўналтирувчи курилма ва ишчи ғилдиракдан ўтаётган газ температурасининг ўзгариши хам келтирилган. Чизиклар – машина турли кисмларида окимнинг хақикий (термодинамик) температурасини, штрих чизиклар эса тормозланиш температурасини ифодалайди. Графикдан кўриниб турибдики, ишчи ғилдиракдан чикишда хам актив, хам актив-реактив турбодетандерларда тормозланиш температураси термодинамик температурадан бирмунча юкори, чунки бундай хол c_2 нинг киймати билан белгиланади. Актив турбодетандерларда йўналтирувчи курилма ва роторлар температураси газнинг температурасидан анча юкори. Шу сабабли, газни совитишда ажралиб чикаётган углерод диоксидининг каттик ёки муз заррачалари курилма деворларида ўтириб колмайди.



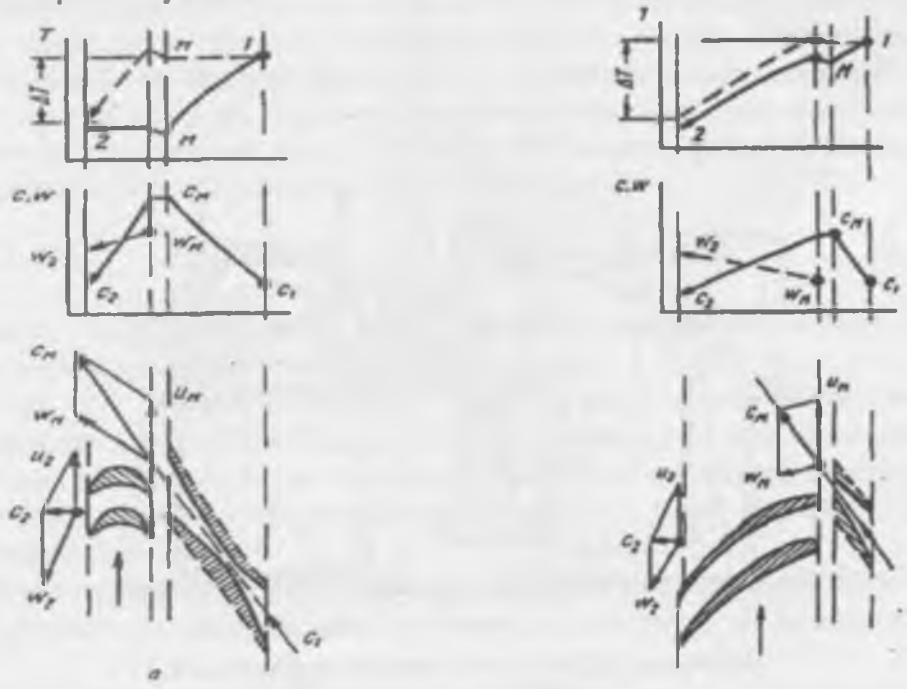
10.23-расм. Актив типдаги турбодетандер:
1- йўналтирувчи курилма, 2- ишчи ғилдирак



10.24-расм. Актив-реактив типдаги турбодетандер схемаси:
1- йўналтирувчи курилма, 2- ишчи ғилдирак

Актив ва реактив турбодетандерлар бир-биридан йўналтирувчи курилма ва ишчи ғилдиракларнинг конструкциялари билан фаркланади.

Актив ва реактив турбодетандерларнинг самарадорлиги йўкотилиш кийматларининг йигиндиси билан белгиланади. Йўкотилишларни шартли равишда 2 га, яъни *ички* ва *ташқи*ларга ажратиш мумкин.



10.25-расм. Турбодетандерда газнинг тезлиги ва температурасининг ўзгариши:
а-актив турбодетандер, б-актив-реактив турбодетандер

Ички йўқотилишлар – бу машинадаги газ энтальпиясини ўзгартирмайдиган (подшипник, редукторларда механик ва тормоз генераторидаги электромеханик) йўқотилишлар.

Ташки йўқотилишлар – бу машинадаги газ энтальпиясининг ўсишига олиб келадиган йўқотилишлар. Ушбу йўқотилишлар 4 гурухга бўлинади: гидравлик; ротор дискларининг ишкаланиши туфайли; тиркишли; атроф-муҳитдан иссиклик келиши туфайли.

Гидравлик йўқотилишлар – газ абсолют тезлигининг йўналиши ва катталиги билан боғлик. Йўналтирувчи курилма ва ишчи ғилдирак куракчаларининг орасидан ҳаракатланганда деворларга ишкаланиш туфайли кинетик энергиянинг бир кисми йўқотилади. Каналларда ҳаракат вактида ва ишчи ғилдиракдан чикишда тезлик йўналишининг ўзгариши ҳам кинетик энергиянинг йўқотилишлари содир бўлади. Реактив турбодетандердаги гидравлик йўқотилишлар актив машинаникига караганда 25...35% га камрок.

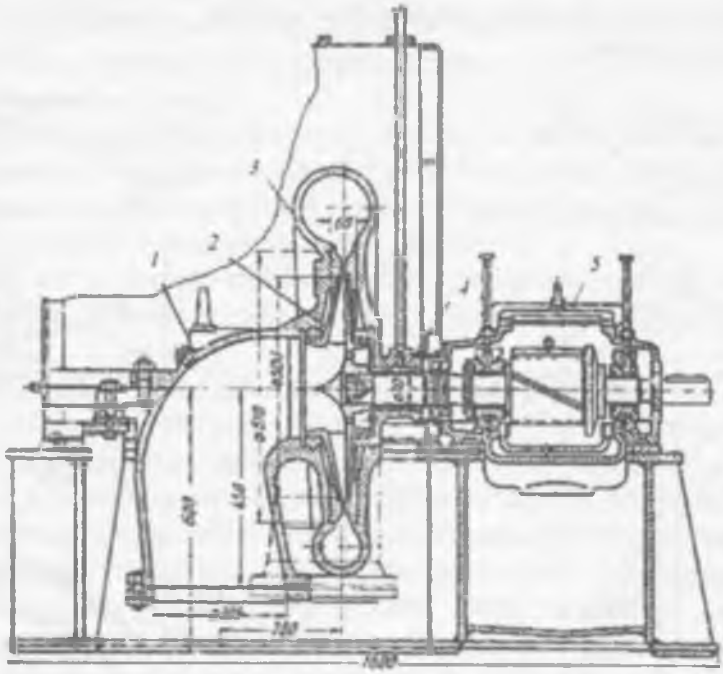
Механик йўқотилишлар – газнинг турбина ишчи ғилдирак дискларининг юзасига ишкаланиши туфайли пайдо бўлади. Газнинг зичлиги бугникига караганда анча катта бўлгани учун турбодетандерларда механик йўқотилишлар салмокли бўлади.

Тирқишли йўқотилишлар – бу йўқотилишлар газнинг ишчи ғилдирак ва йўналтирувчи курилма орасидаги бўшликдан чикариш патрубкасига ўтиш туфайли рўй беради. Ушбу йўқотилишларни лабиринт зичлагичлари ва ундаги тиркишларни камайтириб эришилади.

Атроф-муҳитдан иссиқлик келиши туфайли йўқотилишлар – нисбатан катта эмас, агар замонавий турбодетандерлар иссиклик копламасини инобатга олсак, бу йўқотилишларни ҳисобга олмаса ҳам бўлади.

Турбодетандер конструкциялари

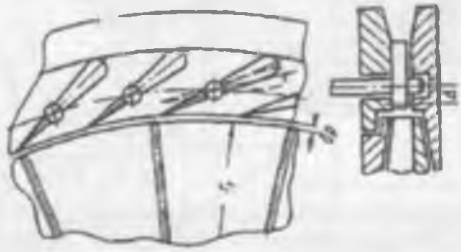
Паст босимли кислород ажратиш блоки учун мўлжалланган реактив турбодетандер 10.26-расмда тасвирланган. Ушбу машина унумдорлиги V=15000 м^3/соат; газнинг киришдаги босими p=0,58 МПа; ишчи ғилдирак айланиш тезлиги n=5500 айл/мин; адиабатик ф.и.к. η=0,8...0,82.



10.26-расм. ТРД-14 русумли реактив турбодетандер:
1 - кобик, 2 - ишчи ғилдирак, 3-йўналтирувчи курилма,
4 - лабиринтли втулка, 5 - редуктор.

Машина кобиги ЛК-80-3Л русумли латундан, ишчи ғилдирак эса АК-6 котишмадан ясалган. Ҳаво спиралсимон патрубка оркали машинага сўриб олинади. Машина қуввати редуктор ва эластик узатма оркали генератор режимида ишлаётган асинхрон электр юриткичга узатилади.

Охирги йилларда мукаммал ростлаш усулларга эга турбодетандерлар яратилган. Улардан бири – йўналтирувчи қурилма энини ўзгартириб ростлаш. Бу усулнинг энг содда йўли – йўналтирувчи қурилмани алмаштиришдир, яъни ёзда энли куракчалар, кишда эса энсиз куракчалар ўрнатиш лозим.Иккинчи усул – йўналтирувчи қурилма куракчаларини буриш оркали ростлаш (10.27-расм). Ушбу усул ф.и.к. сезиларли даражада пасайтирмасдан машина унумдорлигини ўзгартириш имконини беради.



10.27-расм. Буралувчи куракчали йўналтирувчи қурилма.

Турбодетандерлар эксплуатацияси. Паст босимли турбодетандерлар эксплуатацияда жуда содда ва ишончли. Бундай кўрсаткичлар турбодетандер конструкциясининг соддалиги, поршенли машиналарга хос илгарилама-кайтма ҳаракатланувчи кисмлар, клапанлар ва бошка бўлаклар йўклиги билан белгиланади.

Актив турбодетандерлар ишчи ғилдирагига суюк ҳаво тушиши ман этилади, чунки бунда машинанинг температура режими бузилади. Реактив машиналарда суюк ҳавонинг тушиши катта тебраниш олиб келмайди ва сезиларли хавф туғдирмайди. Углерод диоксиди ва муз заррачаларининг ажралиб чиқиши активга караганда, реактив турбиналар учун хавфли. Қаттиқ заррачаларга нафакат марказга йўналтирувчи газ окими, балки уларни четга ва ишчи ғилдирак ҳамда йўналтирувчи қурилма орасидаги тиркишга улоктирувчи инерция кучлари ҳам таъсир этади. Натижада, куракчилар эрозияси туфайли ажралиб чиккан металл майда дисперс чанг билан бирга каттик заррачалар каналларда циркуляция килиб едирилишга олиб келади. Бундай ҳолларда, турбодетандерни иситиш учун мотор-генератор ўчирилган ҳолатда киска муддатга газнинг кириш ва чикиш патрубкалари ёпилади. Газни аралаштириш натижасида кизийди ва окибатда ротор каналлари тозаланади.

10.17. Паст босим цикли (Капица цикли)

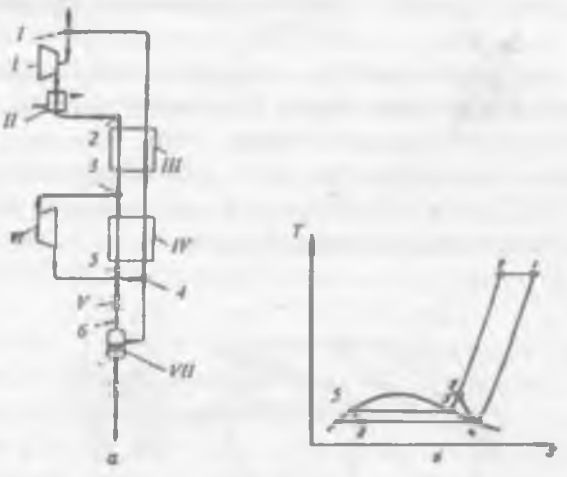
Детандерда газни кенгайтириш самарадорлигини оширишнинг бошка усули – бу поршенли машиналар ўрнига турбомашиналарни қўллаш.

Академик П.Л. Капица томонидан паст температураларда юкори фойдали иш коэффициентга эга бўла оладиган ($\eta_{дет}=0,8$) бир боскичли турбодетандер кашф этилди. Бу турбодетандерни ишлатиб, 6 атм дан ошмайдиган босимда газни (ҳавони) суюлтириш имкони яратилди. Циклда фақат турбомашиналарни ишлатиб, битта агрегатда жуда катта унумдорликларни олиш мумкин.

Паст босим циклда газ турбокомпрессор I томонидан (изотерма 1-2 бўйлаб) тахминан $59 \cdot 10^4$ Н/м^2 (6 атм) гача сикилади, сўнг шу босимда регенератор III да совутилади (10.28-расм).

Газ иссиклик алмашиниш қурилмасидан чиқиб икки кисмга бўлинади. Камрок кисми регенератор 4 га кириб, пастрок температурагача совийди ва суюкликка айланади (совиш ва

суюкланиш жараёнлари 3-3′-5 чизиклари билан тасвирланган). Суюкланган газ дроссель 5 оркали ўтиб бошланғич босимгача дросселланади (кесма 5-6).



10.28-расм. Бирлашган дроссель ва детандерли паст босим цикллари:
а - курилманинг принципиал схемаси, б - жараённинг T-S диаграммадаги тасвири,
1 - турбокомпрессор, 2 - турбокомпрессор совуткичи, 3,4 - регенераторлар,
5 - дроссель, 6 - турбодетандер, 7 - суюк махсулот йиғгич.

Газнинг кўп кисми турбодетандер 4 да кенгайиб (кесма 3-4), ташки иш бажаради. Турбодетандердан чикаётган совук газ дросселланишида буғланган газ билан (нукта 4) аралашиб, кетма-кет IV ва III иссиклик алмашиниш курилмаларидан ўтади. У ерда сикилган газ иссиклигини ўзига олиб, бошланғич температурагача исийди (4-1 изобара чизиғи).

10.18. Чукур совитиш цикларини солиштириш

Юкорида чукур совитиш цикларининг асосий турлари кўриб ўтилди. Бу цикларнинг энергетик кўрсаткичларини солиштириш учун у ёки бу газни суюлтиришнинг аник ҳолатини кўриб чикиш керак. Ҳозирги пайтда суюк кислород ва ҳаво олиш учун нисбатан иқтисодий жиҳатдан самарадор цикл деб юкори босим цикли (Гейландт цикли) ҳисобланади. Шунинг учун суюк кислород олиш учун поршень детандерли, юкори босим курилмалари (p =19,62 Н/м^2 ёки 200 атм.) кўпрок қўлланилади. Улардаги солиштирма энергия сарфи 1,2...1,4 кВт·соат/кг ни ташкил этади.

Йирик курилмаларда циклнинг иктисодий самарадорлигини ошириш учун сунъий аммиак совитишли цикларни қўллаш максадга мувофик.

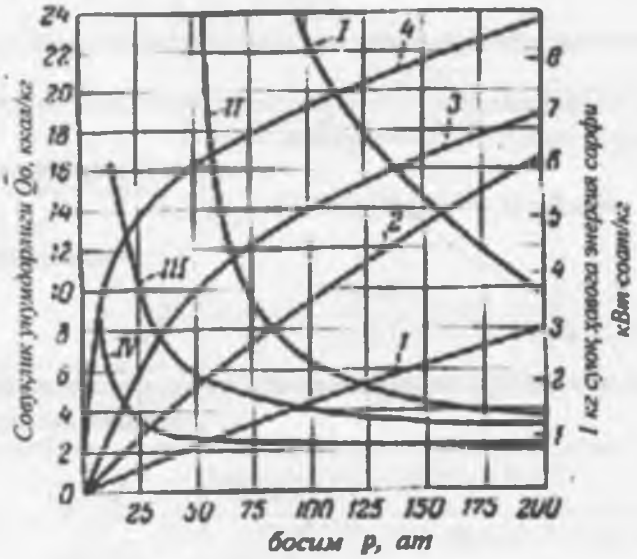
Паст босим курилмалари (Капица цикли) самарадорлиги камрок бўлгани билан, юкори босим курилмаларидан фаркли равишда ҳавони углерод икки оксидидан тозалашни талаб килмайди ва таркибиди мой бўлмаган суюк кислород олиш имконини беради, Шу билан бирга регенераторлар ёрдамида тоза махсулот олиш имкони йўк. Шунинг учун олинадиган кислород асосан технологик максадларда ишлатилади.

10.29-расмда суюк ҳаво олишда ишлатиладиган асосий совитиш цикларининг солиштирма характеристикалари келтирилган.

Юкори унумдорлик курилмаларда газсимон кислород ва азот олиш учун икки карра дросселланишли ва аммиак совитишли ҳамда детандерли ўрта босим (Клод цикли) цикллари кенг қўлланилади. Уларда энергия сарфи тахминан 0,7...0,8 кВт·соат/м^3 кислородни ташкил этади. Унумдорлиги 100 м^3/соат кислороддан ортмайдиган курилмаларда нисбатан энергия сарфи юкори бўлишига карамай, мураккаб бўлмаган курилма ва ишлатишга осон бўлган бир карра дросселланишли цикл қўлланилади.

Графиклар ёрдамида 1 кг суюк ҳаво олиш учун керак бўлган совуклик унумдорлиги ва энергия сарфини аниклаш мумкин. Кўрилаётган ҳамма цикларда газнинг детандердаги кенгайиш босим $59 \cdot 10^4$ Н/м^2 (6 атм); ҳаволи компрессорнинг изотермик фойдали иш коэффициенти $\eta_{из}$=0,59; детандернинг фойдали иш коэффициенти $\eta_{дет}$=0,65 бўлган ҳолатлар учун олинган.

Расмдан кўриниб турибдики, олинаётган совуклик ва энергетик сарфлар бўйича энг самарадор цикл – детандерли ва аммиак совитишли циклдир. Бир хил шароитларда ҳавони



10.29-расм. Суюк ҳаво олишда ишлатиладиган асосий совитиш цикларининг солиштирма характеристикалари:

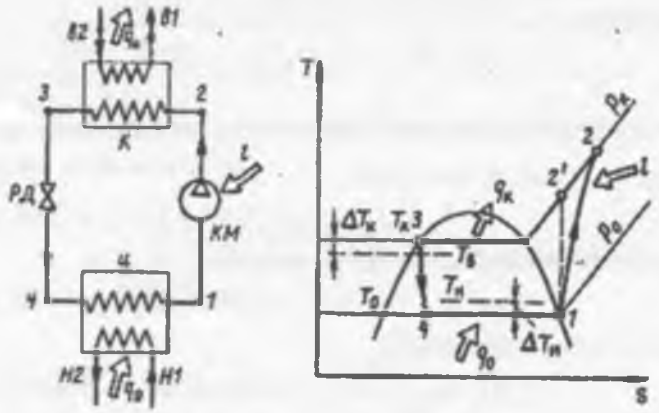
бир карра дросселланишли цикл: 1 – Q_0, 1 - N; бир карра дросселланишли ва аммиак совитишли цикл; 2 - Q_0, II – N, газни детандерда кенгайишли цикл, 3 - Q_0, III – N, газни детандерда кенгайишли ва аммиак совитишли цикл, 4 - Q_0, IV –N.

сикиш босими ортган сари, цикларнинг иктисодий самарадорлиги ҳам ортади.

10.19. Совитиш жараёни ва машиналарини ҳисоблаш

10.1-мисол Қуйидаги шартлар учун бир боскичли аммиак компрессор совитиш курилмасининг схемаси ҳисоблансин: совитиш унумдорлиги Q_0=17,45 кВт; совуклик элткичининг буглаткичга кириш ва чикишдаги температуралари $t_{н1}$= -15^{0}С, $t_{н2}$= -22^{0}С;

Совутувчи сувнинг конденсаторга кириш ва чикишдаги температураси $t_{в2}$=+20^{0}С, $t_{в1}$=25^{0}С. Курилма оралик совуткичсиз ишлайди. Курилма схемаси 10.30-расмда берилган.



10.30-расм. Буг ва суюклик компрессор совитиш курилмасининг схемаси ва жараённинг T-S диаграммадаги тасвири.

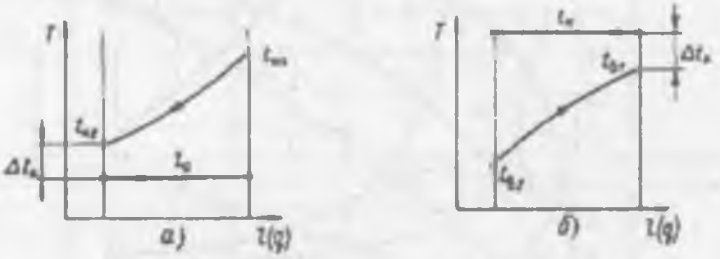
Ҳисоблаш ишларидан схеманинг характерли нукталарининг параметрлари, курилмаларнинг иссиклик юкламалари, компрессор куввати, курилманинг совитиш коэффициенти ва эксергетик фойдали иш коэффициенти аникланиши лозим.

Буғлаткичдаги температуралар минимал фаркини $\Delta t_в = t_{в2} - t_0 = 3^0C$ деб кабул килиб, ҳисобий кайнаш температурасини аниклаймиз (10.31-расм).

Конденсатордаги температуралар минимал фаркини $\Delta t_к = t_к - t_{в1} = 5^0C$ деб кабул килиб, ҳисобий конденсация температурасини аниклаймиз:

$$t_к = t_{в1} + \Delta t_к = 25 + 5 = 30\ C$$

Аммиакнинг ***T-S*** – диаграммаси ёки термодинамик жадваллардан ишчи элткичнинг куйидаги характерли нукталардаги параметрларини топамиз:



10.31-расм. Оқимлар температурасининг ўзгариш графиклари
а) буғлаткичдаги, б) конденсатордаги

$$t_0 = t_{в1} + \Delta t_в = -25 - 5 = -30\ C$$

1-нукта	$t_1 = t_0 = 25^0C$;	$p_1 = 0{,}5МПа$;	$i_1 = 1652\ Ж/кг$;	$V = 0{,}78\ м^3/кг$.
2-нукта	$t'_2 = 126^0C$;	$p_2 = 1{,}2МПа$;	$i'_2 = 1960\ Ж/кг$;	
3-нукта	$t_3 = 30^0C$;	$p_3 = 1{,}2МПа$;	$i_3 = 562\ Ж/кг$;	
4-нукта	$t_4 = -25^0C$;	$p_4 = 0{,}15МПа$;	$i_4 = 562\ Ж/кг$;	

Буғлаткичнинг нисбий иссиклик юкламаси:

$$q_o = i_1 - i_4 = 1652 - 562 = 1090\ кЖ/кг.$$

Аммиакнинг массавий сарфи:

$$G = 17{,}45/1090 = 0{,}016\ кг/с.$$

Компрессорнинг электромеханик ва ички фойдали иш коэффициентларини мос равишда $\eta_{эм} = 0{,}9$ ва $\eta_i = 0{,}8$ деб кабул килиб, совутувчи элткичнинг компрессордан чикишдаги энтальпиясини аниклаймиз:

$$i_2 = i_1 + \frac{l_a}{\eta_i} = i_1 + \frac{(i'_2 - i_1)}{\eta_i} = 1652 + \frac{1960 - 1952}{0{,}8} = 2040\ \frac{кЖ}{кг}$$

Компрессорнинг нисбий ички иши:

$$l_и = i_2 - i_1 = 2040 - 1652 = 388\ кЖ/кг$$

Конденсаторнинг нисбий иссиклик юкламаси:

$$q_к = i_2 - i_3 = 2040 - 562 = 1478\ кЖ/кг$$

Курилма балансини текширамиз:

$$q_к = l_o + q_o = 388 + 1090 = 1478\ кЖ/кг$$

Компрессорнинг хажмий унумдорлиги:

$$V_0 = G \cdot v_1 = 57{,}7 \cdot 0{,}78 = 45 м^3/соат = 0{,}0125 м^3/с$$

Конденсаторнинг иссиклик юкламаси:

$$Q_к = 0{,}016 \cdot 1478 = 23{,}7 кЖ/с$$

Компрессорнинг нисбий иши:

$$l_к = \frac{l_в}{\eta_{эм}} = \frac{388}{0{,}9} = 432 кЖ/кг$$

Олинган совуклик бирлигига тўғри келувчи электр энергиянинг нисбий сарфи:

$$Э_з = \frac{l_к}{q_0} = \frac{l_о}{\eta_i \eta_{эм} q_0} = \frac{432}{1090} = 0{,}3955$$

Компрессорнинг электрик куввати:

$$N_э = l_к G = 432 \cdot 0{,}016 = 6{,}92 кВт \approx 7 кВт$$

Совитиш коэффициенти:

$$\varepsilon = \frac{q_0}{l_к} = \frac{1}{Э_з} = \frac{1090}{432} = 2{,}53$$

Совукликнинг ишга яроклилик коэффициентини аниклаш учун совуклик элткичининг ўртача температурасини аниклаймиз:

$$T_{и.ср.} = \frac{T_{и1} - T_{и2}}{\ln \frac{T_{и1}}{T_{и2}}} = \frac{258 - 251}{2{,}3 \lg \frac{258}{251}} = \frac{7}{2{,}3 \cdot \lg 1{,}027} = \frac{7}{2{,}3 \cdot 0{,}0118} = 254 K$$

Совукликнинг ишга яроклилик коэффициенти:

$$(\tau_q)_и = 1 - \frac{T_{о.с.}}{T_{и.ср.}} = 1 - \frac{293}{254} = -0{,}153$$

$Э_и = (\tau_q)_и$ бўлгани учун, идеал циклдаги электр энергиясининг нисбий сарфи 0,153 га тенг бўлади.

Совитиш курилмаси буғлаткичидаги энергия йўкотилишлари (совуклик элткичи бўйича) ни назарда тутган фойдали иш коэффициенти:

$$\eta'_г = \frac{q_0 (\tau_q)_и}{l_к} = \frac{Q_0 (\tau_q)_и}{N_э} = \frac{1090 \cdot 0{,}153}{432} = 0{,}387 (\approx 39\%)$$

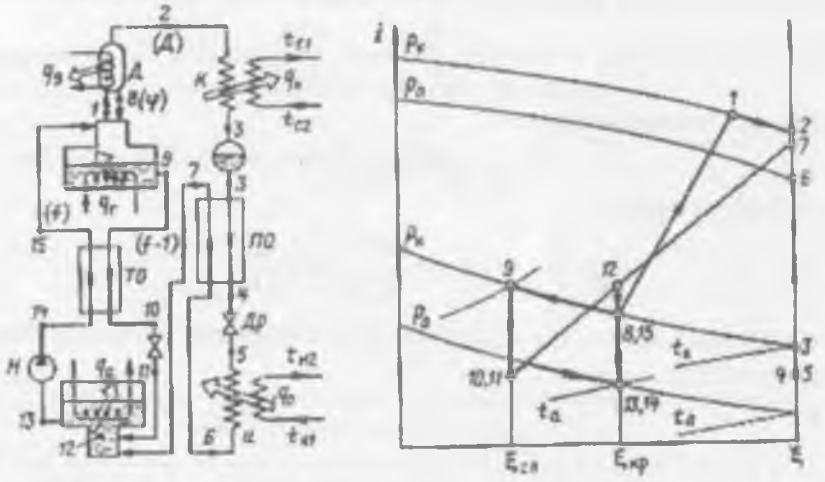
Совитиш курилмаси буғлаткичидаги энергия йўкотилишлари (совуклик элткич бўйича) назарда тутган фойдали иш коэффициенти:

$$\eta''_и = \frac{\bar{q}_0 (\tau_0)_0}{l_з} = \frac{1090 \cdot 0{,}182}{432} = 0{,}46 (\approx 46\%)$$

бу ерда

$$(\tau_q)_0 = 1 - \frac{T_{о.с.}}{T_0} = 1 - \frac{293}{248} = -0{,}182$$

10.2-мисол. Бир боскичли абсорбцион совитиш курилмасининг совитиш унумдорлиги Q_0=1000 кВт. Намокобнинг буғлаткичга кириш температураси $t_{н1}$=-20°С ва чикиш температураси $t_{н2}$=-30°С; совутувчи сувнинг курилмага кириш ва чикиш температуралари $t_{в2}$=-20°С, $t_{в1}$=-25°С. Иситувчи сув буғининг босими p=0,275 МПа (t_s=130°С). Ишчи элткич - аммиак; абсорбент - сув. Буғлаткич ва конденсатордаги температуралар фарки мос равишда $\Delta t_н$=3°С, $\Delta t_к$=5°С; температуралар фарки: абсорберда-$\Delta t_а$=5°С; генераторда-$\Delta t_г$=6°С; совуткичда-Δt_{3-7}=10°С; аралашма иссиклик алмашиниш курилмасида Δt_{14-10}=10°С; дефлегматорда $\Delta t_Д$=15°С (10.32-расм).



10.32-расм. Сув - аммиак совитиш курилмасининг схемаси ва i - ξ- диаграммада жараён тасвири.

Жараённинг характерли нукталаридаги параметрларни аниклаймиз ва жараённи i-ξ - диаграммада курамиз. Курилмаларнинг иссиклик юкламалари, энергиянинг нисбий сарфи, курилманинг совитиш ва эксергетик фойдали иш коэффициентларини топамиз. Совутувчи элткичнинг кайнаш температураси:

$$t_0 = t_{н2} - \Delta t_н = -30 - 3 = -33^0 C$$

Бу температурага мос келувчи босим $p_в$=0,1 МПа. Конденсатордаги босим $p_к$=1,2 МПа. Конденсацияланиш температураси:

$$t_к = t_{в1} + \Delta t_к = 25 + 5 = 30^0 C$$

Паст концентрацияли эритманинг генератордан чикиш температураси:

$$t_9 = t_s - \Delta tr = 130 - 6 = 124^0 C$$

Паст концентрацияли эритманинг параметрлари:

$$\xi_{сл} = 0{,}0225; \qquad i_9 = 462\,кЖ/кг$$

Юкори концентрацияли эритманинг абсорбердан чикиш температураси:

$$t_{13} = t_{в2} + \Delta t_а = 20 + 5 = 25^0 C$$

Юкори концентрацияли эритманинг параметрлари:

$$\xi_{13} = 0{,}315; \qquad i_{13} = 0\,кЖ/кг$$

Эритманинг циркуляция карралиги:

$$f = \frac{G_{эр}}{D} = \frac{G_{15}}{G_2} = \frac{\xi_2 - \xi_{с1}}{\xi_{эр} - \xi_{с1}} = 1 - \frac{0{,}225}{0{,}315 - 0{,}225} = \frac{0{,}775}{0{,}09} = 8{,}62$$

Дефлегматордан чикишдаги бугнинг параметрлари:

$$t_2 = t_{в1} + \Delta t_D = 25 + 15 = 40^0 C; \qquad \xi_2 = 1; \quad i_2 = 1660\ кЖ/кг$$

Генератордан чикишда мувозанат ҳолдаги буғ параметрлари:

$$p_1 = 1{,}2\ МПа; \qquad t_{10} = 105^0 C; \qquad \xi_1 = 0{,}925; \quad i_1 = 1890\ кЖ/кг$$

Дефлегматордан флегманинг нисбий чикиши (флегма нисбати):

$$\varphi = \frac{G_8}{G_2} = \frac{\xi_2 - \xi_1}{\xi_1 - \xi_8} = \frac{1 - 0{,}925}{0{,}925 - 0{,}315} = \frac{0{,}075}{0{,}61} = 0{,}123$$

Дефлегматорни нисбий иссиклик юкламаси:

$$q_D = (i_1 - i_2) + \varphi(i_1 - i_8) = (1890 - 1660) + 0{,}123(1890 - 377) = 416\ кЖ/кг$$

Паст концентрацияли эритманинг иссиклик алмашиниш курилмасидан кейинги параметрлари:

$$t_{10} = t_{14} + \Delta t_{мо} = t_{14} + \Delta t_{14-10} = 25 + 10 = 35^0 C; \quad i_{10} = 62\ кЖ/кг$$

Юкори концентрацияли эритманинг генераторга киришидаги энтальпияси:

$$i_{15} = i_{14} + \frac{f - 1}{f}(i_9 - i_{10}) = 0 + \frac{8{,}62 - 1}{8{,}62}(462 - 62) = 352\ кЖ/кг$$

Флегманинг ξ_8=0.315 даги энтальпияси:

$$i_8 = 377\ кЖ/кг$$

$i_8 > i_{15}$ бўлгани учун топилган i_{10} киймат кейинги ҳисоблашлар учун ишлатилади. Иссиклик алмашиниш курилмасининг нисбий иссиклик юкламаси:

$$q_к = i_1 - i_2 = 1660 - 500 = 1160\ кЖ/кг$$

Совуклик элткичи буғларининг совуткичдан кейинги температураси:

$$t_7 = t_3 - \Delta t_{но} = t_к - \Delta t_{3-7} = 30 - 10 = 20^0 C$$

Аммиакнинг *T-S* диаграммасидан i_7=1760 кЖ/кг эканини аниклаймиз. *T-S* ва *I-ξ* диаграммаларидаги энтальпия кийматлари ўртасидаги фаркнинг тузатиш катталигини Δi=285-210=75 кЖ/кг зътиборга олиб i_7=1760-75=1685 кЖ/кг ни топамиз.

Совуткичнинг нисбий иссиклик юкламаси:

$$q_{сов} = i_7 - i_6 = 1685 - 1574 = 111 \ кЖ/кг .$$

Суюк аммиакнинг дросселдан олдинги энтальпияси:

$$i_4 = i_3 - q_{сов} = 500 - 111 = 389 \ кЖ/кг .$$

Курилманинг нисбий совитиш унумдорлиги:

$$q_0 = 1574 - 389 = 1185 \ кЖ/кг .$$

Абсорбция жараёнида ажраб чикаётган нисбий иссиклик микдори:

$$q_a = (i_7 - i_{10}) + f(i_{10} - i_{13}) = (1685 - 62{,}8) + 8.62 = (62{,}8 - 0) \approx 2160 \ кЖ/кг$$

ёки

$$q_a = f(i_{12} - i_{13}) = 8{,}62(2{,}51 - 0) \approx 2160 \ кЖ/кг .$$

Генераторнинг нисбий иссиклик юкламаси:

$$q_г = (i_1 - i_9) + f(i_9 - i_{15}) + \varphi(i_1 - i_9) =$$
$$= (1890 - 462) + 8{,}62 = (462 - 352) + 0{,}123(1890 - 377) = 25560 \ кЖ/кг$$

Курилманинг иссиклик баланси:

$$q_{узат} = q_{олтр}$$
$$q_{узат} = q_г + q_0 = 2550 + 1185 = 3735 \ кЖ/кг$$
$$q_{узат} = q_a + q_к + q_{д} = 2160 + 1160 + 416 = 3736 \ кЖ/кг$$

Ишчи элткич (аммиак) сарфи:

$$G = 1000/1175 = 0{,}85 \ кг/с$$

Курилмаларнинг иссиклик юкламалари:

а) генераторники: $Q_г = Gq_г = 0{,}85 \cdot 2550 = 2170 \ кВт$;

б) абсорберники: $Q_a = 0{,}85 \cdot 2160 = 1835 \ кВт$;

в) совуткичники: $Q_{сов} = 0{,}85 \cdot 111 = 94{,}5 \ кВт$;

г) конденсаторники: $Q_к = 0{,}85 \cdot 1160 = 985 \ кВт$;

д) дефлегматорники: $Q_{д} = 0{,}85 \cdot 416 = 354 \ кВт$.

Иссикликнинг нисбий сарфи:

$$Э = \frac{q_г}{q_0} = \frac{Q_г}{Q_0} = \frac{2170}{1000} = 2{,}17$$

Совитиш коэффициенти:

$$\varepsilon = \frac{q_0}{q_г} = \frac{1000}{2170} = 0{,}463$$

Курилманинг совук элткич буйича эксергетик фойдали иш коэффициенти:

$$\eta_c = \frac{q_0(\tau_q)_0}{q_c(\tau_q)_B} = \varepsilon\frac{(\tau_q)_0}{(\tau_q)_B} = 0{,}463\,\frac{0{,}22}{0{,}273} = 0{,}373$$

бу ерда

$$(\tau_q)_0 = \frac{T_0 - T_{ос}}{T_B} = \frac{240-293}{240} = -0{,}22$$

$$(\tau_q)_B = \frac{T_B - T_{ос}}{T_B} = \frac{403-293}{430} = 0{,}273$$

ёки

$$\eta_2 = \frac{e_k^a}{e_c^a} = \frac{0{,}22}{0{,}592} = 0{,}373; \qquad e_c^a = \frac{q_c(\tau_q)_B}{q_0} = Э(\tau_q)_B = 2{,}17\cdot 0{,}273 = 0{,}592;$$

$$e_k^a = \frac{T_{ос} - T_B}{T_0} = \frac{293-240}{240} = 0{,}22.$$

Қурилманинг совук элткич бўйича фойдали иш коэффициенти:

$$\eta_c = \varepsilon\frac{(\tau_q)_O}{(\tau_q)_B} = 0{,}463\,\frac{0{,}181}{0{,}273} = 0{,}306 \approx 31\%$$

бу ерда

$$(\tau_q)_0 = 1 - \frac{T_{ос}}{T_B^{ур}} = 1 - \frac{293}{248} = -0{,}181, \qquad T_B^{ур} = \frac{253+243}{2} = 248K$$

10-боб. Совитиш жараёнлари бўйича Мустақил тайёрланиш ва қайтариш учун саволлар

1. Совитиш жараёнлар қайси температуралар оралиғида мавжуд?
2. Шартли равишда совитиш жараёнлари классификациясини изоҳлаб беринг.
3. Совуклик олишнинг термодинамик асослари.
4. Сунъий совитиш усуллари.
5. Газларни дроссселлаш нима?
6. Инверснон температура нима?
7. Паст температура олиш усуллари.
8. Уюрмавий эффект нима ва уюрмавий кувур конструкцияси кандай бўлади?
9. Магнит-калорик ва термоэлектрик эффектларни таккосланг?
11. Идеал ва ҳакикий машина цикллари.
12. Ҳакикий машина циклининг совитиш коэффициенти кандай аникланади?
13. Совуклик элткичлар турлари.
14. Каскадли цикл машиналари качон кўлланилади?
15. Совитиш курилмаси таркибига кайси жиҳозлар киради?
16. Абсорбцион совитиш машиналарининг схемаси, афзаллик ва камчиликлари.
17. Сув буг-инжектор совитиш машиналарининг схемаси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.

18. Ўта паст температуралар олиш усуллари.
19. Бир карра дросселланишли юкори босим циклини схематик тасвирланг ва моҳиятини тушунтиринг.
20. Икки карра дросселланишли ва газнинг босим остидаги айланишли циклини схематик тасвирланг ва моҳиятини тушунтиринг.
21. Капица цикли ва унинг моҳияти.
22. Детандер нима учун хизмат килади?
23. Турбодетандер нима учун хизмат килади?
24. Поршенли детандер конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
25. Поршенли детандер индикатор диаграммаси.
26. Тўлдириш даражасининг изоҳи.
27. Детандер фазалар таксимланишининг айланали диаграммаси.
28. Юкори босимли детандер конструкциясининг ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
29. Детандер клапани ва поршенларининг конструкциялари.
30. Актив типдаги турбодетандер конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
31. Актив-реактив типдаги турбодетандер конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
32. Турбодетандерда газнинг тезлиги ва температурасининг ўзгариши.
33. Турбодетандер конструкциясининг ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
34. Совитиш машиналарини ҳисоблаш усуллари.

3 қисм. ТЕХНОЛОГИК ТРУБА, МОНТАЖ ИШЛАРИ ВА ЭКОЛОГИЯ

11-боб. ТЕХНОЛОГИК ТРУБА ВА ҚУВУРЛАР

11.1. Технологик трубалар ва уларнинг категорияси

Кимё саноати корхоналаридаги технологик қурилмаларнинг ажралмас қисми бўлиб технологик труба қувурлари ҳисобланади.

Технологик қувурлар цех ичидаги ва цехлараро қувурларга бўлинади. Цех ичидаги айрим қурилмаларни, машина ва ускуналарни бирлаштирувчи труба қувурлари, цехлараро эса – турли цехлардаги қурилмаларни бирлаштирувчи трубалар киради.

Жойлашишига караб, ер ости ва ер устидаги труба қувурлари бўлади. Ер устида жойлашган труба қувурлари кенг тарқалган, чунки уларни техник назорат қилиш осон.

Технологик труба қувурлари бир катор элементлар ўзаро ажралмас ва ажралувчан бирикмалар билан бирлаштирилган труба, труба деталлари ва арматуралардан таркиб топган.

Труба қувурларини лойиҳалаш, стандарт ва нормаллар асосида труба қувурлари элементларини танлашдан иборат. Танлашда асосан труба қувурининг иккита характеристикаси катта аҳамиятга эга: шартли ўтиш диаметри ва шартли босим.

Труба ёки арматурадаги муҳит ўтиши учун мўлжалланган тешикнинг номинал диаметри – ***шартли ўтиш диаметри*** ёки ***шартли диаметр*** дейилади ва у D_y деб белгиланади. Агар труба қувурининг истал... иккита элементи бир хил D_y га эга бўлса, унда уларнинг кўндаланг кесим юзалари ва бирлаштирувчи ўлчамлари ҳам бир хил бўлади. Шартли диаметр катори Давлат Стандарти томонидан белгиланган. Технологик қувурларда кенг қўлланиладиган труба ва арматуралар учун қуйидаги труба шартли диаметрлари (мм) тавсия этилган: 3; 5; 10; 15; 20; 25; 32; 40; 50; 65; 80; 100; 125; 150; 200; 250; 300; 350; 400; 500; 600; 800; 1000; 1200; 1400; 1600; 200; 2400; 3000; 3400; 4000.

20^0C температурали муҳитнинг максимал муҳитнинг ортиқча босимида труба ва труба қувурлари элементларини хавфсиз ва узоқ муддатли эксплуатациясини таъминловчи босим – бу шартли босим P_y.

200^0C температурагача муҳитнинг шартли босими ва ишчи босими бир-бирига мос тушади. Ундан юкори температурада шартли босим қиймати ишчи босим қийматидан катта бўлиши керак.

Давлат стандарти қуйидаги шартли босимлар – катори белгилаган (МПа): 0,1; 0,25; 0,4; 0.6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6,4; 10; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 64; 80; 100.

Ишлаш шароитига караб гуруҳларга бирлаштириш учун қуйидаги 3 асосий параметр бўйича классификация қилинган (11.1-жадвал): ишчи босим; ишчи температура; муҳит хоссалари ва параметрлари.

Узатилаётган муҳит хоссаларига караб труба қувурлари 5 гуруҳга ажратилган (***А***, ***Б***, ***В***, ***Г***, ***Д***), муҳит параметрлари (босим ва температура)га караб 5 та категорияга бўлинади (I, II, III, IV, V) (11.2-жадвал).

А – Д гуруҳ труба қувурлари: суюқ ва газсимон заҳарли маҳсулотлар учун;

Б – ёнувчан ва фаол газлар, ёнувчан ва енгил аланга олувчан суюкликлар учун;

В – ўта қизиган сув буғи учун;

Г – тўйинган сув буғи, иссик сув, конденсат;

Д – кийин ёнувчан, ёнмайдиган газ, суюклик ва буғлар учун.

Ҳар бир гуруҳ ичида, труба қувурлари яна категорияларга ажратилган. Чунончи, ***Б*** гуруҳида $350\text{-}700^0$C да енгил аланга олувчи суюкликлар учун I категорияли труба қувури зарур, - 150 дан $+120^0$C температурагача IV категорияли труба қувури керак. Ҳар бир

Труба қувурларининг гуруҳи ва тоифаси (СНиП 527-80)

11.1-жадвал

Гуруҳ	Узатилаётган модда	Труба қувурининг тоифаси									
		I		II		III		IV		V	
		$p_{иш}$, МПа	$t_{раб}$, °С	$p_{иш}$, МПа	$t_{раб}$, °С	$p_{иш}$, МПа	$t_{раб}$, °С	$p_{иш}$, МПа	$t_{раб}$, °С	$p_{иш}$, МПа	$t_{раб}$, °С
А	Зарарли: а) 1 ва 2 хавфли синф	боғлиқмас		<1,6	<300						
	б) 3 хавфли синфга оид	>1,6	>300								
Б	Портловчи ва ёнғин хавфли: а) портловчи ва ёнувчи газ	>2,5	>300	<2,5	<300						
	б) осон ёнувчан моддалар	>2,5	>300	>1,6 <2,5	>120 <300	<1,6	<120				
	в) ёнувчан суюқ. ва модда.	>6,3	>350	>2,5 <6,3	>250 <350	>1,6 <2,5	>120 <250	<1,6	<120		
В	Қийин ёнувчан ва ёнмайдиган			>6,3	>350 <450	>2,5 <6,3	>250 <350	>1,6 <2,5	>120 <250	<1,6	<120

Буғ ва иссиқ сув учун труба қувурларининг гуруҳи ва тоифаси

11.2-жадвал

№	Узатилаётган модда	Труба қувурининг тоифаси							
		I		II		III		IV	
		$p_{иш}$, МПа	$t_{раб}$, °С	$p_{иш}$, МПа	$t_{раб}$, °С	$p_{иш}$, МПа	$t_{раб}$, °С	$p_{иш}$, МПа	$t_{раб}$, °С
1.	Ўта қизиган сув буғи А)	Боғлиқ эмас	>580	<3,9	>300 <450	<2,2	>250 <350	>0,07	>115
	Б)	Боғлиқ эмас	>540 <580	>2,2 <3,9	<350	<1,6 <2,2	<250		
	В)	Боғлиқ эмас	>450 <540						
	Г)	>3,9	<450						
2.	Тўйинган сув буғи: А)							>0,07 <1,6	>115 <250
	В)			>3,9 <8,0	>115	>1,6 <3,9	>115		
	Д)	>8,0	>115						
3.	Иссиқ сув: А)							<1,6	>115
	В)			>3,9 <8,0	>115	>1,6 <3,9	>115		
	Д)	>8,0	>115						

категория труба кувурлари учун лойиҳалаш, монтаж, эксплуатация ва таъмирлаш нормалари ўрнатилган.

11.2. Трубалар, бирлаштириш деталлари, компенсатор ва таянчлар

Технологик кувурларда пайвандланган ва чоксиз пўлат трубалар кўп миқдорда ишлатилади. Пайвандланган трубалар бўйлама ёки спиралсимон чокли бўлади ва улар пухталиги чоксиз трубаларникидан анча паст. Чексиз трубалар асосан заҳарли, портловчи ва коррозион фаол моддаларни, колган ҳолларда эса – пайвандланган трубалар қўлланилади.

Пўлат трубалар турли маркали пўлатлардан ясалади. Кенг кўламда қўлланиладиган трубалар Ст.10 ва Ст.20 маркали пўлатдан, махсус трубалар эса – легирланган, юкори легирланган, кислота бардош ва иссикликка бардош пўлатлардан ясалади. Ундан ташкари, чўян, мис, латун, кўрғошин, керамика, алюминий, титан, стеклопластик, шиша, фарфор, пластмасса ва бошка материаллардан тайёрланиши мумкин. Ҳозирги кунда рангли металл ва кўрғошиндан ясалган трубалар пластмассадан килинган трубаларга алмаштирилган. Охирги пайтда винипласт, фаолит, полиэтилендан ясалган трубалар кенг микёсда ишлатилмокда. Бу трубалар агрессив муҳитларга ўта бардош, лекин муҳит температураси ортиши билан қўллаш чегараси камаяди. Масалан, винипласт трубаларни 40^0C гача, полипропилен трубаларни 100^0C гача ва фаолитдан ясалган трубаларни 110^0C гача қўллаш мумкин.

Ҳозирги кунда кимё ва бошка саноатларда титан трубалар кенг кўламда ишлатилмокда. Худди шундай, труба ички кисм полиэтилен, винипласт, эмаль, шиша ёки резина билан копланган трубаларни ишлаб чикариш яхши йўлга қўйилган.

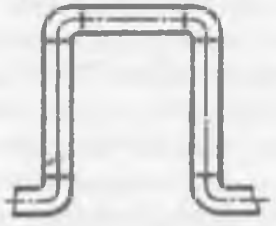
Бирлаштирувчи деталларга турли конструкцияли тирсаклар, бир диаметрдан иккинчисига ўтувчи мосламалар, тройниклар ва бошкалар киради. Одатда, труба кувурларининг элементлари (тирсаклар, трубалар) бир-бирига пайвандлаб бирлаштирилади.

Агарда, трубаларни пайвандлаш мақсадга мувофик бўлмаса, унда трубалар фланецли бирикмалар ёрдамида бирлаштирилади. Кўпинча, пайвандланган фланецлар қўлланилади. Резьбали фланецлар асосан юкори босимли труба кувурларида ишлатилади.

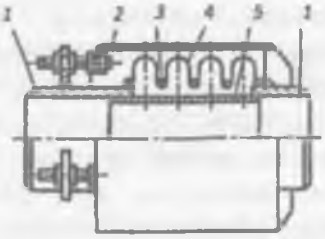
Маълумки, атроф-муҳит ва труба оркали узатилаётган муҳит температуралари ўртасидаги фарк катта бўлса, труба кувурлари температура деформацияси дуч келади. Одатда, труба кувурлари узун бўлади ва ишлаб чикаришда умумий температура деформациясининг миқдори катта бўлиши мумкин. Натижада, труба узилиши ёки шишиб колиш ҳоллари рўй беради. Шу сабабли, ушбу деформацияларни компенсация килиш зарур.

Технологик труба кувурларидаги температура деформацияларини бартараф килиш учун П-симон, линзали, тўлкинсимон ва сальникли компенсаторлар ишлатилади.

Труба кувурларининг диаметридан катъи назар ер устидаги конструкцияларда П-симон компенсаторлар жуда кўп ҳолларда қўлланилади (11.1 - расм).



11.1-расм П-симон компенсатор.



11.2 -расм. Тўлкинсимон компенсатор.
1-патрубка, 2-кобик, 3-халка,
4-гофрирланган элемент, 5-стакан

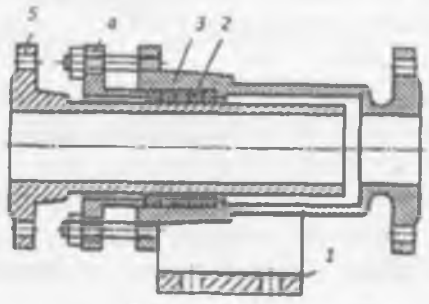
Бу турдаги мосламалар компенсация килиш кобилияти катта, исталган босимларда ишлатиш мумкин. Лекин улар кўпол ва махсус таянчлар ўрнатилишини талаб килади. Одатда, улар горизонтал ҳолатда жойлаштирилади ва дренаж мосламаси билан таъминланади.

Ишчи босим 1,6 МПа бўлган газ кувурларида линзали компенсаторлар ўрнатилади.

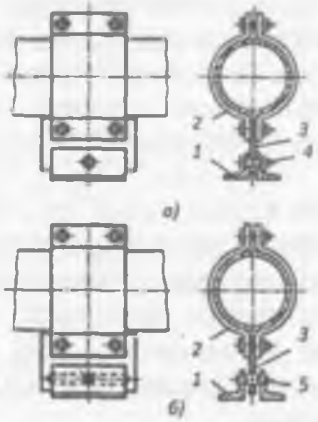
Тўлкинсимон компенсаторлар босими 6,4 МПа гача бўлган агрессивмас ва ўртача агрессив мухитлар узатиладиган труба кувурларида ишлатилади (11.2-расм).

Бундай компенсатор патрубка 1 га пайвандланган гофрирланган элемент 4 дан таркиб топган. Чегараловчи халка 3 элемент шишиб кетиш ва элемент деворининг эгилиш олдини олади. Элемент ташки томони кобик 2 ёрдамида ҳимояланган. Компенсатор гидравлик каршилигини камайтириш учун ички томонида стакан 5 ўрнатилади.

Чўян ва металлмас материаллардан ясалган труба кувурларида сальникли компенсаторлар ўрнатилади (11.3-расм). Ушбу компенсатор таянч 1 махкамланган кобик 3, зичловчи кистирма 2 ва грундбукса 4дан таркиб топган. Температура деформациясини компенсация килиш кобик 3 ва труба 5 ларнинг силжиши туфайли амалга ошади.



11.3 - расм. Сальникли компенсатор:
1-таянч, 2-зичловчи кистирма, 3-кобик, 4-грундбукса, 5-труба



11.4 - расм. Труба учун таянчлар:
1-угольник; 2-хомут; 3-ясси пластина; 4-болт; 5-гилдирак.

Бу турдаги компенсаторлар жуда катта температура деформацияларини компенсация кила олади. Лекин зичлаш кийин бўлгани учун ёнувчан, заҳарли ва суюк газларни узатишда ишлатиб бўлмайди.

Труба кувурлари таянчларга ўрнатилади. Улар орасидаги масофа труба диаметри 250 мм бўлса, таянчлар орасидаги масофа 3-6 м га тенг килиб ўрнатилади.

Таянчлар кўзгалмас (11.4а-расм) ва ҳаракатчан (11.4б-расм) бўлиши мумкин. Ҳаракатчан таянчлар температура деформацияси яхши компенсация килади. Кўзгалмас таянчларда уголник 1, хомут 2 ва ясси пластина ўзаро мустаҳкам бириктирилган. Ҳаракатчан таянчларда болт 4 ўрнига ғилдирак 5 ўрнатилган. Ушбу ролик таянч пластина тешигида эркин ҳаракат қилади. Бундай таянчларни вакти-вакти билан мойлаб туриш керак.

Фланецли бирикмалар. Фланецлар труба кувурлари, арматура ва курилма кобикларини бир-бирига бирлаштирувчи ажралувчан бирикмаларининг асосий кисмидир. Фланец диск кўринишида бўлиб, четларида айлана бўйлаб бириктирувчи болтлар учун тешиклар килинган. Думалок дискларни ясаш осон бўлганлиги учун асосий фланецлар ушбу шаклли килиб ясалади. Махсус шароитларда бошка шаклдаги (учбурчак, тўртбурчак) фланецлар конструктив ёки технологик шароитлардан келиб чиккан ҳоллардагина кўлланиши мумкин. Қуйма курилмаларда фланец курилма кобиги билан битта, яхлит килиб тайёрланади. Пайвандланадиган курилма ва труба кувурлари учун фланецлар штамповка ёки механик ишлов бериш йўли билан ясалади ва сўнг трубага ёки обечайкага пайвандлаш усулида бириктирилади. Зарур бўлган ҳолларда трубага фланецни резьба ёрдамида ҳам улаш мумкин. Фланц конструкцияси ва материали унинг ишлаш

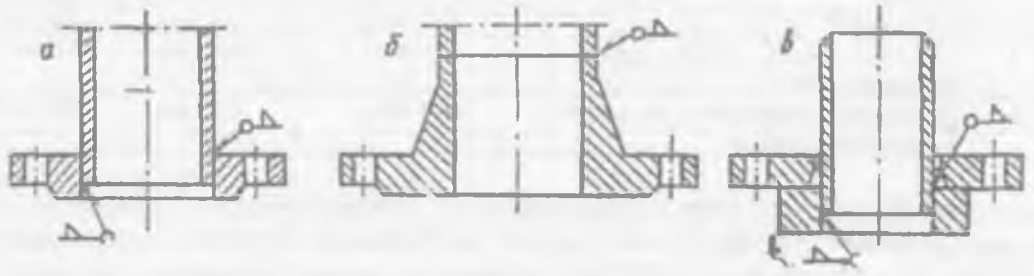
шароити ва муҳитига боғлик. Шунинг учун фланецлар ГОСТ ёки нормаллар асосида шартли босим, температура ва муҳитнинг агрессивлигига караб танланади. ГОСТ, ОСТ ёки нормалларда фланец типи, ўлчамлари ва шартли белгиланиши ҳам берилади. Масалан, нефть маҳсулотлари учун ишчи босим канча бўлишидан қатъи назар, 1,6 МПа дан юкори босимга ҳисобланган фланецлар қўлланилади.

Конструкциясига караб фланецлар патрубка ёки обечайкага маҳкамланиши билан фаркланади. Ўзаро фланецлар зичловчи кистирма ёрдамида бириктирилади. 11.5 - расмда фланецларни патрубкага пайвандлаш усуллари кўрсатилган.

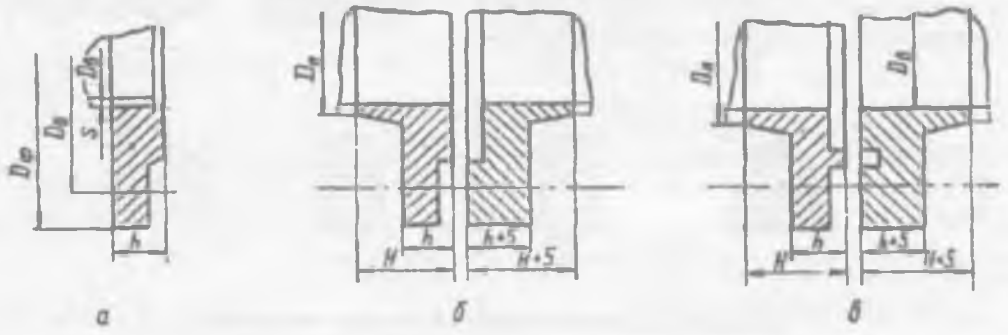
Энг оддий – ясси пайвандланган фланецлар бўлиб, температура 300°С ва шартли босим 2,5 МПа гача бўлган шароитда ишлатилади. Учма-уч пайвандланган фланецлар исталган босим ва температурали муҳитларда қўлланиши мумкин. Ҳалкада эркин айланувчи фланецлар шартли босим 2,5 МПа гача бўлган шароитларда ишлатилади.

11.6 - расмда фланецларнинг бирлашувчи юзаларининг энг кўп қўлланиладиган шакллари кўрсатилган.

Ясси юзали, тўртбурчак кўндаланг кесимли кистирмали фланец бирикмаси шартли босим 2,5 МПадан ошмаган шароитларда ишлатилади. Ботик-бўртик юзали, тўртбурчак кўндаланг



11.5 - расм. Фланецлар конструкцияси:
а - ясси пайвандланган; *б* - учма-уч пайвандланган;
в - пайвандланган халкада эркин айланувчи.



11.6 - расм. Фланецлар бирлашувчи юзаларининг шакллари:
а - ясси, *б* - бўртик-ботик, *в* - шип-паз.

кесимли кистирмали фланецлар (11.6б-расм) эса – 4 МПа гача; Шип-паз юзали, тўртбурчак ёки думалок кўндаланг кесимли кистирма билан зичланган фланецлар (11.6в-расм) эса – 6,3 МПа гача бўлган ҳолатларда қўлланилади. Агар босим 6,3 МПа дан ортик бўлса, эллипс ёки саккиз бурчак кўндаланг кесим шаклли металл кистирмалар ишлатилиши зарур; бундай ҳолларда фланец бирлашувчи юзаларида бир хил, фасонли арикчалар қилинади.

Агарда эксплуатация шартлари бўйича кистирма қўллаб бўлмаса, унда фланецлар бирлашувчи юзалари орасини зичлаш махсус обтюрация усулида амалга оширилади. Бунда бирлашувчи юзаларга маълум шакл ва алоҳида механик ишлов (шлифовка) берилади. Ушбу юзалар ясси, сферик ёки конуссимон бўлиши мумкин.

Кистирмалар турлари

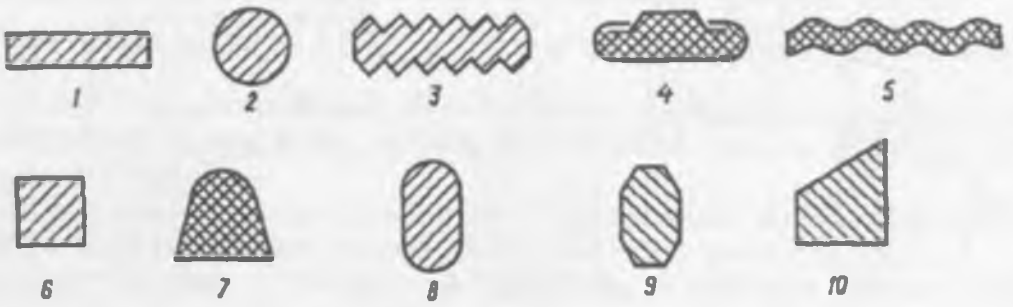
Фланецли бирикмани зичлаш учун, одатда, улар орасига кистирмалар ўрнатилади. Кистирма пластик, эластик, муҳитга бардошли, эксплуатация даврида мустаҳкам ва узок муддат хизмат килиши керак. Кистирма материали ва тури эксплуатация шароити – босим, температура ва муҳит хоссаларидан келиб чиккан ҳолда танланади. Кистирма ўлчами ва шакли фланецларнинг бирлашиш юзаси конфигурациясига боғлик.

11.3-жадвалда курилмасозликда ишлатиладиган кистирмалар материаллари келтирилган.

11.3-жадвал

Т/р	Материал	Параметрларнинг тавсия этиладиган чегаралари		
		D_1, мм	P_y, Па	t, °С
1.	Картон, резина	3000 гача	0,6 гача	-300 дан +100 гача
2.	Резинали мато	3000 гача	1,0 гача	-30 дан +100 гача
3.	Асбестли картон	3000 гача	1,6 гача	+500 гача
4.	Пластикат, полиэтилен	3000 гача	4,0 гача	-30 дан +60 гача
5.	Паронит	3000 гача	10,0 гача	-200 дан +400 гача
6.	Фторопласт	1000 гача	10,0 гача	-200 дан +250 гача
7.	Алюминий, мис, латунь, монель, кўргошин, никель	800 гача	40,0 гача	-200 дан +300 гача
8.	Углеродли, легирланган ва юкори легирланган пўлатлар	1600 гача	20,0 гача	-200 дан +540 гача

11.7-расмда энг кўп кўлланиладиган кистирмаларнинг кўндаланг кесимлари келтирилган. Тўғри тўртбурчак шаклли кистирмалар исталган материалдан ясалиши мумкин. Думалоклар – металлдан; эллипс ва саккиз бурчакли кўндаланг кесимли, гофрирланган кистирмалар эса пўлатлардан ясалади.



11.7-расм. Кистирмаларнинг кўндаланг кесимлари:
1-ясси ; 2-думалок; 3-гофрирланган, 4,5-комбинациялашган (металл кобикли), 6-квадрат, 7,8,9,10-фасонли металлдан

Алюминий, мис, латунь, никель, монель кобикли асбест, картон, ясси ва гофрирланган кистирмалар жуда кўп кўлланилади ва саноатда кенг таркалган. Одатда, улар муҳит температураси 540°С ва босим 6,3 МПа гача бўлган курилмаларда ўрнатилади. Ундан ташкари, нометалл кобикли металлдан ясалган комбинациялашган кистирмалар ҳам кўлланилади. Бундай ҳолларда кистирма кобиғи фторопласт плёнкадан килинади, чунки у фланец бирлашувчи юзасининг ҳамма нотекисликларини тўлдириб туради.

Металл ва комбинациялашган кистирмаларни танлашда, фланец ва кистирма гальваник жуфтликни ҳосил килмаслигини инобатга олиш керак, бўлмаса, зичланувчи юзада интенсив равишда электрокимёвий коррозия бошланади.

Кистирмаларни турли муҳитларда кўллаш соҳалари 11.4-жадвалда келтирилган.

Болт ва шпилькаларни ҳисоблаш

Фланецли бирикмалар учун болт (шпилька)лар ва гайкалар нормаллашган ва стандартлашган бўлиши керак. Фланецли бирикма лойиҳаланаётганда қуйидаги тавсияларни инобатга олиш керак: болт (шпилька) диаметри имкон доирасида кичик бўлиши керак, лекин 10 мм дан кам бўлмаслиги даркор; болтлар орасидаги масофа $(2,5\ldots5)\cdot d_б$ бўлиши керак; болтлар иложи борича зичланиш юзасига якин бўлиши

11.4-жадвал

Т/р	Мухит	Чегаравий ишчи босим. МПа	Чегаравий температур. °С	Кистирма
1.	Нефть (хомашё) ва нефть маҳсулотлари	1,0	40	Мойланган картон
		5,0	450	Паронит
		10,0	300	Гофрирланган алюминий кобикли асбест
		6,4…40,0	550	0Х18Н9 ёки Х18Н9Т пўлатдан эллипс кўндаланг кесимли ҳалқасимон кистирма
2.	Агрессив буг ва газлар	0.6	300	Асбестли картон
		2,5	300	Паронит
		15,0	450	Гофрирланган 0Х18Н9 ёки Х18Н9Т пўлат кобикли асбест
		6,4…40,0	550	0Х18Н9 ёки Х18Н9Т пўлатдан эллипс кўндаланг кесимли ҳалқасимон кистирма
3.	Ҳаво ва нейтрал газ	0,3	30	Резина
		10,0	300	Гофрирланган алюминий кобикли асбест
		6,4…40,0	550	0Х18Н9 ёки Х18Н9Т пўлатдан эллипс кўндаланг кесимли ҳалқасимон кистирма
4.	Сув буги (тўйинган ва ўта кизиган)	0.4	150	Графитланган асбестли картон
		5,0	450	Паронит
		6,4…40,0	550	0Х18Н9 ёки Х18Н9Т пўлатдан эллипс кўндаланг кесимли ҳалқасимон кистирма
5.	Концентрланган H_2SO_4 (40% гача)	0,3	65	Резина
		0,6	50	С2 турдаги қўргошин
		0.6	100	Кислотабардош асбестли картон
6.	Аммиак ва ишкор эритмалари	0,15	400	Графитланган асбестли картон
		4,0	300	Паронит
		6,4…40,0	550	Армко темирдан, эллипс кўндаланг кесимли ҳалқасимон кистирма

максадга мувофик. Болт узунлиги фланецли бирикма йиғилгандан сўнг, яъни гайка қуйилиб, тортилгандан сўнг гайка устидан яна $(2,5\ldots5)\cdot d_б$ масофага чикиб туриши керак.

Мухит босими остидаги фланецли бирикма болтига тушаётган юклама қуйидаги формуладан топилади:

$$Q_б = \frac{\pi}{4}\left(D_в + \frac{2}{3}b\right)^2 \cdot P + \pi \cdot D_c \cdot b_0 \cdot m \cdot P \qquad (11.1)$$

бу ерда. $Q_б$ – болтларга тушаётган умумий юклама. $D_в$–кистирма ички диаметри. b – кистирма калинлиги. P – мухит ишчи босими. D_c – кистирма ўртача диаметри $(D_c=D_в + b)$: b_0 – кистирманинг хисобий калинлиги. унинг конструкциясига караб аникланади. ясси кистирмалар учун $b<0,012$ м бўлганда $b_0= b$; $b>0,012$ м бўлганда $b_0=\sqrt{b}$; эллипс шаклидаги кистирмалар учун $b_0= b/4$; m – кистирмага таъсир этаётган солиштирма босим коэффициенти. ясси асбест ёки асбест композициали кистирмалар учун $m=2,5$. гофрирланган металл кобикли асбест кистирма учун m=3 алюминий кистирма учун $m=4$, юмшок пўлат кистирма учун $m=5,5$.

Муҳит босими остида бўлмаган, лекин фланецли бирикмани ишончли зичланишини таъминловчи болтларга тушаётган юклама миқдори қуйидаги формуладан аниқланади:

$$Q_б' = \frac{\pi \cdot D_c \cdot b_э \cdot q_{кр}}{2} \qquad (11.2)$$

бу ерда, $q_{кр}$ – кистирма юзасига тушаётган босим; ясси асбест еки асбест композицияли кистирма учун $q_{кр}$=30, гофрирланган металл қобиқли асбест кистирма учун $q_{кр}$=40, алюминий кистирма учун $q_{кр}$=70, юмшоқ пўлат кистирма учун $q_{кр}$=125.

$Q_б'$ ва $Q_б$ юкламаларидан энг каттаси ҳисоблашлар учун олинади. Тўртта каррали (4,8,12,16 ва ҳ.) болтлар сонини танлаб, битта болтга тушаётган юклама (МН) аниқланади:

$$q_б = \frac{Q_б}{n_б} \qquad \text{ёки} \qquad q_б = \frac{Q_б'}{n_б} \qquad (11.3)$$

Болт ёки шпилька резьбасининг ички диаметри d_1 ушбу тенгламадан топилади:

$$q_б = \frac{\pi \cdot (d_1 - C_1)^2 \cdot [\sigma]}{4} \qquad (11.4)$$

бу ерда, C_1 – конструктив қўшимча, одатда C_1=0,001...0,002 мм; $[\sigma]$ – тўрт-беш каррали мустаҳкамлик захирасида рухсат этилган кучланиш.

Болт ёки шпилька диаметри ГОСТ тўғри келиши керак. Шунинг учун, болт диаметрини (11.4) формуладан аниқлангандан сўнг, $q_б'$ топилади. Болтларга тушаётган максимал юклама ушбу формуладан ҳисоблаб топилади:

$$Q_{max} = n \cdot q_б' \qquad (11.5)$$

Фланец параметрлари (диск қалинлиги, пайвандлаш чоклари) ҳисобланган юкламаси $Q_р$ га нисбатан аниқланади:

$$Q_р = \frac{Q_{max} + Q_{б\,min}}{2} \qquad (11.6)$$

бу ерда, Q_{max} – (11.1) ва (11.2) формулалар ёрдамида ҳисобланган кучланишларнинг энг каттаси.

11.3. Труба қувурлар арматураси ва унн танлаш

Труба қувурлари, қурилма, идишларда ўрнатиладиган ва ишчи муҳит оқимларини бошқаришни таъминлайдиган мосламалар арматура деб номланади.

Функционал иш бажаришга караб арматура қуйидаги синфларга бўлинади: (ёпувчи) арматура, муҳит оқимини тўхтатувчи; ростловчи арматура, муҳит параметрларини ўзгартирувчи; сақловчи арматура, системада босим ортишини тўхтатувчи; ҳимояловчи арматура, тўсатдан муҳит параметрларини ўзгариши туфайли қурилмаларни бузилиш олдини олувчи; фаза ажратувчи арматура - буғ ва газ қувурларидан конденсатни чиқариб турувчи.

Исталган класс арматураси 3 та асосий элементдан таркиб топган: кобик, узатма ва ишчи орган. Ишчи орган эгарсимон асос ва унга нисбатан айланувчи золотникдан тузилган.

Арматура трубага фланец, муфта ёрдамида ёки пайвандлаб маҳкамланиши мумкин. Кимё саноатида асосан фланецли арматура кенг таркалган. Труба қувурлари диаметри 80 мм дан кам бўлганда муфтали арматура ишлатилади. Бундай қувурларда нейтрал ва ёнмайдиган муҳитлар узатилади. Бирлаштириш усулига қатъий талаб қўйилганда пайвандланувчи арматурани қўллаш максадга мувофик.

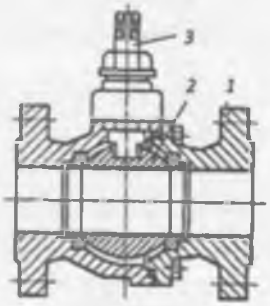
Қобикнинг конструкциясига қараб ўтиш ва бурчакли арматураларга бўлинади. Ўтиш арматурасида муҳит ўз йўналишини ўзгартирмасдан ҳаракатланса, бурчакли арматурада эса ҳаракат йўналиши 90° га ўзгаради.

Арматура ишчи қисмини қобиққа зичлаш усулига қараб сальникли, сильфонли ва мембранали арматураларга бўлинади. Ишчи орган узатмаси конструкциясига караб арматуралар қуйидагиларга бўлади: автоматик; бошқарилувчи (электр, пневматик узатмалар ёрдамида).

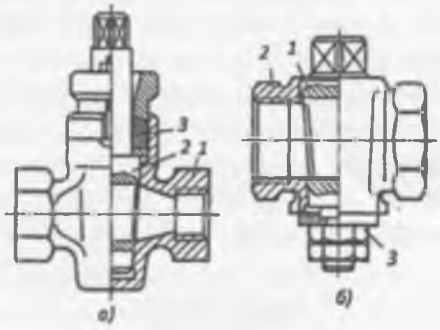
Тиқинли арматура. Катта серияли килиб қуйидаги тиқинли арматуралар ишлаб чиқарилади.

Тиқинли арматуралар шарсимон ва пробкасимон кранларга бўлинади. Шарсимон кран – кобик 1, шарсимон тиқин 2 ва шпиндел 3 лардан иборат (11.8 - расм). Тиқинли кранлар зичлаш усулига караб сальникли ёки тортилувчан бўлади. Сальникли кранда пробка 2 ва кобик 1 лар конуссимон юзасида зарур зичлаш босимини сальник 3 ни сикиб ҳосил килинади.

Тортилувчан кранларда пробка 1 ни кобик 2 да зичлаш гайка 3 ни бураш йўли билан амалга оширилади (11.9б-расм). Ушбу кранлар камчилиги: босим мегапаскалнинг юздан бир улушларидан юкори бўлганда зарур зичлашни таъминлай олмайди. Шунинг учун, кимё саноатида бундай кранлар камдан-кам ишлатилади.

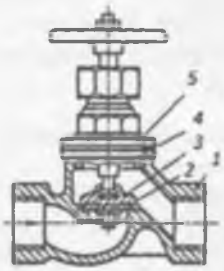


11.8-расм. Шарсимон кран:
1- кобик, 2-шарсимон тиқин, 3-шпиндель

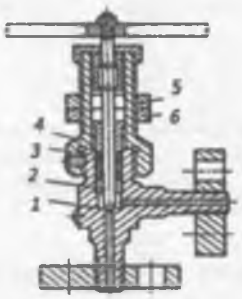


11.9-расм. Пробкали кранлар:
1-кобик, 2-конуссимон пробка, 3-сальник

Кранлар кичик ўлчамли, ихчам ва гидравлик каршилиги кам бўлади. Уларни, труба қувурларида исталган ҳолатда ўрнатиш мумкин. Лекин вақти-вақти билан уларни мойлаб туриш керак, бўлмаса – кобиққа «ёпишиб» колиши мумкин.

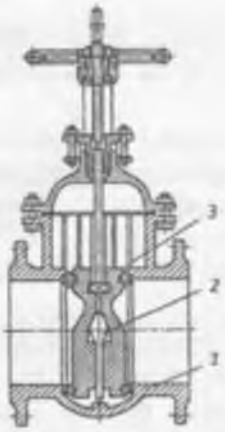


11.10-расм. Ўтказувчи вентил:
1-кобик: 2-зичловчи халка,
3-золотник, 4-кистирма, 5-копкок

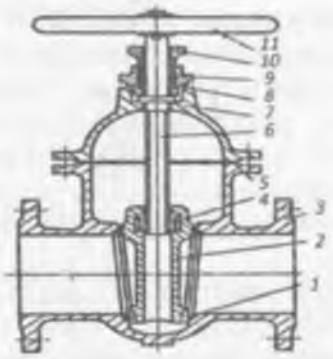


11.11-расм. Тиқинли, бурчакли вентил:
1- кобик, 2-игна, 3-сальникнинг
зичловчи материали, 4-стойка, 5-контр
гайка, 6-сикувчи гайка.

Кранни тезда ёпиш мумкин. Шу сабабли, труба қувурларида гидравлик зарба ҳосил бўлади. Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, ушбу кранларни буғ ва иссик суюклик узатувчи труба кувурларида қўллаш мумкин эмас, чунки кобик деформацияланади ва тиқин унга ёпишиб колиши мумкин.



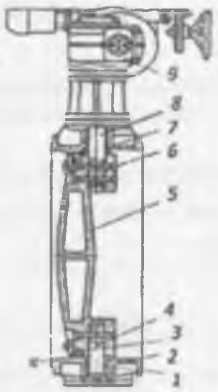
11.12-расм. Ҳаракатчан шпинделли параллел задвижка:
1- кобик. 2-пона. 3-шибер



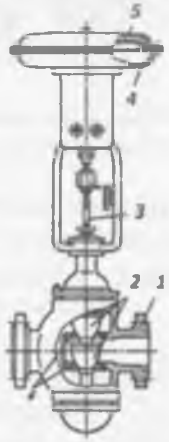
11.13-расм. Кўтгалмас шпинделли понасимон задвижка:
1-эгар, 2-пона, 3- кобик, 4-ҳаракатчан гайка, 5,8-кистирма, 6-шпиндель, 7-копкок, 9-салынык, 10-сикувчи гайка, 11-маховик.

Кранлар чўян, пўлат ва латундан тайёрланади. 11.10-расмда золотникда ўрнатилган фторопласт (чарм ёки резина) зичловчи ҳалқали 2 ўтказувчи вентил конструкцияси келтирилган. Қобик 1 ва копкок 5 лар узаро паронит кистирма 4 ёрдамида зичланади. Сальник остига эса, асбест аркондан ясалган кистирма қўйилади.

Тикинли, бурчакли вентиллар ўлчаш системасида тикинли элемент ва юкори босимли синтез қурилмаларида модда олувчи системаларда ишлатилади (11.11- расм). Ушбу вентилларни исталган ҳолатда ўрнатиш мумкин, фақат муҳит золотник остидан кириши керак. Бунда, «ёпик» ҳолатида шпиндель сальники босим остида бўлмайди. Шунда, сальник таъмирлаш труба қувуридаги суюкликни тўкмасдан олиб борса бўлади.



11.14-расм. Дискли тўсик (заслонка):
1,7-подшипниклар, 2-кобик, 3-сикувчи халка, 4-ўк, 5-диск, 6-штифт, 8-ўк, 9-электр узатма, 10-резинали халка



11.15-расм. Мембранали ижрочи механизмли ростловчи клапан:
1-кобик, 2-затворлар, 3-шток, 4-ижрочи механизм, 5- мембрана, 6-эгар

Вентилларни қўллаш соҳаси жуда кенг. Улар буғ ва сув қувурларида, каттик заррачаларсиз суюкликларни узатиш линияларида ўрнатилади. Агарда, суюклик таркибида каттик заррачалар бўлса, вентилларнинг зичланишига ёки ёпилишига халакит беради.

Задвижкаларда диск ёки пона шаклидаги затвор зичланувчи юза бўйлаб ҳаракатланади. Муҳит окими затворга нисбатан перпендикуляр йўналишда бўлади. Трубада муҳит босими паст бўлса, параллел задвижкалар, босим юкори бўлса – понасимон задвижкалар ўрнатилади.

Параллел задвижкаларда ёпувчи қисм бўлиб 2 бўлакдан иборат шибер хизмат қилади. Иккала шибер орасида пона 2 ўрнатилган. Агар пона пастга тушса, шибер иккала бўлагини йиғади ва зичловчи юзага сикади (11.12-расм).

Понасимон задвижкаларда пона 2 пастга туширилса ёки юқорига кўтарилса, эгар 1 нинг зичловчи ҳалқалари бўйлаб ҳаракатланади ва задвижкани ёпади ёки очади. Шпиндель 6 айлантирилганда пона илгарилама ҳаракатланади. Шпиндель сальник ёрдамида зичланади (11.13 - расм). Задвижкалар очиш ёки ёпиш учун шпиндель жуда кўп айлантирилиши керак. Шунинг учун, катта диаметрли задвижкалар электр узатма ёрдамида очилади ёки ёпилади. Параллел задвижкалар, одатда сув узатиш қувурларида ўрнатилади ва улар пневмо- ёки гидроузатмали килиб тайёрланади.

Суюқлик оқимига перпендикуляр ўқда айланувчи диск кўринишидаги затворли задвижка – заслонка дейилади. Бу турдаги мосламалар муҳитнинг босими паст ва тикинли органнинг зичланишига талаблар юкори бўлмаганда ҳамда катта диаметрли труба қувурларида ишлатилади.

Заслонкалар қўл ёрдамида, гидро-, пневмо- ёки электр узатмалар ёрдамида бошкарилади.

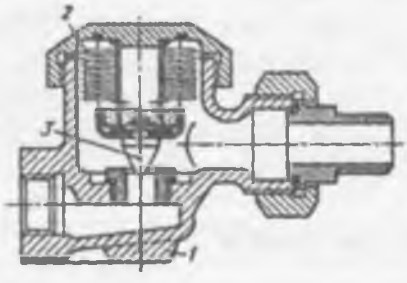
11.14-расмда сув кувурларида ўрнатиладиган пўлат дискли заслонка (тўсиқ) келтирилган. Ушбу мослама вертикал ва горизонтал труба қувурларида ўрнатиш мумкин. Унда ишчи орган диск 5 ўқ 4 атрофида айланади. Сикувчи ҳалка 3 диск арикчасига қўйилган резина кистирма 10 ни маҳкамлайди ва унинг ёрдамида зичланади.

Ўқ 8 нинг ҳаракатчан бирлашмаси – кобиқ 2 билан сальник ёрдамида зичланади.

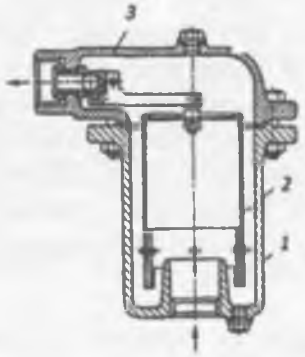
Ростловчи арматура – бу аввалам бор, ростловчи клапан ва вентил, аралаштирувчи клапан, редукцияли клапан ва сатҳ ростлагичлардир. Автоматик ростлаш системаларида ростловчи клапан ишчи муҳит сарфини бошкаради. 11.15-расмда мембранали ижрочи механизмли ростловчи клапан келтирилган. Клапанни бошкариш масофавий: импульс бевосита ижрочи механизм 4 нинг мембранаси 5 га узатилади ва маълум куч натижасида шток 3 ни (затвор 2 билан) ҳаракатга келтиради. Турли муҳитларни маълум пропорцияларда аралаштириш учун аралаштирувчи клапанлар ишлатилади. Ростловчи ва аралаштирувчи клапанлар электр ёки пневматик механизмларга эга.

Фаза ажратувчи арматура асосан конденсат ажратгичдан иборат бўлиб, труба қувурларидан конденсатни чикариб олиш учун ишлатилади. Ушбу мосламалар автоном ҳолда ишлайди, яъни труба қувурларида йиғилиб колган конденсатни вакти-вакти билан чикариб туради. Ишлаш принципи конденсат ва буғнинг температура ёки зичликлари фаркига асосланган (11.16 - расм).

Ҳозирги кунда асосан термостатик ва калковичли (поплавокли) конденсат ажратгичлар қўлланилади (11.16, 11.17 - расм). Мослама кобиғи 1 да тикинли орган 3 золотники билан боғланган суюклик тўлдирилган сильфонли термостат 2 жойлаштирилган.



11.16-расм. Термостатик конденсат ажратгич:
1-кобик, 2-сильфонли термостат, 3-золотник.



11.17-расм. Қалковичли конденсат ажратгич:
1-кобик, 2-калкович, 3-копкок.

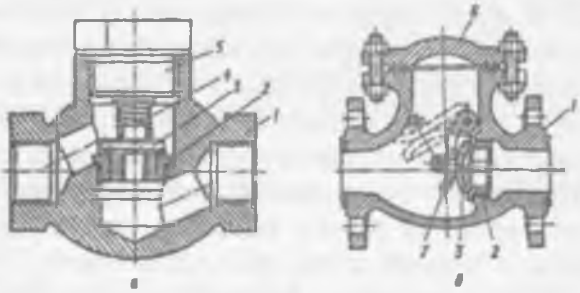
Мослама ичига конденсат тўлиши билан унинг температураси пасаяди. Натижада, сильфон ичидаги босим камаяди, золотник кўтарилади ва системадан конденсат оқиб чика бошлайди. Конденсат тўлик чикиб бўлгандан сўнг, мосламага буғ кира бошлайди. Сўнг, температура кўтарилади ва натижада босим ортади. Босим ортиши золотник тушишига сабабчи бўлади ва конденсат чикиш тешигини ёпади.

Сакловчи ва химояловчи арматура. Сакловчи арматура труба қувурлари ва курилмаларда рухсат этилмаган юкори босим ҳосил бўлиши олдини олади. Кўпинча сакловчи клапан ва йиртилувчи мембраналар қўлланилади.

Клапанлар

Тескари клапанлар. Кўпинча, кимё ва нефть-газни кайта ишлаш технологик тизимларида муҳитни оркага ҳаракатланиш олдини олиш керак. Бундай ҳолларда тескари клапанлар ишлатилади. Бу турдаги мосламалар муҳитни фақат бир томонга ўтказади, яъни муҳит йўналиши тескари томонга ҳаракатланса – ушбу клапан труба қувури автоматик равишда тўсиб қўяди. Ҳамма тескари клапанлар конструкциясига караб иккига бўлинади: кўтарилувчи ва бурилувчи (11.18 - расм).

Сакловчи клапанлар. Технологик курилма ва машиналарда, босим рухсат этилгандан юқорига кўтарилиши мумкин эмас. Бунинг учун курилмаларда ва технологик тизимларда сакловчи клапанлар ўрнатилади ва улар қурилмадан маълум миқдордаги муҳитни чикариб юборади ва натижада босим ростланади. Қурилмада зарур босим ўрнатилгандан сўнг клапан яна ёпилади.



11.18 - расм. Тескари клапанлар:
а - кўтарилувчи; б - бурилувчи; 1 - кобик; 2 - эгар; 3 - клапан; 4 - пружина; 5 - клапан кўтарилишини чегараловчи пробкали копкок; 6 - кобик копкоғи; 7 - буриш ричаги

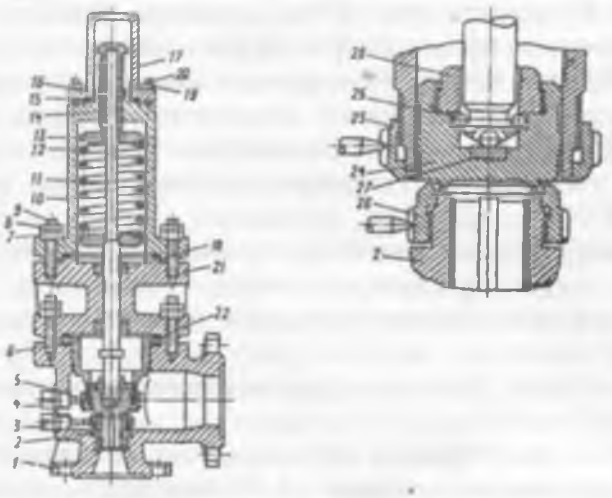
Клапанлар ричагли ва пружинали (11.19-расм) бўлади. Буғ козонлари ва труба қувурларида асосан ричагли клапанлар қўлланилади. Портловчи ва заҳарли муҳитлар учун мўлжалланган курилмаларда бу турдаги клапанларни қўллаш ман этилади. Монтаж даврида клапан ричаги горизонтал ҳолатда бўлишига қатъий риоя килиш керак.

Ёпик турдаги пружинали клапанлар чикарилаётган муҳитни атмосферага таркалишига йўл қўймайди. Бунда, ортикча муҳит махсус конденсацион системага тушади ёки ёндириб юбориш учун факелга йўналтирилади.

Ушбу клапаннинг энг асосий детали – бу пружина. Одатда, у 50ХФА маркали пўлатдан ясалади. Унинг температураси 200°С дан ошмаслиги керак, шунинг учун муҳит температураси 300...600°С бўлганда махсус тўсик билан иссиклик манбаидан ажратиб қўйиш зарур. Пружинали клапанлар 15; 25; 40; 50; 80; 100; 150 мм шартли диаметр ва 1,6; 2,5; 4,0; 6,4; 10,0; 16,0 МПа шартли босимли килиб тайёрланади.

11.4. Арматураларни танлаш

Труба қувурларининг диаметри 50 мм ва ундан юкори бўлганда асосан задвижка ишлатилади. Бунга сабаб, унинг минимал гидравлик каршилиги, затворнинг мукаммал



11.19 - расм. Пружинали сақловчи клапан:
1 - кобик; 2 - сопло; 3,4 - маҳкамловчи винт; 5,15 - кистирма; 6 - гофрирланган кистирма; 7,19 - гайкалар; 8,16 - контр гайкалар; 9,20 - шпилькалар; 10 - копкок; 11 - шток; 12 - пружина; 13 - таянч шайба; 14 – ростловчи шайба; 17 - калпок; 18 - втулка; 21 - ажратгич; 22 - йўналтирувчи втулка; 23,26 - ростловчи втулкалар; 24 - золотник; 25 - кесувчи халка; 27 - таглик; 28 - гайка

зичланиши ва муҳит йўналиши ўзгаришига мойиллиги.

Труба кувурлари диаметри 50 мм дан кам бўлганда вентиллар қўлланилади. Вентилларнинг асосий афзалликлари – бу зичловчи юзалар ишкаланиш йўқлиги, муҳит таркибидаги каттик заррачалар билан шикастланмаслиги кафолати; юкори босимларда ҳам қўллаш мумкинлиги.

Дискли заслонка(тўсик)лар температураси ≤80^{0}С, шартли диаметр ≤2000 мм ва шартли босим 1.6 МПа гача бўлган суюк ва газсимон, нейтрал муҳитни узатувчи трубада ўрнатилади.

Арматурани танлашда узатилаётган муҳитнинг коррозион фаоллиги, ёнувчанлиги ва заҳарлигига аҳамият бериш зарур.

Ёнувчан, заҳарли, портлаш хавфи бор муҳитлар, суюлтирилган газларни узатувчи труба кувурларида факат пўлат задвижкалар қўлланилади.

Чўяндан ясалган арматурани ёнувчан газ ишчи температураси –30 дан +150^{0}С гача, босими ≤1,6 МПа, кулранг чўяндан ясалгани эса температураси –10 дан +100^{0}С гача, босими ≤0,6 МПа бўлган газ кувурларида ишлатиш тавсия этилади.

Меъёрий талабларга биноан, муҳит ишчи босими ва температурасидан катъи назар чўян арматураларни куйидаги ҳолларда ишлатиш тавсия этилмайди: А гуруҳидаги заҳарли моддалар учун; кайнаш температураси 45^{0}С дан паст енгил ёнувчан ва суюлтирилган углеводородлар учун; труба кувурларида тебраниш уйғотадиган газлар учун; труба девори 0^{0}С дан паст бўлганда музлайдиган сув буғи ва бошка суюкликларни узатиш учун; атроф-муҳит температураси –30^{0}С дан паст температураларда.

Агар труба кувурлари атроф-муҳит –40^{0}С дан паст температураларда ишлатилаётган бўлса, легирланган пўлат ва махсус котишмалардан ясалган арматура қўлланиши зарур.

Юкори коррозион фаол суюкликлар узатилганда, коррозион бардош материаллардан ясалган арматура ишлатилиши максадга мувофик.

Заҳарли, олов ва портлаш хавфи бор муҳитларни труба кувурлари оркали ҳайдалганда, сильфонли арматурани ўрнатиш керак.

Арматура камдан-кам очиб-ёпилганда қўл ёрдамида бошкариш мумкин. Агарда арматура тез-тез очиб-ёпилса электр-, пневмо- ва гидроузатмали арматура қўлланилади. Очик майдон, намлиги юкори кудукларда ва атроф-муҳит температураси -40^{0}С дан паст бўлган ҳолларда электр узатмали арматурани ишлатиб бўлмайди.

Труба диаметри 80 мм дан кам бўлса, арматура резьбали бирикма ёрдамида бирлаштирилади, чунки резьбали бирикмаларда элементлар сони минимал ва конструкцияси содда бўлади. Агар труба қувурлари тез-тез тозалашни талаб этса, кичик диаметрли қувурларда фланец бирикмалар қўлланилади. Лекин арматурани трубага маҳкамлашнинг энг пухта усули – бу пайвандлашдир. Шунинг учун, ёнувчан, заҳарли, портловчи муҳитлар узатиладиган қувурларда имкони борича пайвандлаш усулида бирлаштирилади.

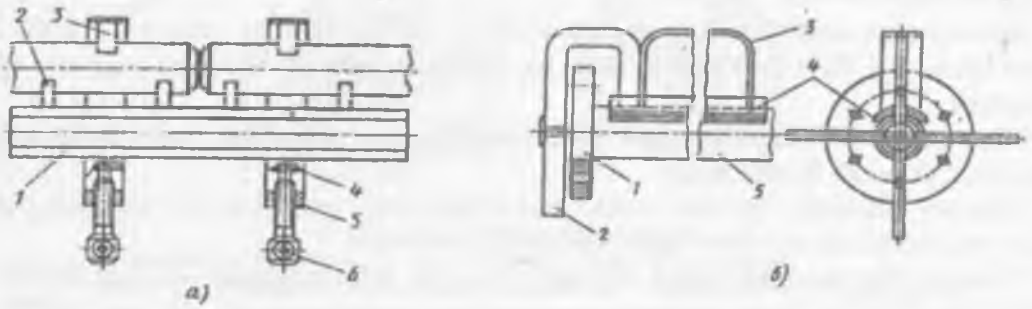
Босими ва температурасидан қатъи назар, кучли таъсир этувчи заҳарли моддалар ва тутовчи кислоталар труба қувурлари оркали узатилганда, ҳамма фланецли бирикмаларнинг зичловчи конструкцияси «шип-паз» бўлиши максадга мувофик.

11.5. Труба қувурларини монтаж қилиш

Технологик труба қувурларини монтаж қилиш ишларининг ҳажми, саноат иншоотларини куришдаги монтаж ишлари умумий ҳажмининг салмокли қисмини ташкил этади. Масалан, кимё саноатида 35-40% ни, нефть-газни қайта ишлаш саноатида 55-60%.

Монтаж ишлари бошланишдан аввал, даставвал труба тайёрлаш корхоналарида катта тайёрлов ишлари ўтказилади, яъни труба ўлчанади, кесилади, қайилтирилади, учларига механик ишлов берилади ва унда тешиклар қилинади, труба қувури элементлари йиғилади ва пайвандланади, синовдан ўтказилади, маркировка қилинади ва ҳоказо.

Трубалар махсус йиғиш стендларида мосламалар ёрдамида йиғилади ва пайвандланади. Катта бўлмаган диаметрли трубаларни пайвандлаш даврида марказлаштириш учун махсус мосламадан фойдаланилади (11.20а-расм). Бунинг учун хомут 5 ўлчамли винт 6 ёрдамида ростланади.



11.20- расм. Труба қувурлари деталларини йиғиш учун қўлланиладиган мосламалар:
а- трубаларни марказлаштириш учун (1-асос, 2-таянч призма, 3-сикиш призмаси, 4 - тиргович, 5-хомут, 6-винт, б- труба ва фланецни марказлаштириш учун (1-фланец, 2-назорат крестовинаси, 3-ушлагич, 4-угольник, 5-труба).

Трубаларни марказлаштириш таянч 2 ва сикувчи 3 призмалар ёрдамида амалга оширилади.

Йигма бирикмаларни монтаж килишда, кўпинча фланецни трубага бирлаштириш керак.

Фланецни труба ўкига нисбатан перпендикуляр бўлишини таъминлаш зарур. Ушбу жараённи амалга ошириш учун 11.20 б-расмда кўрсатилган мослама хизмат килади. Фланецни труба ўкига перпендикулярлигини бир вактнинг ўзида иккита ўзаро перпендикуляр юзалар бўйича текширилади. Бунинг учун крестовина 2 ва фланец 1 орасидаги тиркиш махсус шчуп ёрдамида ўлчанади.

Трубаларни дискли ёки токар дастгоҳларида кесилади. Ундан ташкари, маятникли арра ёки газ- алангали курилмаларда ҳам кесиш мумкин. Кесилган трубалар учи ва кирраларига махсус дастгоҳларда пневмо- ёки электр жилвирлаш машиналарида механик ишлов берилади. Диаметри 200 мм гача бўлган трубаларни совуқ ҳолатида труба букиш

дастгоҳларида, диаметри 200 мм дан катта бўлган трубаларни иссик ҳолатда букилади. Букиш вактида деформация бўлмаслиги учун труба ичи курук кум билан тўлдирилади.

Йиғиш олдидан труба ва деталлар ифлосликлардан тозаланади ва сиқилган ҳаво билан пуфлаб юборилади. Мойли деталлар камерада иситиш ёки 100-120°С ли минерал мойли ванналарда тозаланади, сўнг бензин ёки уайт-спирт билан артилади ва ундан кейин иссик сув ёки ювувчи суюкликлар билан ювилади.

Труба кувурларини трассага ётқизишдан аввал, ҳар 50-200 м да капрон ёки пўлат ингичка сим ёрдамида трасса горизонтал, тўғри участкалари ва труба вертикал баландлиги белгиланади. Сўнг, кўзғалмас ва ҳаракатчан таянчлар, арматура, шаҳобчалар ўрни аникланади ва белгиланади. Шундан кейин, таянч конструкциялар ўрнатишга киришилади ва уларнинг тўғри жойлашганлиги, яъни сатҳи ва вертикаллиги текширилади. Труба кувурларини монтаж килишда таль, труба ётқизиш кранлари ва юк кўтарувчи механизмлардан фойдаланилади. Цех ичидаги труба кувурларининг пайвандлаш чоклари назорат учун кулай бўлиши ва таянчлардан энг камида 50 мм масофада бўлиши ҳисобга олиниши керак. Бўйлама чок шундай ўрнатилиши керакки, уни ҳар доим кузатиш имкони бўлиши керак. Фланецли бирикмалар бевосита таянчларга якин жойлаштирилиши керак. Ундан ташкари, труба кувурлари эшик ва деразаларни ёпиб қўймаслиги зарур. Эшик ва деразалар устида арматура, фланецли ва резьбали бирикмалар ўрнатилиши ман этилади.

Труба кувурлари девордан 50...100 мм масофада, монтаж килишдан аввал уларга махсус цилиндрик ***патрон***лар кийгизиб, сўнг ўрнатилиши керак.

Труба кувурлари йиғма бирликлари кўринишида монтаж килинади. Йиғма бирикма узун труба, унга маҳкамланган арматура, компенсатор ва иссиклик копламали бўлади. Охирги пайтда блокли (йирик блокли монтаж технологияси) усул кенг кўламда кўлланилмокда. Бунда, ускуналарнинг бир нечтаси бирлаштирувчи труба билан уланган, арматура, назорат ва бошкариш асбоблари ўрнатилган, монтаж учун тайёр холатда заводдан олиб келинади.

Монтаж ишлари якунлангандан сўнг, труба кувурининг зичланиши ва мустаҳкамлигини текшириш учун гидравлик ёки пневматик синовдан ўтказилади. Гидравлик синов ўтказиш мумкин бўлмаган ҳолларда (атроф-муҳит температура 0°С дан паст ёки майдонда сув бор бўлса), пневматик синов ўтказилади. Синов босимида труба кувури 5 дакика давомида ушлаб турилади, сўнг босим микдори ишчи босимгача туширилади ва пайванд чокларига болға билан уриб, труба кувури назорат килинади. Назорат даврида аникланган камчиликлар бўр ёки бўёк билан белгиланади. Камчиликларни бартараф этиш, системада босим туширилгандан кейин амалга оширилади. Агар синов даврида босим пасаймаса ҳамда пайванд чоклари, фланецли бирикма ва бошка бирлашган жойлардан суюклик окмаса, зичланиш ва мустаҳкамлик синовлари коникарли деб ҳисобланади.

11.6. Труба кувурларини синаш

Монтаж ёки таъмирлашдан чиккан ва эксплуатацияга туширишдан аввал ҳамма труба кувурлари мустаҳкамлик ва зичлик синовларидан ўтказилиши шарт. Кўпинча, труба кувурлар синашда гидравлик, камрок пневматик синовлар кўлланилади. Синаш босими, одатда труба кувурининг паспортида берилади; агар босим берилмаган бўлса, босим остида ишлайдиган курилмаларни синовдан ўтказиш йўрикномасига таяниб амалга оширилади. Труба кувури синов босими остида 5 дакика давомида ушлаб турилади ва ундан кейин ишчи босимгача аста-секин пасайтирилади ва кузатувдан ўтказилади.

Умумий синовдан ташкари, алохида пайванд чоклари рентген нури ёки ультратовуш ёрдамида сифати текширилади. Агарда пайвандлаш ишлари атроф-муҳит температураси 0°С дан паст бўлганда килинган бўлса, 100% пайванд чоклари рентген нури назоратидан ўтказилади.

Шу билан бирга, ҳамма пайванд чоклари ташки кузатув оркали сифати аникланади.

Эксплуатацияга топшириладиган труба кувурининг схемаси, текширув акти, мустаҳкамлик ва зичлик синовлари актларини ўзига мужассам килган паспорти бўлиши шарт.

11.7. Труба кувурларини эксплуатация килиш

Труба кувурларини эксплуатация килишда температура ва босим ҳисобланган кўрсаткичлардан ортиб кетмаслиги керак. Агар труба кувури зичланиши бузулганда, у дархол муҳит узатувчи ҳамда сиқувчи системадан узилиши ва камчиликлари бартараф килиниши керак. Ҳар труба кувурида ўтказилган ҳамма ишлар эксплуатация журналида кайд этилиши шарт.

Труба кувурини назорат килувчи ходимлар кувур ташки томони ҳолатини ҳамда таянч, осма мослама, компенсатор, иссиклик коплама ва бошкаларни текширувдан ўтказишади.

Ундан ташкари, пайванд чокларининг мустаҳкамлиги ва зичланиши, фланецли бирикма ва бошкалар ҳолати назорат килиниб, сўнг эксплуатация килиш мумкинлиги белгиланади. Одатда, труба кувурида оким йўналиши ўзгарувчи жойларда энг кўп емирилади ва у ерда маҳаллий гидравлик каршиликлар ҳосил бўлади.

Арматуралар ҳолати алоҳида назоратда бўлиши керак. Уларнинг ҳар доим герметик ва шпинделларни зичлаш мосламаларининг мунтазам кузатилиши бузулмасдан ишлашининг кафолатидир.

Арматура маховики кўшимча ричаг ва мосламалар ёрдамида эмас, балки ишончли ва ортикча кучсиз осон очилиб ёпилиши керак.

11.8. Труба кувурларини хисоблаш

Труба кувурларининг диаметрини тўғри аниклаш, уларни кўриш ва монтажига ҳамда энергетик ва эксплуатацион сарфлар канча бўлишини белгилайди. Труба диаметрини аниклашда асос бўлиб, иш унумдорлик ва узатилаётган муҳитнинг тезлигидир. Труба диаметри секундли сарф тенгламасидан аникланади:

$$V_c = w \cdot F = w \cdot \frac{\pi \cdot D_в^2}{4} \qquad (11.7)$$

$$D_в = \sqrt{\frac{4 \cdot V_c}{\pi \cdot w}}$$

бу ерда, $D_в$ – труба ички диаметри, V_c – хажмий сарф, w – суюкликнинг ўртача тезлиги.

Шундай килиб, труба диаметри нархи унда ҳаракатланаётган суюклик тезлиги билан белгиланади. Лекин суюклик тезлиги канча кўп бўлса, напор йўкотилиши шунча катта бўлади. Бу эса, ўз навбатида суюкликни узатиш учун кетаётган энергетик сарфларни ортишига олиб келади. Шунинг учун, берилган эксплуатация шароитлари учун труба диаметрини ҳисоблашдан аввал, суюкликнинг оптимал тезлигини аниклаш керак. Бунинг учун труба кувури гидравлик каршилигини, яъни ишкаланиш ва маҳаллий каршиликларни билиш керак.

Труба кувурларида ишкаланиш каршилиги босимнинг йўкотилиши ушбу формуладан топилади:

$$\Delta P_{ишк} = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} \qquad (11.8)$$

бу ерда, l – труба кувури узунлиги, λ – ишкаланиш коэффициенти.

Суюклик ламинар ҳаракат режимида ишкаланиш коэффициенти ушбу формуладан аникланади:

$$\lambda = \frac{64}{\mathrm{Re}}$$

Турбулент режим ($Re=4\cdot10^3\ldots10^5$)да эса

$$\lambda = \frac{0{,}316}{\sqrt[4]{\mathrm{Re}}}$$

Маҳаллий каршиликлар туфайли напорнинг йўқотилиши қуйидаги формуладан топилади:

$$\Delta P_{маҳ} = \sum \xi \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} \qquad (11.9)$$

Труба қувурларининг турли конструкциядаги элементлари маҳаллий каршилик коэффициентларининг қийматлари турли адабиётларда келтирилган [2,4,6,7].

Юқорида келтирилган формулалардан кўриниб турибдики, трубанинг оптимал диаметрини аниқлаш учун суюқлик тезлигини белгилаб олишимиз керак. Албатта, бу тезлик техник-иқтисодий ҳисоблашлар асосида бажарилиши лозим. Қуйидаги жадвалда газ, буғ ва суюқликларнинг тавсия этилган тезликларининг ўзгариш чегаралари келтирилган.

11.5-жадвал

Суюқликлар	w, м/с	Газлар	w, м/с
қовушқоқлиги паст	<3	0,1 МПа дан паст босимда	8-15
қовушқоқ	<1	0,1 МПа дан юқори босимда	20-30
эркин ҳаракатланувчи	0,2-1	ўта қизиган сув буғи	30-50
мажбурий ҳаракатланувчи	1-3		

Труба қувурларига эксплуатация даврида муҳит босими, ўз массаси, температура деформацияси, ҳаракатчан таянч ва сальникли компенсаторларда ишқаланиш, шамол юкламаси таъсир этади. Ушбу юкламаларни ҳисобга олган ҳолда труба қувури мустаҳкамлигини таъминловчи ҳисоблаш ўтказилади.

Труба диаметри D ва ундаги босим P лар маълум бўлса, труба деворининг қалинлигини қуйидаги формуладан аниқлаш мумкин:

$$s = \frac{P \cdot D_н}{(2{,}3 \cdot [\sigma] - P) \cdot \varphi} + C \quad \text{ёки} \quad s = \frac{P \cdot D_н}{2{,}3 \cdot [\sigma] \cdot \varphi + P} + C \qquad (11.10)$$

бу ерда, $[\sigma]$ – рухсат этилган кучланиш; φ – бўйлама пайванд чокининг мустаҳкамлик коэффициенти, C – коррозияга қўшимча, одатда 0,5-5 мм оралиқда қабул қилинади.

Труба девори қалинлиги аниқлангандан сўнг, эгилмаслик шартидан келиб чиққан ҳолда, таянчлар орасидаги энг максимал оралиқ l ушбу формуладан топилади:

$$l = \sqrt{\frac{12 \cdot [\sigma] \cdot W}{100 \cdot q_p}} \qquad (11.11)$$

бу ерда, $[\sigma]$ – труба материали эгилишига рухсат этилган кучланиш, $[\sigma]$ =45-40 МПа; W – труба кўндаланг кесимининг қаршилик моменти, q_p – эгишга олиб келувчи ҳисоб юкламаси.

$$q_p = n_1 \cdot q_{тр} + n_2 \cdot q_{пр} + n_3 \cdot q_{из} + n_4 \cdot q_в \qquad (11.12)$$

бу ерда, $q_{тр}$ – бир метр труба массаси, $q_{пр}$ – бир метр трубадаги маҳсулот массаси; $q_{из}$ – бир метр иссиқлик қоплама массаси, $q_в$ – бир метр трубага тушаётган шамол юкламаси, n – юклама коэффициенти (одатда $n_1=n_2=1,1$; $n_3=n_4=1,2$).

Ички босимни ҳисобга олган таянчлар орасидаги энг максимал масофанинг аниқ қиймати l ушбу формуладан ҳисобланади:

$$l = \sqrt{\frac{\left(R_2 - \frac{P \cdot D_н}{4 \cdot s_н}\right) \cdot W_н}{8{,}33 \cdot q_р}} \qquad (11.13)$$

бу ерда, $s_н$ – коррозияни хисобга олмаган холатдаги труба деворининг калинлиги, m – иш шароити коэффициенти, одатда m =0,8

Труба кувури таянчларнинг ўртасидаги максимал эгилиш ушбу формуладан топилади:

$$f = \frac{q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I} \qquad (11.14)$$

бу ерда, E – труба материалининг эластиклик модули, I – труба кўндаланг кесимининг инерция моменти

Кўпчилик труба кувурлари учун таянчлар орасидаги масофа нормаллаштирилган ва махсус адабиётларда келтирилган.

Труба кувурлари таянч ва осма мосламалари курилиш ёки металл конструкцияларга ўрнатилади. Албатта, иккала конструкция ҳам ёнмайдиган ва оловбардош бўлиши керак. 11.21- расмда таянч ва осма мосламаларнинг айрим конструкциялари келтирилган.

Таянчларни танлаш учун асосий мезон – бу ҳисобланган юклама кийматидир. Таянчлар учун ГОСТ ва нормаллар ишлаб чикилган.

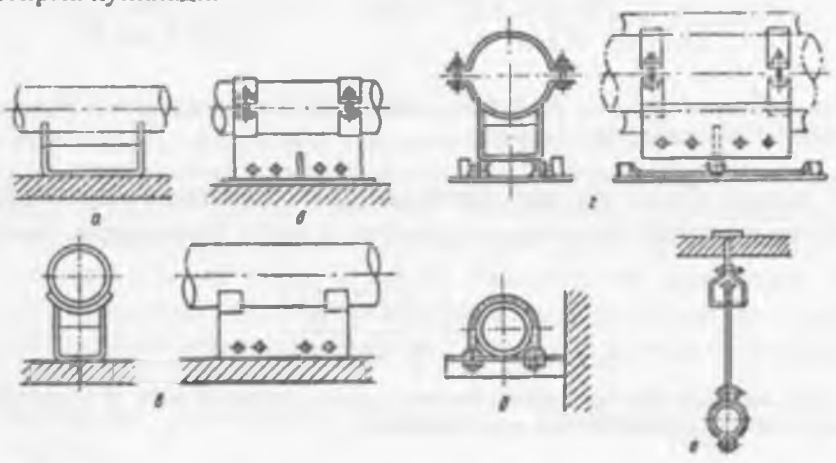
Таянчга тушаётган вертикал юклама (11.15) ва шамол юкламаси эса (11.16) формуладан аникланади:

$$Q_н = 1{,}5 \cdot q_р \cdot l \qquad (11.15)$$

$$Q_{нш} = q_ш \cdot D \cdot l \qquad (11.16)$$

бу ерда, $q_ш$ – шамолнинг тезлик напори, D – иссиклик копламали труба диаметри

Агар атроф-мухит температураси 0°С дан паст бўлганда, узатилаётган мухитларнинг труба кувурлари махсус хомутли таянчларга ўрнатилади. Хомут ва труба орасига ёгоч кистирма кўйилади.



11.21 - расм. Труба кувурлари таянчлари:
а - кўзгалмас, пайвандланган, б - кузгалмас, хомутларга махкамланган,
в - харакатчан, г - гидропакларга ўрнатилган, д - кронштейнга ўрнатилган, е - осма

Нометалл труба кувурларига эса, эластик кистирмалар (масалан, резина) кўйиш тавсия этилади. Эксплуатация жараёнида технологик труба кувурлари тебранишларга дучор бўлиши мумкин. Ушбу ҳодисанинг олдини олиш учун махсус амортизатор ва кўшимча таянчлар ўрнатилади. Одатда, таянчлар оғир, массив пойдеворларга ўрнатилади.

чунки бунда тебранишлар технологик курилмаларнинг бошка конструкцияларига ўтмайди.

11.9. Босими 10 МПа гача бўлган технологик пўлат труба қувурларнинг мустаҳкамлик ҳисоби

Рухсат этилган кучланиш $[\sigma]$*ни ҳисоблаш.* Труба қувурларнинг элемент ва бирикмаларини статик мустаҳкамлик ҳисоби ушбу формула ёрдамида аникланади:

$$[\sigma] = \min\left[\frac{\sigma_{0.2}}{n_y}, \frac{\sigma_b}{n_b}, \frac{\sigma_z}{n_z}\right]$$

бу ерда, n_b, n_y, n_z – вактинчалик каршилик, оқувчанлик чегараси ва узок муддатли мустахкамлик захира коэффициентлари

Ушбу коэффициентлар куйидагича топилади:

$$n_y = n_z = 1{,}3 \cdot \gamma \qquad (11.17)$$

$$n_b = 2{,}1 \cdot \gamma \qquad (11.18)$$

Труба кувурининг ишончлилик коэффициенти γ 11.6-жадвалда келтирилган.

11.6-жадвал

Узатилаётган модда	Куйидаги тоифадаги труба қувурларининг ишончлилик коэффициенти γ		
	I,П	Ш, IV	V
Ҳамма гурух газлари, суюлтирилган газлар, А гуруҳидаги моддалар	1.25	1.15	1.10
Б ва В гуруҳидаги моддалар, газлардан ташкари	1.15	1.05	1,00

Ҳамма турдаги пўлатлар учун рухсат этилган кучланиш ушбу формуладан аникланади:

$$[\sigma] = [\sigma^{20}] \cdot A_t \qquad (11.19)$$

бу ерда, A_t – температура коэффициенти (11.7-жадвал)

A_t - температура коэффициенти

11.7-жадвал

№	Пўлат тури	Ҳисобланган температура $t_ҳ$ °С	Температура коэффициенти A_t
1.	Ст 3; Ст 10; 20; 25; 09Г2С; 10Г2С1; 15ГС; 16ГС; 17ГС; 17Г1С;	<200	1.00
		250	0,9
		300	0.75
		350	0,66
		400	0,52
		420	0,45
		430	0,38
		440	0,33
		450	0,28
2.	15Х5М	<200	1,00
		325	0,9
		390	0.75
		430	0.66
		450	0,52
3.	08Х18Н10Т, 08Х22Н6Т, 12Х19Н10Т, 45Х14Н14В2М, 10Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М3Т,	<200	1.00
		300	0,9

	08Х17Н1М3Т, 15ХМ, 12МХ	400	0,75
		450	0,69
4.	12Х1МФ, 15Х1МФ	<200	1,00
		320	0,9
		450	0,69
5.	20Х3МВФ	<200	1,00
		320	0,9
		450	0,69

Труба деворининг қалинлигини ҳисоблаш учун обечайка девори калинлигини аниқлаш формуласидан фойдаланса бўлади, лекин геометрик ўлчам сифатида трубанинг ташки диаметрини қўллаш максадга мувофик:

$$S_R = \frac{P \cdot D_a}{2\varphi \cdot [\sigma] + P} + C \qquad (11.20)$$

бу ерда, P – ҳисобланган ички босим, МПа; D_a – труба ташки диаметри, м; φ – пайванд чокининг мустаҳкамлик коэффициенти; $[\sigma]$-рухсат этилган кучланиш, МПа, C – конструктив қўшимча, м.

Ички босим остидаги ҳисобланган кучланиш қуйидагича аникланади:

$$\sigma = \frac{P[D_a - (S - C)]}{2A_1 \cdot \varphi \cdot (S - C)} \qquad (11.21)$$

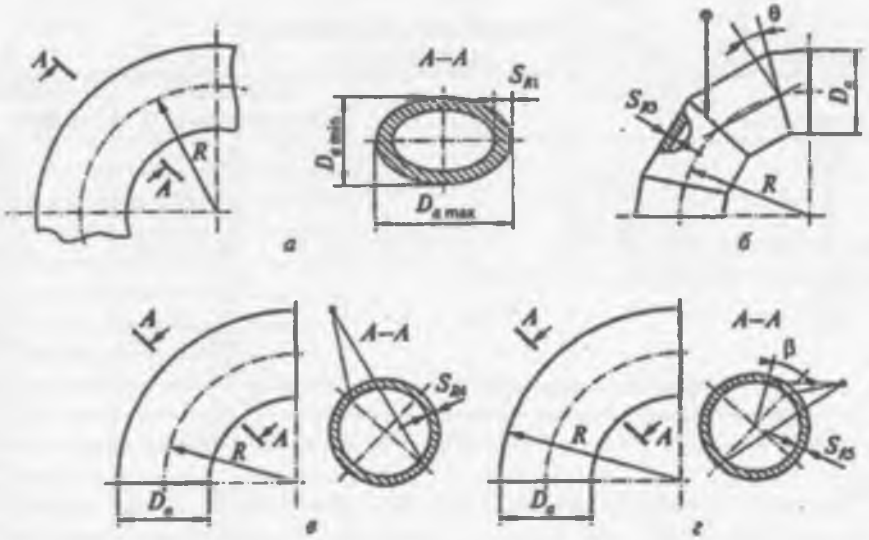
Агар D_b ни D_a алмаштирсак, рухсат этилган ички босим ушбу формуладан топилади:

$$[P] = \frac{2[\sigma] \cdot \varphi \cdot (S - C)}{D_a \cdot (S - C)} \qquad (11.22)$$

Букилган тирсак девори қалинлигини ҳисоблаш. Агарда $R/(D_a-S) \geq 1{,}7$ бўлса, бу турдаги тирсаклар (11.22-расм) учун S_{R1} ҳисоблаш учун (11.20) формулани қўллаш максадга мувофик.

Девори ўзгармас қалинликда бўлган чоксиз тирсакларни ҳисоблаш. Девор калинлиги ушбу формуладан ҳисоблаб топилади:

$$S_{R2} = k_2 \cdot S_R \qquad (11.23)$$



11.22-расм. Тирсаклар:
а - букилган; б - секторли; в - штамплаб пайвандланган.

k_2 – коэффициент кийматлари 11.8-жадвалда келтирилган.

11.8-жадвал

$R/(D_a \sim S)$	>2	1,5	1,0
k_2	1,0	1,15	1,30

Секторли тирсаклар деворининг қалинлигини ҳисоблаш (11.22а-расм) ушбу формула ёрдамида аникланади:

$$S_{R3} = k_3 \cdot S_R \tag{11.24}$$

Сектор ва ярим секторлардан таркиб топган отводлар учун k_3 коэффициент кийматлари куйидаги формуладан аникланади:

кесилиш бурчаги θ<15° да $$k_3 = \frac{4R - D_a + S_R}{4R - 2D_a - 2S_R} \tag{11.25}$$

кесилиш бурчаги θ>15° да $$k_3 = 1 + 1{,}25 tg\theta \cdot \sqrt{\frac{D_a - S_R}{2S_R}} \tag{11.26}$$

Штамплаб пайвандланган тирсаклар деворининг қалинлигини ҳисоблаш пайванд чокининг жойлашганлигига караб амалга оширилади:

– пайванд чоки букилиш текислигида (11.22в-расм)

$$S_{R4} = \frac{k_3 \cdot S_R}{\varphi} \tag{11.27}$$

– пайванд чоки нейтрал текислигида бўлиб (11.22г-расм), куйидаги икки кийматдан каттаси танланади

$$S_{R5} = \frac{S_R}{\varphi} \tag{11.28}$$

$$S_{R5} = k_3 \cdot S_R \tag{11.29}$$

– пайванд чоки нейтрал текислигига β бурчаги остида бўлиб (11.22г-расм), S_{R12} ва (11.29) формуладан ҳисобланган S_{R3} кийматлардан энг каттаси танланади.

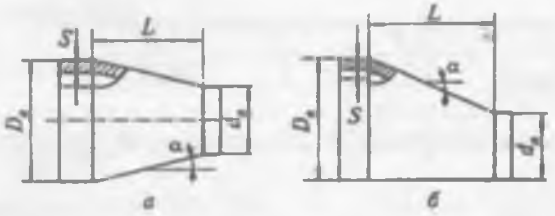
$$S_{R12} = \frac{1 + \frac{D_a - S_R}{4R} \cdot \sin\beta \cdot S_R}{1 + \frac{D_a - S_R}{2R} \cdot \sin\beta \cdot \varphi} \tag{11.30}$$

Ҳар бир пайванд чоки учун β бурчагини аниклаш 11.22г-расмда келтирилган.

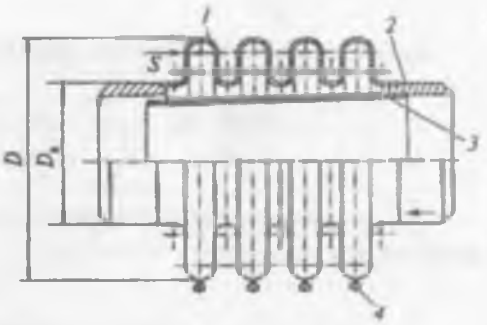
Торайгичлар деворининг калинлигини ҳисоблаш. Конуссимон торайгичнинг ҳисобланган калинлиги ушбу формуладан аникланади (11.23-расм):

$$S_{R6} = \frac{P \cdot D_a}{2 \cdot [\sigma] \cdot \cos\alpha + P} \tag{11.31}$$

бу ерда. φ – бўйлама пайванд чокнинг мустаҳкамлик коэффициенти



11.23-расм. Торайгичлар:
а - конуссимон, б - эксцентрик



11.24-расм. КЛО турдаги компенсатор:
1-линзалар (штампланган ярим гофрлардан пайвандлаб ясалган), 2-патрубка, 3-ички обечайка, 4-дренаж

11.10. Труба кувурларининг компенсаторларини хисоблаш учун асосий формулалар

Оддий труба кувурларининг компенсациялаш кобилиятини 11.25-расмда кўрсатилган X ва Y критериал параметрлар ёрдамида баҳоланади.

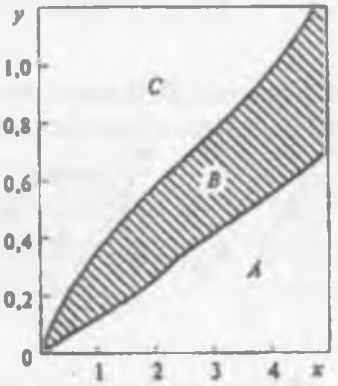
x – параметри труба кувури бутун узунлиги L нинг кўзғалмас таянчлар орасидаги масофа l га нисбати сифатида топилади:

$$x = \frac{L}{l} - 1 \qquad (11.32)$$

y– параметри температура деформациясининг труба кувури бутун узунлиги келтирилган функциясидир:

$$y = \frac{E \cdot D_н}{[\sigma] \cdot L} \cdot \left(\alpha \cdot \Delta t \pm \frac{C_м}{l} \right) \qquad (11.33)$$

бу ерда, E – пўлатнинг эластиклик модули, МПа; $[\sigma]$ – номинал рухсат этилган кучланиш, МПа, α – хисобланган температурада пўлатнинг чизикли узайишининг температура коэффициенти, 1/°С, Δt – труба деворининг хисобланган температураси ва монтаж температуралари орасидаги фарк, °С, $C_м$ – монтаж чўзилиши, м



11.25-расм. Оддий труба кувурининг компенсациялаш кобилиятини бахолаш графиги.
А – температура таъсирида узайишни труба кувури компенсация килади, В – компенсаторни хисоблаш талаб этилади, С – температура таъсирида узайишни труба кувури компенсация килмаслиги сабабли унинг шаклини ўзгартириш керак

Труба кувурларини лойиҳалашда уни температура блокларига бўлишади. Ҳар бир блокда температура деформациялари компенсация килинади. Труба кувури ва таянчлар (шу жумладан, курилма штуцерлар) даги жуда катта кучланишлар туфайли температура

деформацияларини ўз-ўзидан компенсация килинмаса, бундай холларда компенсаторлар ўрнатилади.

Труба кувурларидаги иссиклик деформацияларини компенсация килиш қуйидаги турдаги компенсацияловчи мосламалар қўлланилади: пўлатдан ясалган эгилувчан компенсаторлар (хилма-хил шаклли) ва труба қувурларининг бурилиш мосламалари; линза ва сильфонли компенсаторлар; сальникли компенсаторлар.

Эгилувчан компенсаторларни ҳисоблаш. Бу турдаги компенсаторлар узунлигини топиш учун труба қувурининг иссиклик таъсирида чўзилиши Δ_t ҳисобланади:

$$\Delta_t = \varepsilon \cdot \Delta l \qquad (11.34)$$

бу ерда, ε – компенсатор дастлабки чўзилиши ва компенсацион кучланиш релаксациясини инобатга олувчи коэффициент иссиклик элткич температураси $t \le 400^{\circ}C$ тўлик иссиклик чўзилиш Δl нинг 50% ва $t \ge 400^{\circ}C$ - Δl нинг 100%, ушбу коэффициентнинг сон кийматлари 11.9-жадвалдан олинади. Δl – труба кувури ҳисобланган участкасининг тўлик иссиклик чўзилиши, мм

$$\Delta l = \alpha \cdot \Delta t \cdot L \qquad (11.35)$$

бу ерда, α – пўлатни 0 дан t (°C) гача киздирилгандаги ўртача чизикли кенгайиш коэффициенти, мм/(м·К). Δt – ҳисобланган температуралар фарки бўлиб, иссиклик элткич ва атроф-мухит температуралари орасидаги фаркка тенгдир, °C. L труба таянчлари орасидаги масофа, м

Коэффициент ε нинг кийматлари

11.9-жадвал

№	Иссиклик элткич температураси t, °C	Монтаж вактида	Ишчи холатда
1.	<200	0.5	0.5
2.	251-300	0.6	0.5
3.	301-400	0,7	0,5
4.	401-450	1.0	0.35

Таянчлар орасидаги масофа (оралик)ни ҳисоблаш. Бевосита кўзғалмас таянч ёки компенсатор (П-симон, сильфонли, сальникли ва ҳ.) га ёндашиб турган масофа четки оралик, колганлари эса ўртача оралик деб номланади. Ўртача оралик ушбу (11.36) ва (11.37) формулалардан аникланади ва иккитасидан энг кичиги ҳисобланган оралик деб кабул килинади:

$$l_{yp} = (D_a - S) \cdot \sqrt{\frac{3{,}75\pi \cdot S \cdot \varphi_{bu} \cdot (1{,}1[\sigma] - \sigma_w)}{g}} \qquad (11.36)$$

$$l_{yp} = \sqrt[3]{\frac{12E \cdot J \cdot i}{g \cdot y(1-y) \cdot (1-2y)}} \qquad (11.37)$$

бу ерда, J – труба кўндаланг кесимининг инерция моменти, $м^4$. i – киялик, одатда 0,002 кам бўлмаган киймат кабул килинади. σ_w – ички босим туфайли хосил булган бўйлама кучланиш; y – ўлчамсиз параметр, одатда y=0,33-0,5

Амалда четки оралик узунлиги ўртача ораликнинг 80% ни ташкил этади.

Линзали компенсаторларни ҳисоблаш. Линзали компенсаторлар вертикал ва горизонтал труба кувурларида кўлланилади. Улар одатда шартли диаметр, шартли босим ва линзанинг компенсация килиш кобилиятига караб танланади (11.24-расм).

Компенсатордаги ҳисобланган линзалар сони ушбу формуладан аникланади:

$$z = \frac{\Delta_к}{\Delta_э} \qquad (11.38)$$

Ҳисоблаш натижасида олинган сон энг якин катта сонгача яхлитланади.

Компенсатор деформацияси $\Delta_к$ куйидагича ҳисобланади:

$T_m > t_в$ бўлганда $$\Delta_к = \Delta_t - \Delta_{рк} + \Delta_{рр} \quad (11.39)$$

$t_m < t_в$ бўлганда $$\Delta_к = \Delta_t - \Delta_{рк} - \Delta_{рр} \quad (11.40)$$

бу ерда, Δ_t – труба температура деформацияси бўлиб, (11.30) формуладан аниқланади, м; $\Delta_{рк} = \frac{P_к \cdot l}{E_T' \cdot F_T}$ – компенсатор ҳаракат реакцияси туфайли труба деформацияси, м; $\Delta_{рр} = \frac{P_р \cdot l}{E_T' \cdot F_T}$ –кенгайтирувчи куч таъсиридаги труба деформацияси, м; E_T' – труба материалининг эластиклик модули, МПа; $F_т$ – труба кўндаланг кесимининг юзаси, м²; $t_т$ ва $t_в$ – труба ва ҳавонинг температуралари, °С

Агар кандайдир сабабларга кўра стандарт компенсатор танлаш имкони бўлмаса, линзали компенсатор лойиҳаланади.

Компенсатор ҳисоби маълум кетма-кетликда олиб борилади:

– линза деворининг номинал ҳисобланган қалинлиги аниқланади, м

$$S_R = 0{,}895 K \cdot D_в \cdot \sqrt{\frac{P}{[\sigma]}} \quad (11.41)$$

– компенсатор реакцияси $P_к$, МН

$$P_R = 4{,}9 \cdot \frac{[\sigma] \cdot S^2}{1-\beta} \quad (11.42)$$

– линзадаги муҳит босими таъсирида кенгайиш $P_р$, МН

$$P_р = 0{,}8 K_1 \cdot P \cdot D_в^2 \quad (11.43)$$

бу ерда, $D_в$ – линзанинг ички диаметри, трубанинг ташқи диаметрига тенг қилиб олинади; $\beta = D_в/D$; D – линзанинг ташқи диаметри, м; S – линза деворининг кабул килинган қалинлиги, м; $[\sigma]$ – линза материалининг букилишга рухсат этилган кучланиш, МПа; P – трубадаги ҳисобланган босим, МПа

$$K = \sqrt{\frac{(1-\beta)\cdot(1-\beta)^2}{8\beta^2 \cdot (3+\beta)}}; \qquad K_1 = \frac{\pi}{12} \cdot \frac{(1-\beta)\cdot(1+2\beta)}{\beta^2}$$

Битта линзанинг деформацияси ушбу формуладан топилади:

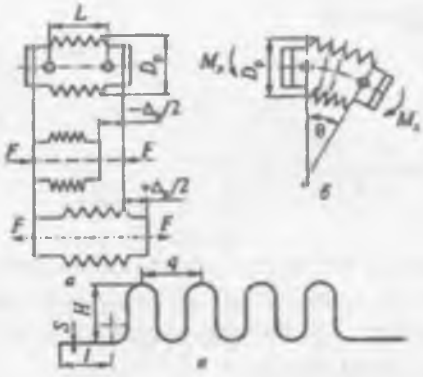
$$\Delta_t = 0{,}075 K_2 \cdot \frac{[\sigma] \cdot D_в^2}{E \cdot S} \quad (11.44)$$

бу ерда $K_2 = \frac{6{,}9}{1-\beta} \cdot \left(\frac{1-\beta^2}{\beta^2} - \frac{4 \ln^2 \beta}{1-\beta^2} \right)$.

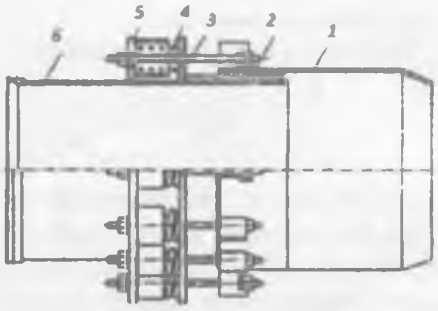
Сильфонли компенсаторларни ҳисоблаш. Линзали компенсаторларга қараганда сильфонлар кичик диаметри ва гофрлар сонининг кўплиги ҳамда деворининг жуда юпқалиги билан ажралиб туради. 11.26-расмда сильфонли компенсаторларнинг асосий турлари келтирилган.

Сальникли компенсаторларни ҳисоблаш. Сальникли компенсаторларни муҳитнинг босими $P_y \le 2{,}5$ МПа ва температураси $t \le 300$°С, труба кувурининг диаметри 100 дан 1000 мм гача бўлган ҳолларда қўллаш мумкин (11.27-расм). Бунда труба кувури ер остида ёки паст таянчларда ўтказилган бўлиши даркор.

Сальникли компенсаторларни ҳисоблаш қалинликни ва сальник зичловчи материал (мой шимдирилган юмшоқ мато ёки аркон) ни сиқиш кучини, сальник детали ва элементларининг асосий ўлчамларини аниқлашни ўз ичига камраб олган:



11.26-расм. Сильфонли компенсаторларнинг асосий турлари:
а-ўкли, б-универсал, в-сурилувчи, г-буралувчи



11.27-расм. Сальникли компенсатор:
1-кобик, 2-зичловчи материал, 3-босиб турувчи втулка, 4-компенсацияловчи пружина, 5-босувчи халка, 6-втулка

– сальникнинг юмшоқ зичловчи материалининг ҳисобланган қалинлиги S_c, мм:

$$S_c = 1.4\sqrt{D_c} \qquad (11.45)$$

бу ерда, D_c – сальник кобигининг диаметри, ҳисоблаб топилган S_c нинг киймати бутун сонгача яхлитланади ва 3-25 мм ораликда кабул килинади.

– зичловчи материалнинг баландлиги h муҳитнинг босимига боғлик ва 11.10-жадвал танланади.

Сальникли компенсаторларнинг юмшоқ зичловчи материал h нинг тавсия этилган баландлиги

11.10-жадвал

P, МПа	0.6 дан кам эмас	0,6 дан 1,6 гача	1,6 дан 2,5 гача	2,5 дан катта
h, мм	$3S_c$	$4S_c$	$5S_c$	$63S_c$

11.11. Юқори босимли технологик пўлат труба қувурларнинг мустаҳкамлик ҳисоби

Труба қувурларини ҳисоблашда ички босим асосий юклама деб юритилади. Ҳисобланган ички босим P ўрнида, одатда ишчи босим P_w кабул килинади. Мустаҳкамлик ҳисобларда труба қувури ичида ҳаракатланаётган ишчи муҳит температураси инобатга олинади.

Одатда, труба қувурлари чоксиз трубалардан йиғилади. Нефть-газ ва кимё саноатларида қуйидаги турдаги пўлатлардан ясалади: Ст.20, 15ГС, 15ХМ, 12Х1МФ, 15Х1М1Ф, 12Х2МФСР, 12Х11В2МФ ва 12Х18Н12Т ва ҳ.к.

Ички босим р остида ишлаётган труба ўлчамларини ҳисоблаш. Бунда труба деворининг қалинлиги аникланади:

$$S_T = K_1 \cdot (S_p + C) \qquad (11.46)$$

бу ерда, $K_1=1/(1-0,01\delta_t)$ – δ_t нинг манфий қўйимига боғлик коэффициент, %, S_p – деворнинг минимал ҳисобланган қалинлиги $S_p=0,5D(\beta_p-1)/\beta_p$. β_p – трубанинг қалин деворлик коэффициенти, C–конструктив қўшимча.

Трубанинг қалин деворлик коэффициентини аниклаш:

$$\beta_p = \exp\left(\frac{P}{\varphi[\sigma]}\right) \qquad (11.47)$$

бу ерда, P – ҳисобланган босим; φ – пайванд чокининг мустаҳкамлик коэффициенти; $[\sigma]$ – материал рухсат этилган кучланиши.

Труба ташки диаметри ушбу формулада ҳисобланади:

$$D_T = d + 2S_T \qquad (11.48)$$

бу ерда, d – труба ички диаметри

Трубада рухсат этилган босим

$$[P] = \varphi \cdot [\sigma] \cdot \ln \frac{D - 2C_2}{d + 2C_1} \qquad (11.49)$$

(11.36) ва (11.38) формулар ёрдамида ҳисоблаб топилган девор калинлиги S_m ва даметри D_m ларнинг кийматлари саноатда ишлаб чикариладиган трубаларнинг энг якин калинлиги ва диаметригача яхлитланади ва танланади. Труба қувурларини ҳисоблаш ва танлашда температура юкламаларини ҳам инобатга олиш даркор.

Эгри чизикли элементларни ҳисоблаш. Бу турдаги элементларга тирсак, қўшалоқ тирсаклар киради (11.28-расм). Уларнинг айрим кўндаланг кесимлардаги девор калинликларини аниклаш эгри чизикли элементнинг чегаравий критик ҳолатини баҳолаш асосида олинади.

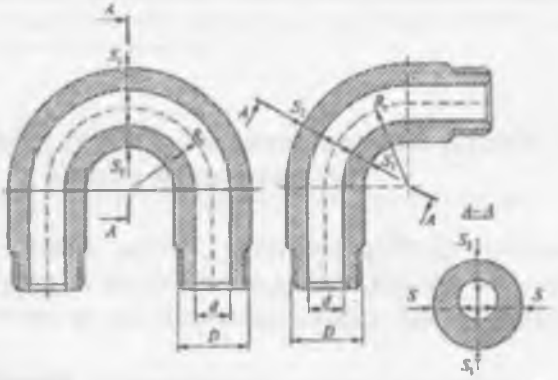
Эгри чизикли элементнинг эгилган бўлимидаги калинлиги куйидагидан кам бўлмаслиги керак:

– ён томон юзасида $$S = 0.5 \cdot (d + 2C_1) \cdot (\beta_p - 1) + C \qquad (11.50)$$

– ботик юзасида $$S_1 = 0.5 \cdot (d + 2C_1) \cdot (J_1 \cdot \beta_p - 1) + C \qquad (11.51)$$

– бўртик юзасида $$S_2 = 0.5 \cdot (d + 2C_1) \cdot (J_2 \cdot \beta_p - 1) + C \qquad (11.52)$$

бу ерда, β_p – (11.47) формулада ҳисоблаб топилган элементнинг калин деворлик коэффициенти, J_1, J_2 - S_1 калинликдаги девор кўндаланг кесимида йўгонлаштириш ва S_2 калинликдаги девор кўндаланг кесимида текис трубага нисбатан юпкалаштириш зарурлигини ифодаловчи коэффициент (11.29-расм), C_1 – ички юзани коррозион емирилишга қўшимча



11.28-расм. Эгри чизикли элемент девори калинлигини ҳисоблаш схемаси.

Конуссимон торайгичларни ҳисоблаш. Торайгичнинг S_1 ва S_2 девор калинликлари текис труба девори калинлигидан кам бўлмаслиги керак ва улар ушбу формулалардан аникланади (11.30-расм):

$$S_1 = 0{,}5 \cdot (d_1 + 2C_1) \cdot (\beta_m - 1) + C \qquad (11.53)$$

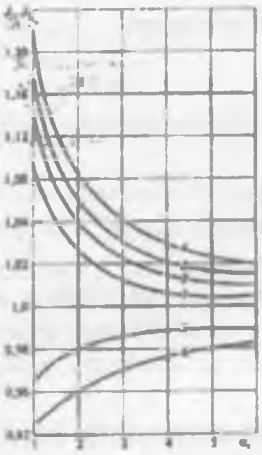
$$S_2 = 0.5 \cdot (d_2 + 2C_1) \cdot (\beta_m - 1) + C \qquad (11.54)$$

бу ерда, d_1, d_2 – катта ва кичик цилиндрларнинг ички диаметрлари, $\beta_m = \exp[p/(\varphi[\sigma]\cos\alpha_k)]$ – торайгичнинг калин деворлик коэффициенти, α_k – конус ташкил этувчиси ва ўки орасидаги бурчак, одатда $\alpha_k \le 45°$

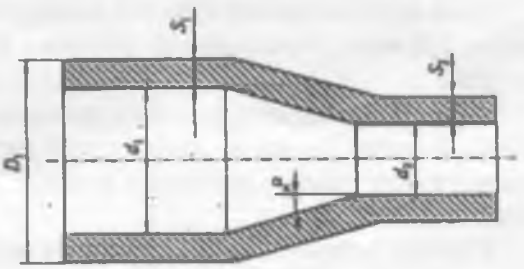
Тайёр деталдаги рухсат этилган ишчи босим

$$[p] = \varphi[\sigma] \cdot \ln \frac{D_1}{d_1 + 2C_1} \qquad (11.55)$$

бу ерда $D_1 = d_1 + 2S_1$.



11.29-расм. J_1 (1-4 чизиклар) ва J_2 (5-6 чизиклар) коэффициентларининг α_r турли β_p га богликлиги.
1-1,10≤β_p≤1,20; 2-1,20≤β_p≤1,35; 3-1,35≤β_p≤1,55;
4-1,55≤β_p≤2,00; 5-1,10≤β_p≤1,55; 6-1,55≤β_p≤2,00



11.30-расм. Конуссимон торайгич.

11-боб. Технологик труба ва қувурлар бўйича

Мустақил тайёрланиш ва қайтариш учун саволлар

1. Технологик труба нима?
2. Шартли диаметр деб нимага айтилади ва унинг стандарт қатори?
3. Труба кувурлари неча гуруҳга бўлинади?
4. Шартли босим деб нимага айтилади ва унинг стандарт қатори?
5. Труба кувурларини бирлаштирувчи деталлари.
6. Болт ва шпилькалар ҳисоби.
7. Компенсаторлар турлари ва конструкциялари.
8. Труба ва қувурлар таянчлари.
9. Фланецли бирикмалар конструкциялари.
10. Қистирмалар турлари ва конструкциялари.
11. Болт ва шпилькаларни ҳисоблаш кетма-кетлиги.
12. Арматуралар турлари ва конструкциялари.
13. Клапанлар турлари ва конструкциялари.
14. Труба кувурларини монтаж қилиш, синаш ва эксплуатация қилиш.
15. Труба кувурларини ҳисоблаш.
16. Труба кувур компенсаторларини ҳисоблаш.
17. Юкори босимли труба кувурларининг мустаҳкамлик ҳисоби.

12 - боб. МОНТАЖ ИШЛАРИНИНГ ТЕХНОЛОГИК ЖИҲОЗ ВА МОСЛАМАЛАРИ

12.1. Қурилмани вертикал мачталарда кўтариш мосламаларини ҳисоблаш

Қурилма ва жиҳозларнинг ўлчамлари ва массаси катта бўлмаганда, уларни монтаж килиш учун ўзи юрар ўкли кранлар қўлланилади.

Агар оғир ва баланд курилмаларни ўзи юрар ўкли кранлар ёрдамида монтаж килиш мумкин бўлмаса, унда мачтали кўтаргич (мачта, портал, шевр) ларни қўллаш максадга мувофик.

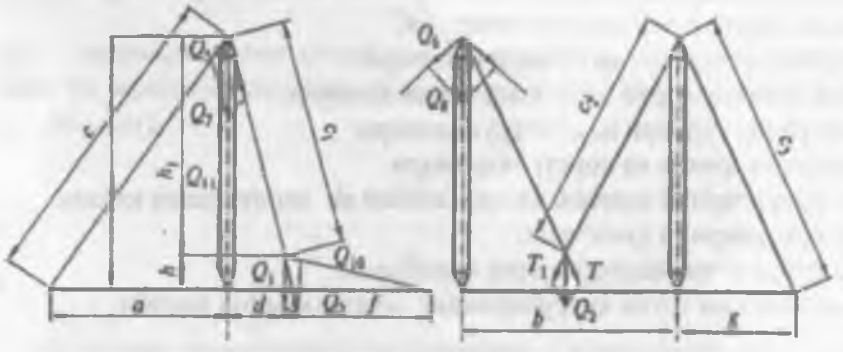
Қурилмаларни кўтариш конструкцияларига ва такелаж мосламаларига жуда катта юклама тушади. Тегишли ҳисобланган схемани ва тушаётган юкламани аниклаш зарур жиҳозни тўғри танлаш имконини беради. Натижада хавфсиз ва ишончли монтаж килиш усули тавсия этилади.

Қуйида колоннали курилмаларни кўтариш ва ўрнатишнинг энг кенг таркалган усуллари ва ҳосил бўладиган юкламаларни ҳисоблаш тартиби келтирилган.

Мачталар ёрдамида монтаж килиш қуйидаги усулларни қўллаб амалга оширилади: курилма пастки кисмини ердан кўтариб ёки кўтармасдан сирпантириш; пойдеворга ўрнатишда курилма пастки кисмини тортиб ердан кўтармасдан сирпантириш; курилмани шарнир атрофида айлантириш. Қайд этилган усулларнинг фарки шундаки, курилмани горизонтал ҳолатдан вертикалга кўтариш жараёнида унинг ҳаракатланиш усули турлича бўлади.

12.1-мисол. Курилма пастки кисмини ердан кўтариб иккита мачтада сирпантириш усулида колоннали курилмани лойиҳа нуктасига ўрнатиш учун такелаж мосламаси ҳисоблансин.

Бошланғич маълумотлар: Колонна оғирлиги P=0,8 МН; мачта оғирлиги $P_м$=0,05 МН; юк кўтариш полиспастлар оғирлиги $P_{гп}$=4 кН; битта мачтадаги вантлар сони n=4; мачта узунлиги l=50 м; колонна баландлиги H=42 м; пойдевордан масса марказигача бўлган масофа $l_{цм}$=18 м; колонна диаметри D=2 м; мачта ўкидан орка вантнинг лангаригача бўлган масофа a=50 м; мачта ўклари орасидаги масофа b=4 м; мачта ўкидан ён томондаги вантнинг лангаригача бўлган масофа g=50 м; курилма ердан узилиш пайтида масса марказидан мачта ўкигача бўлган горизонтал масофа d=20 м; тормоз торткичнинг узунлиги f=40 м; курилма ердан узилиш пайтида масса марказидан мачта ўкигача бўлган вертикал масофа h=15 м; полиспаст карралиги m=8; динамиклик коэффициенти $k_д$=1,1. Ҳисоблаш схема 12.1-расмда берилган.



12.1-расм. Иккита мачтада юкни тортиб кўтариш даврида хосил бўладиган кучланишни ҳисоблаш схемаси.

Даставвал орка вантнинг узунлигини аниклаймиз:

$$c = \sqrt{l^2 + a^2} = \sqrt{50^2 + 50^2} = 70{,}711 м \qquad (12.1)$$

Полиспаст, торткич ва юк масса маркази ўкларининг мачта учигача бўлган вертикал масофа:

$$h_1 = l - h = 35 м$$

$$c_1 = \sqrt{d^2 + h_1^2} = \sqrt{20^2 + 35^2} = 40{,}311 м$$

$$c_2 = \sqrt{C^2 + (b/2)^2} = \sqrt{70{,}711^2 + (4/2)^2} = 70{,}739 м$$

Ён томондаги вантнинг узунлигини куйидаги формуладан аникланади:

$$c_3 = \sqrt{l^2 + g^2} = \sqrt{50^2 + 50^2} = 70{,}711 м$$

Сўнг, кетма-кет куйидагиларни ҳисоблаймиз:

– полиспаст ва вантлар учун ҳисобланган кучланиш

$$Q_1 = \left(P + \frac{P_m}{2}\right) \cdot k_a = \left(0{,}8 + \frac{0{,}004}{2}\right) + 1{,}1 = 0{,}882 MH$$

– дастлабки таранглаш натижасида ҳосил бўлган кучланишнинг вертикал ташкил этувчиси

$$P_o = S_1 \frac{l}{c} n = 0{,}01 \frac{50}{70{,}711} 4 = 0{,}028 MH$$

– юк полиспастларида ҳосил бўлган кучланишнинг умумий ташкил этувчиси

–

$$Q_2 = Q_1 \frac{fc_1}{fh_1 - dh} = 0{,}882 \frac{40 \cdot 40{,}311}{40 \cdot 35 - 20 \cdot 15} = 1{,}293 MH$$

Мачта ўкига нисбатан юк симметрик равишда осилганда полиспастлардаги кучланиш ушбу формуладан топилади:

$$T = T_1 = Q_2 \frac{c_2}{2C_1} = 0{,}802 \frac{70{,}739}{2 \cdot 40{,}311} = 1{,}135 MH$$

Полиспаст текислигндаги кучланишнинг горизонтал Q_3 ва вертикал Q_4 ташкил этувчиси куйидаги формулалардан аникланади:

$$Q_3 = T \frac{\sqrt{d^2 + (b/2)^2}}{c_2} = 1{,}135 \frac{\sqrt{20^2 + (4/2)^2}}{70{,}739} = 0{,}322 MH$$

$$Q_4 = T_1 \frac{h}{c_2} = 1{,}135 \frac{35}{70{,}739} = 0{,}561 MH$$

Орка томон вантидаги кучланиш

$$Q_5 = Q_3 \frac{dc}{a\sqrt{d^2 + (b/2)^2}} = 0{,}322 \frac{20 \cdot 70{,}711}{50\sqrt{20^2 + (4/2)^2}} = 0{,}454\,MH$$

Ён томон вантидаги кучланиш

$$Q_6 = Q_3 \frac{bc_3}{g\sqrt{d^2 + (b/2)^2}} = 0{,}322 \frac{4 \cdot 70{,}711}{50\sqrt{20^2 + (4/2)^2}} = 0{,}091\,MH$$

Мачта ўки бўйлаб таъсир килаётган Q_5 ва Q_6 мос вертикал ташкил этувчилар Q_7 ва Q_8 куйидагича хисобланади:

$$Q_7 = Q_5 \frac{l}{c} = 0{,}454 \frac{50}{70{,}711} = 0{,}321\,MH$$

$$Q_8 = Q_6 \frac{l}{c_3} = 0{,}091 \frac{50}{70{,}711} = 0{,}064\,MH$$

Юк оғирлиги туфайли мачта учига таъсир этаётган кучланиш ушбу формуладан топилади:

$$Q_9 = Q_4 + Q_7 + Q_8 = 0{,}561 + 0{,}321 + 0{,}064 = 0{,}946\,MH$$

Тормозли торткичдаги кучланиш

$$Q_{10} = Q_1 \frac{d\sqrt{h^2 + f^2}}{fh_1 - dh} = 0{,}882 \frac{20\sqrt{15^2 + 40^2}}{40 \cdot 35 - 20 \cdot 15} = 0{,}685\,MH$$

Мачта ўртасида кучланишлар йиғиндиси ушбу формуладан топилади:

$$Q_{11} = Q_9 + P_м / 2 + P_0 = 0{,}946 + 0{,}05 / 2 + 0{,}028 = 1\,MH$$

Полиспастдан лебедкага кетаётган чизимчадаги кучланиш куйидагича топилади:

$$S = T \frac{1 - \eta}{1 - \eta^m} = 1{,}135 \frac{1 - 0{,}98}{1 - 0{,}98^2} = 0{,}152\,MH$$

бу ерда, η – блокдаги битта гилдирак ф.и.к. (η=0,96 – гилдирак сирпаниш подшипникига ўрнатилганда; η=0,98 – гилдирак чайкалиш подшипникига ўрнатилганда).

Мачта асосидаги кучланишлар йиғиндиси:

$$Q_{12} = Q_9 + P_0 + P_м = 0{,}946 + 0{,}028 + 0{,}05 = 1{,}025\,MH$$

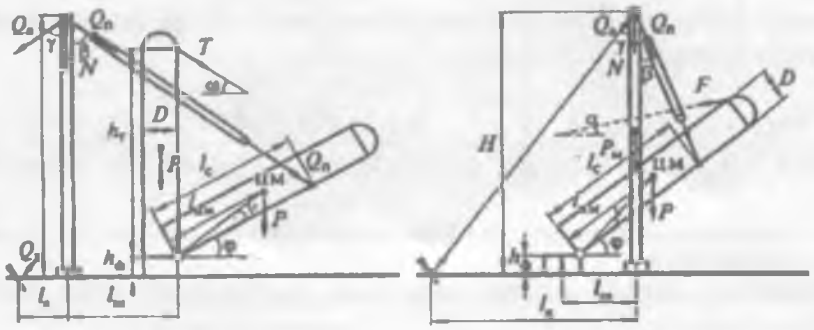
12.2. Курилмани мачтада шарнир атрофида айлантириш усулида кўтариш учун такелаж мосламаларини хисоблаш

Ушбу усул факат мачта баландлиги кўтарилаётган курилма баландлигидан катта бўлганда кўллаш тавсия этилади. Мачта ва кўтарилаётган курилма жойлашишининг иккита варианти бўлиши мумкин.

1-вариант. Мачта буралувчи шарнир оркасига ўрнатилади (12.2а-расм). Бунда курилма бир боскичда нейтрал холатгача кўтарилади ва сўнг эса, тормозли торткич

ёрдамида лойиҳа вертикал ҳолатига аста-секин ўз оғирлиги таъсирида пойдеворга туширилади.

2-вариант. Мачта буралувчи шарнир ва кўтарилаётган қурилма масса маркази орасига ўрнатилади (12.2б-расм). Бунда қурилма икки боскичда кўтарилади: аввал мачталар ёрдамида максимал мумкин бўлган бурчаккача, сўнг эса тортиш системаси оркали нотурғун мувозанатгача кўтарилади ва лойиҳа нуктасига ўрнатилади.Бу усулда полиспаст, мачта ва ишчи вантлар биринчи усулга караганда кам.



а *б*

12.2-расм. Қурилмани шарнир атрофида буриб кўтаришнинг ҳисоблаш схемаси:
а-мачта буралувчи шарнир оркасига ўрнатилган. б- мачта буралувчи
шарнир ва кўтарилаётган қурилма масса марказининг орасига ўрнатилган

12.2-мисол. Иккита вертикал мачта ёрдамида шарнир атрофида айлантириш усулида колоннали қурилмани кўтариш учун такелаж мосламаси ҳисоблансин.

Бошланғич маълумотлар: Колонна оғирлиги P=0,4 МН; мачта оғирлиги $P_м$=15 кН; қурилма узунлиги $L_{ин}$=45 м; колонна баландлиги H=25 м; пойдевордан масса марказигача бўлган масофа $l_{ц.м}$=15 м; колонна диаметри D=1,2 м; мачта ўқидан шарнир ўқигача бўлган масофа $l_ш$ =8 м; қурилма трос илинган жойидан унинг остигача бўлган масофа l_c=22 м; мачта ўқидан вантнинг лангаригача бўлган масофа $l_в$ =25 м; пойдевор баландлиги $h_ф$=1 м; шарнир ўқидан тормоз торткичи маҳкамланган нуктагача бўлган масофа $h_т$=25 м; горизонт ва тормоз торткичи орасидаги бурчак ω=45°; вантларни дастлабки таранглаш кучланиши $\delta_в$=10 кН; блокдаги битта ғилдирак ф.и.к. η=0,975; полиспаст карралиги m=5. Ҳисоблаш схема 12.2-расмда берилган.

Қурилма оғирлик маркази ва шарнир орасидаги масофа ушбу формула оркали ҳисобланади:

$$l = \sqrt{l_{ц.м}^2 + (0{,}5D)^2} = \sqrt{15^2 + (0{,}5 \cdot 1{,}2)^2} = 15{,}012\ м$$

Қурилманинг ташкил этувчиси ва оғирлик марказини бирлаштирувчи чизиклар орасидаги бурчак куйидаги формуладан аникланади:

$$\upsilon = arctg\left(\frac{D}{2l_{ц.м}}\right) = arctg\left(\frac{2}{2 \cdot 15}\right) = 2{,}291^{\circ}$$

Мачта ва полиспаст орасидаги бурчак ушбу формула ёрдамида топилади:
мачта 1-вариант бўйича ўрнатилганда

$$\beta_1 = arctg\left(\frac{l_c \cos\varphi + l_ш}{H - h_ф - l_c \sin\varphi}\right) = arctg\left(\frac{22\cos 0^{\circ} + 8}{25 - 1?0 - 22\sin 0^{\circ}}\right) = 51{,}34^{\circ}$$

мачта 2-вариант бўйича ўрнатилганда

$$\beta_2 = arctg\left(\frac{l_c\cos\varphi - l_м}{H - h_ф - l_c\sin\varphi}\right) = arctg\left(\frac{22\cos 0^\circ - 8}{25 - 1{,}0 - 22\sin 0^\circ}\right) = 30{,}256^\circ$$

Мачта ва вант орасидаги бурчак график усулда ёки қуйидаги ҳисоблаш формуласи оркали аниклаш мумкин:

$$\gamma = arctg\left(\frac{l_к}{H}\right) = arctg\left(\frac{25}{25}\right) = 45^\circ$$

Мачталар 2-вариант бўйича ўрнатилганда ва φ=0° да полиспастдаги ҳисобланган кучланиш ушбу формуладан топилади:

$$Q_п = \frac{Pl\cos(\varphi + \upsilon)\cdot k_п \cdot k_д \cdot k_м}{2\left(H\sin\beta_2 - h_ф\sin\beta + l_м\cos\beta\right)} = \frac{0{,}4\cdot 15{,}012\cos(0^\circ + 2{,}291^\circ)\cdot 1{,}1\cdot 1{,}1\cdot 1{,}1}{2(25\sin 30{,}256^\circ - 1{,}0\sin 30{,}256^\circ + 8\cos 30{,}256^\circ} = 0{,}21МН$$

бу ерда, $k_м$=1,1 – ортиқча юк коэффициенти, $k_д$=1,1 – динамиклик коэффициенти. $k_п$=1,1...1,2 – юкламанинг бир хилда таркалмаганлик коэффициенти

Мачталарнинг каерда жойлашганлигидан қатъи назар орка вантдаги кучланиш куйидагича аникланади:

$$Q_в = Q_п\frac{\sin\beta_2}{\sin\gamma} = 0{,}21\frac{\sin 30{,}256^\circ}{\sin 45^\circ} = 0{,}15МН$$

$Q_в$ кучланиш кийматига караб орка вант учун пўлат трос тури ва диаметри танланади ҳамда унга лангар ҳисобланади, яъни лангар оғирлиги ёки анкер болтлардаги кучланиш ва лангарнинг ағдарилишга бардошлиги текширилади.

Тормоз торткичидаги кучланиш бўйича унга трос қуйидаги формуладан топилади:

$$T = \frac{P\cdot D}{2h_1\cdot\cos\omega} = \frac{0{,}4\cdot 1{,}2}{2\cdot 25\cdot\cos 45^\circ} = 0{,}014МН$$

ва унга мос чиғир танланади.

Мачтага таъсир этаётган кучланишлар йиғиндиси:

$$N = Q_п\cdot\cos\beta_2 + (Q_в + n\cdot S_0)\cdot\cos\gamma + S_п + P_м\cdot k_м = 0{,}21\cos 30{,}256^\circ + (0{,}21 + 2\cdot 0{,}02)\cdot\cos 45^\circ + 0{,}044 + 0{,}015\cdot 1{,}1 = 0{,}376\ МН$$

бу ерда, S_0=10-30 кН – вантларни дастлабки таранглаш кучланиши, n – мачтанинг вантлар сони (орка вантдан ташкари)

$$S_п = Q_п\frac{1-\eta}{1-\eta^m} = 0{,}21\frac{1-0{,}975}{1-0{,}975^2} = 0{,}044МН$$

полиспаст тросидаги кучланиш оркали мачтанинг сикилишга мустаҳкамлиги ва тургунлиги текширилади.

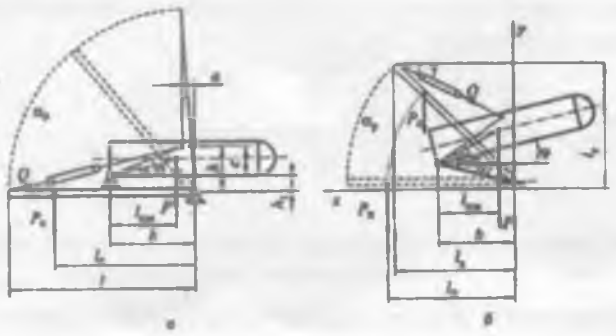
Агар максимал кучланиш F нинг киймати F<147 кН бўлса, трактор ёки чигир танланади ва тортувчи трос ҳисобланади; максимал кучланиш F нинг қиймати F>147кН бўлса, унда тортувчи полиспаст ва лангар ҳисобланади.

12.3. Курилмани порталда (лангарсиз усулда) кўтариш учун такелаж мосламаларини ҳисоблаш

Лангарсиз курилмани кўтаришнинг афзалликлари: вант ва лангарларнинг зарур эмаслиги; керакли монтаж майдончаси курилманикидаи озгина фаркланади; кўшимча

кран ва такелаж мосламалари ёрдамида мачтали кўтаргичларни ишчи ҳолатга кўтариш ва ўрнатиш зарурати йўқлиги; пойдеворга монтажли горизонтал юкламаларнинг йўқлиги.

Ушбу усулнинг камчиликлари: портал таянчининг чўкиши жуда каттиқ таъсир этади; курилма массаси 250 т дан ортик бўлганда, портал таянчи остига пойдевор куриш керак. Лангарсиз кўтариш усулининг ҳисоблаш схемаси 12.3-расмда келтирилган.



12.3-расм. Такелаж мосламаси элементларидаги кучланишларни аниклаш схемаси:
а - портални кўтаришнинг бошлангич онида;
б - курилмани кутаришнинг бошлангич онида.

12.3-мисол. Колоннани портал ёрдамида кўтаришда такелаж мосламанинг элементларидаги кучланишни аникланг.

Бошланғич маълумотлар: Курилма огирлиги P=1,0 МН; портал огирлиги $P_п$=60 кН; курилма ўки бўйлаб унинг шарниридан оғирлик марказигача бўлган масофа $l_{ц.м}$=9 м; курилма узунлиги l=35 м; колонна баландлиги H=25 м; портал ўки бўйича унинг шарниридан портал огирлик марказигача бўлган масофа $l_п$=30 м; портал шарнири ва курилмани илиш жойигача бўлган масофа h=2,5 м; пойдевор баландлиги h_1=1 м; монтаж штуцерлари ва оғирлик маркази орасида бўлган масофа Δl =7 м; портал таянчи ва илиш жойи орасидаги масофа a=2 м; курилма эни бўйича шарнирдан оғирлик марказигача бўлган масофа r=1,3 м. Ҳисоблаш схема 12.3-расмда берилган.

Курилмани ташкил этувчидан уни илиш жойигача бўлган масофа:

$$c = h - h_1 = 2{,}5 - 1 = 1{,}5 м$$

Курилмани шарниридан порталгача бўлган масофа:

$$b = l_{ц.м} + \Delta l + a = 9 + 7 + 2 = 18 м$$

Курнлмани ташкил этувчиси ва шарнирни илиш жойи билан бирлаштирувчи чизиқ орасидаги бурчак ушбу формуладан топилади:

$$\beta = arctg\left(\frac{c}{b}\right) = arctg\left(\frac{1{,}5}{8}\right) = 4{,}764^{\circ}$$

Курилмани ташкил этувчиси ва шарнирни оғирлик маркази билан бирлаштирувчи чизиқ орасидаги бурчак ушбу формуладан топилади:

$$\varepsilon = arctg\left(\frac{r}{l_{ц.м}}\right) = arctg\left(\frac{1{,}3}{9}\right) = 8{,}219^{\circ}$$

$$l_o = \sqrt{c^2 + (b-a)^2} = \sqrt{1{,}5^2 + (18-2)^2} = 16{,}07 м$$

Қиялик бурчагини аниклаймиз:

Курилмани кўтариш бошланганда, a=0 ҳолат учун

$$\alpha_{\varphi} = \arcsin\left[\left(\frac{Pl_{ш}l}{P_n l_n b}+1\right)\frac{hb}{l\sqrt{c^2+b^2}}\right] - \beta = \arcsin\left[\left(\frac{1\cdot 9\cdot 35}{0{,}06\cdot 30\cdot 18}+1\right)\frac{2{,}5\cdot 18}{35\sqrt{1{,}5^2+18^2}}\right] -$$

$- 4{,}764^{\circ} = 44{,}986^{\circ}$

Портал-курилма системасининг нотурғун мувозанат ҳолатида қурилманинг горизонт билан ташкил килган бурчаги:

$$\varphi_1 = \arcsin\left(\frac{bh_1}{l^2}\right) + \sqrt{\frac{P^2 l_{ш}^2 - P_n^2 l_n^2}{P^2 l_{ш}^2 - P_n^2 l_n^2 b^2 / l^2}}) - \beta = \arcsin\left(\frac{18\cdot 1}{35^2} + \sqrt{\frac{1^2\cdot 9^2 - 0{,}06^2\cdot 30^2}{1^2\cdot 9^2 - \dfrac{0{,}06^2\cdot 30^2\cdot 18^2}{35}}}\right) -$$

$- 4{,}764^{\circ} = 88{,}866^{\circ}$

Портални кўтарилиши билан полиспастнинг хисобланган узунлиги куйидагича аникланади:

$$L = \sqrt{\left(l\sin\alpha - h^2\right)^2 + \left(l\cos\alpha - a^2\right)}$$

Портал-курилма системаси мувозанатда бўлганда, қурилманинг маълум бир киялигида портални кўтариш бурчаги α_p нинг кийматлари 12.1-жадвалда келтирилган.

12.1-жадвал

φ, град	0	9	18	27	36	45	54	63	72
α_p, град	29,7	47,9	55,7	57,2	53,0	48,9	42,9	27,9	-
γ_1, град	27,6	44,9	52,6	53,8	51,7	47,6	41,2	30,1	-1,15
Q_1, МН	1,211	0,665	0,534	0,462	0,397	0,328	0,253	0,171	-
L, м	32.04	29,71	27,12	24,58	22,11	19,74	17,54	15,70	-

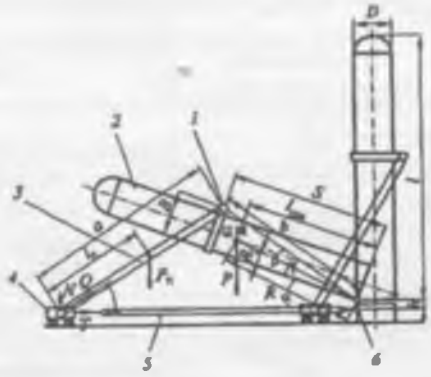
Кўтаришнинг бошлангич онида φ=0° да портални кўтариш бурчаги α_p=29,674° ни ташкил этади, яъни кўтариш бурчаги 44,986° дан анча кичик. Курилмани кўтариш билан бирга портал кўтариш бурчаги α_p ҳам ортади ва максимал миқдори 57° га чикади. Курилма яна кўтарилганда портал пастга туша бошлайди. Агар курилма нотурғун мувозанат соҳасига $\varphi=\varphi_1$=88,866° келганда, портал ишламайди. Шунинг учун тормозли торткич механизми ишга туширилиши керак.

12.4. Курилмани тортиб кўтариш усули учун такелаж мосламаларини хисоблаш

Ушбу усул лангарсиз кўтаришнинг бир тури бўлиб, колоннали курилмаларни шарнир атрофида буриб кўтаради (12.4-расм).

12.4-мисол. Колоннани тортиб кўтаришда такелаж мосламасининг элементларидаги кучланишни аникланг.

Бошланғич маълумотлар: Курилма оғирлиги P=1,0 МН; курилма диаметри D=2 м; курилма ўки бўйлаб унинг шарниридан оғирлик марказигача бўлган масофа $l_{ц.т}$=9 м; курилма оғирлик марказидан ўтадиган ўкдан шарнигача бўлган масофа R_2=1,2 м; колонна бўйича шарнирдан бурилиш цапфасигача бўлган масофа S=12 м; кўшимча таянч оғирлиги P_n=0.04 МН; кўшимча таянчнинг пастки учидан оғирлик марказигача бўлган масофа l_n=15 м; кўшимча таянч узунлиги a=30 м; курилманинг эни бўйича унинг шарнири ўкидан бурилиш цапфасигача бўлган масофа B=2,4 м; аравача шарниридан пойдевор баландлиги h=1 м. Ҳисоблаш схема 12.4-расмда берилган.



12.4-расм. Битта ромли таянчли курилманы кўтаришдаги кучланишларни ҳисоблаш схемаси:
1-бурилиш шапфаси; 2-курилма; 3-ромли таянч; 4-каретка; 5-полиспаст; 6-бурилиш шарнири.

Курилма шарнири ўкидан оғирлик марказигача бўлган энг киска масофа куйидагича ҳисобланади:

$$R = \sqrt{l_{qu}^2 + R_2^2} = \sqrt{9^2 + 1{,}2^2} = 9{,}08 м$$

Курилма шарнири ўкидан кўшимча таянчгача бўлган энг киска масофа куйидагича ҳисобланади:

$$b = \sqrt{S^2 + B^2} = \sqrt{12^2 + 2{,}4^2} = 12{,}238 м$$

$$\beta = arctg\left(\frac{B}{S}\right) = arctg\left(\frac{2{,}4}{12}\right) = 11{,}31^o$$

$$\gamma = arctg\left(\frac{R_2}{l_{qu}}\right) = arctg\left(\frac{1{,}2}{9}\right) = 7{,}595^o$$

$$\nu = arctg\left(\frac{D}{2l_{ut}}\right) = arctg\left(\frac{2}{2 \cdot 9}\right) = 6{,}34^o$$

Курилманинг нотурғун мувозанат бурчаги

$$\alpha_{ap} = 90^o - \gamma = 90^o - 7{,}595 = 82{,}405^o$$

12.5. Такелаж мосламаларини танлаш

Юк кўтариш механизмлар классификацияси. Механизмни кўллаш синфи тахмин килинаётган умумий эксплуатация давомийлиги ва номинал синфлар (12.2-жадвал) билан таърифланади.

Максимал умумий эксплуатация давомийлиги суткасига ўртача неча соат ишлатилиши, бир йилдаги иш кунлари ва кутилаётган ишлаш муддатлари асосида аниклаш мумкин.

Механизмларни қўллаш синфи

12.2-жадвал

Қўллаш синфи	Умумий синаш давомийлиги, соат	Эслатма
T_0	300	Вакти-вакти билан ишлатиш
T_1	400	
T_2	800	
T_3	1600	
T_4	3200	Енгил шароитда узлуксиз ишлатиш
T_5	6300	Енгил шароитда узлукли ишлатиш
T_6	12500	Узлуксиз интенсив ишлатиш
T_7	25000	Интенсив ишлатиш
T_8	50000	
T_9	100000	

Юклаш режимлари нисбий давомийликни белгилайди, яъни бунда механизм максимал ёки камайтирилган юклама остида ишлаганини ифодалайди (12.3-жадвал).

Юклашнинг номинал режимлари

12.3-жадвал

Юклаш режимлари		Эслатма
белгилаш	тури	
L1	Енгил	Узлуксиз кичик юклама, камдан-кам энг катта юклама остида ишлайдиган механизмлар
L2	Ўртача	Узлуксиз ўртача юклама, тез-тез энг катта юклама остида ишлайдиган механизмлар
L3	Огир	Узлуксиз катта юклама, тез-тез энг катта юклама остида ишлайдиган механизмлар
L4	Жуда огир	Узлуксиз энг катта юклама остида ишлайдиган механизмлар

Полиспаст, блок ва тросларни танлаш. Канатлар юкларни кўтариш, тушириш, тортиш ва ҳоказолар учун мўлжалланган. Канатлар эгилувчан тортувчи элемент бўлиб, пўлатдан, синтетик, пахта-когозли ва канопли материаллардан тайёрланиши мумкин.

Юк кўтариш машиналарида юкори мустаҳкамликка эга бўлган пўлат симлардан ясалган канатлар кўлланилади. Симлар диаметри 0.2...3 мм бўлиб, узилишга вактинчалик каршилиги $\sigma_{в}$=1400...2000 МПа олий (В), биринчи (I) ва иккинчи (П) маркали пўлатдан тайёрланади.

Юк кўтариш машиналарининг канатлари бир ва кўшалок ўрилган бўлади (12.5-расм). Битта ўрамли канат бир даста килиб ўрилган симлардан иборат. Кўшалок ўрилганда эса, аввал симлар тўплами килиб ўрилади, сўнг эса марказий узак атрофида канат килиб ўрилади. Ўзак канофли, асбестли, металл ёки синтетик бўлиши мумкин. Канопли ўзак куюк мой билан шимдирилган бўлади ва иш жараёнида сикилади ва ўзакдан чикиб канатни мойлайди. Бундай ҳол канатни эксплуатация килиш вактини узайтиради. Асбест ўзакли канатлар иссик цехларда, металл ёки синтетик ўзаклилар эса – канатларни кўп катламли килиб барабанга ўралганда кўллаш максадга мувофик.

Ўрилган канатларнинг катламлар бўйлаб симларнинг бир-бирига тегиб туришига караб куйидаги:

–ЛК – чизикли тегиб турувчи;

–ТК – нуктада тегиб турувчи;

–ТЛК – нукта-чизикли тегиб турувчи турларга бўлинади.

ЛК туридаги канатлар бир неча хил:

–ЛК-О – ташки катламдаги симларнинг диаметри бир хил;

– ЛК-Р — ташки катламдаги симларнинг диаметри ҳар хил;

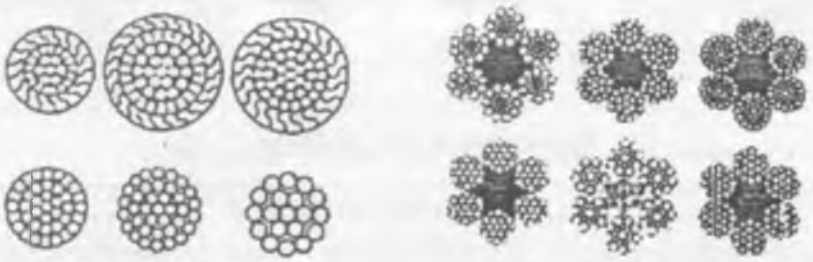
– ЛК-РО – бир хил диаметрли симлардан ва айрим катламлардаги симларнинг диаметри турлича;

– ЛКЗ – симлар катламлараро масофасига кичик диаметрли симлар жойлаштирилган бўлади.

– ЛК-РО 6х36 [1+7+7/7+14]+1 о.с. – русумли канат куйидагини билдиради: «6» - ўрамлар сони: «36»- ўрамдаги симлар сони; квадрат ковус ичидаги сонлар – ўрамдаги катламлар сонини ва катламдаги симлар сонини кўрсатади; «1 о.с. » - канат ўртасида битта органик ўзак борлигини билдиради.

Полиспаст деб кўзғалмас ва ҳаракатчан блоклардан, эгилувчан канат билан ўралган жисмлардан таркиб топган, куч ёки тезликдан ютишни таъминловчи мослама. Полиспастлар куйидаги афзалликларга эга:

– канатлардаги кучланишни камайтиради, бу эса канат, блок ва барабан диаметрини кичрайтириш имконини беради;



а *б*

12.5-расм. Пулат тросслар тузилиши:
а - бир ўрамли, б - кўшалок ўрамли

– юк туфайли барабанда ҳосил бўладиган статик моментни камайтиради;

– редукторнинг талаб этилган узатиш сонини камайтириш, окибатда уни ихчамлаштириш имконини беради;

– динамик юкламаларни камайтириш ва механик тебранишларни бартараф килиш.

Полиспастнинг асосий характеристикалари бўлиб карралик ва ф.и.к. ҳисобланади.

Полиспаст карралиги деб юк осилиб турган ўрамлар сонининг барабанга тахланаётган ўрамлар сони нисбатига айтилади. Полиспаст карралиги кучдан ёки тезликдан канчалик ютилганини кўрсатади. Максимал таранглик S_{max} полиспаст карралиги $i_{пол.}$ га боглик бўлиб, юкни кўтараётган механизм учун ушбу формуладан аникланади:

$$S_{max} = \frac{G_{гр} + G_{пос}}{i_{пол} \cdot \eta_{пол} \cdot a} \qquad (12.2)$$

бу ерда, $G_{гр}$ – кўтарилаётган юк огирлиги, Н; $G_{пос}$ – юк ушлайдиган бўлак огирлиги, Н; $\eta_{пол}$–полиспаст ф.и.к.; a – барабанга ўралаётган канат ўрамининг сони.

Тахминий ҳисоблар учун полиспаст карралиги $i_{пол.}$ нинг кийматларини 12.4-жадвалдан олиш мумкин.

Полиспаст карралиги

12.4-жадвал

Барабанга ўраш тури	Полиспаст тури	$i_{пол.}$ нинг киймати юк кўтарилганда, т				
		<1	2-6	10-15	20-30	40-50
Бевосита	бир карра	1	2; 3	3; 4	4-6	-
	кўшалок	2	2	2; 3	3; 4	4; 5
Йўналтирувчи блоклар оркали	бир карра	1; 2	2; 3	3; 4	5; 6	-
	кўшалок	-	2	2; 3	3; 4	-

Полиспаста ф.и.к. блокларда каиатнинг чўзилиши ва унинг ўкида ишқаланиши туфайли йўқотилишларни ифодалайди ва ушбу формуладан аникланади:

$$\eta_{полс} = \frac{1-\eta_{бл}^{полс}}{i_{полс}(1-\eta_{бл})} \qquad (12.3)$$

бу ерда $\eta_{бл}$–блок ф и к., чайкалаш подшипникида ўтирган блоклар учун $\eta_{бл}$=0,97-0,98, сирпаниш подшипникидаги учун $\eta_{бл}$=0,94-0,96

Муҳандислик ҳисоблаш ишларини камайтириш ва ихчамлаштириш учун юк кўтариш машиналарини лойиҳалаш жараёнида $\eta_{полс}$ кийматларини 12.5 ва 12.6-жадваллардан олиш тавсия этилади.

Полиспаст ф.и.к. $\eta_{полс}$

12.5-жадвал

$\eta_{бл}$	Полиспаст карралиги							
	2	3	4	5	6	8	10	12
0,96	0,98	0,96	0,94	0,92	0,90	0,96	0,82	0,78
0,98	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,93	0,91	0,89

Йўналтирувчи блок ф.и.к. $\eta_{бл}$

12.6-жадвал

$\eta_{бл}$	Полиспаст карралиги						
	2	3	4	5	6	7	8
0,96	0,92	0,88	0,85	0,81	0,78	0,75	0,69
0,98	0,96	0,94	0,92	0,90	0,88	0,87	0,85

Блоклар – эгилувчан канатлар йўналишини ўзгартириш учун хизмат киладиган юк машинасининг элементи.

Блоклар ҳаракатчан, яъни уларнинг ўки фазода ҳаракатланади ва кўзғалмас – кран металл конструкцияси қаттик маҳкамланган бўлади. Блоклар уч турга: йўналтирувчи, тенглаштирувчи ва ушлаб турувчиларга бўлинади.

Йўналтирувчи блок диаметри ўралаётган канат ўрта чизиғи бўйича олинади ва ушбу формуладан аникланади:

$$D_{бл} \geq d_к \cdot k \qquad (12.4)$$

бу ерда, $D_{бл}$ – блокнинг диаметри; k – блок диаметрига боглик коэффициент (12 7-жадвал)

Блок диаметрини танлаш коэффициенти

12.7-жадвал

Машина тури	Иш режими	k киймати
Юк кўтариш машиналарининг ҳамма турлари, чигирик ва электр талдан ташкари	М1, М2, М3	16, 18, 20
	М4	22,4
	М5	25
	М6	18
Ўкли кранлар, чигирик ва электр таллар	М1-М6	18

Блокларнинг аник диаметр ўлчамларини қуйида келтирилган нормал катордан кабул килиш керак: 160, 200, 250, 320, 400, 450, 560, 630, 710, 800, 900, 1000 мм.

Тенглаштирувчи блоклар қўшалок полиспастли механизмларда канат узунлигини ва шахобчалардаги юкламани текислаш учун қўлланилади.

Ушлаб турувчи блоклар канатнинг текис узун трассаларида ўрнатилади. Шунга алоҳида эътибор бериш керакки, бу блокнинг канат билан илашиш бурчаги жуда кичикдир. Ушбу блок диаметри (8...10)·$d_к$ ораликда кабул килинади.

. ***Етакловчи блок***лар айланма кучланишни узатиш учун хизмат килади. Ушбу блок арикчалари ярим доира шаклида бўлиб. диаметри эса $D_{бл}>(0...80)\cdot d_к$ нисбатдан олинади.

Электр чигирикнинг техник характеристикалари

12.8-жадвал

Параметр	Чигирик ЛМ2	Чигирик ЛМ3,2	Чигирик ЛМ5	Чигирик ЛМ8
Канатдагн номинал тортиш кучланиши. кН(кг)	20 (2000)	32 (3200)	50 (5000)	80 (8000)
Барабаннинг канат бўйича сигими. м	250	250	250	185
Канатнинг ўралиш тезлиги , м/с	0,3	0,28	0,18	0,22
Ўралиш катламининг сони	8	5	-	3
Канат диаметри. мм	13.5	17.5	22-22.5	28
Электр юриткич куввати. кВт	8.5	11.0	15.0	-
Кучланиш. В	380	380	380	380
Масса (канатсиз). кг	585	980	1945	3620
Ўлчамлари, мм: узунлиги	1170	1365	1640	2480
эни	1140	1220	1375	1835
баландлиги	675	745	946	1066

ГЭЛ5 электр чигирикнинг техник характеристикалари

12.9-жадвал

Параметр	Киймат
Канатдаги номинал тортиш кучланиши. кН(кг)	55 (5000)
Барабаннинг канат бўйича сигими. м	220
Канатнинг ўралиш тезлиги , м/с	0,28
Ўралиш катламининг сони	8
Канат диаметри, мм	22.5
Электр юриткич куввати. кВт	4,3
Кучланиш. В	380
Масса (канатсиз). кг	1000
Ўлчамлари, мм: узунлиги	1765
эни	1625
баландлиги	875

Чигириклар курилиш, монтаж ва бошка ишларни бажаришда кўтариш-узатиш жараёнларини амалга ошириш учун хизмат килади. Чиғирикларда ишчи ва хизматчиларни кўтариш ман этилади. Чиғирикларнинг техник характеристикалари 12.8-12.9-жадвалларда берилган. Чигирик номинал тортиш кучланиши бўйича танланади.

Чиғирикларнинг маҳкамлаш мосламалари ҳисобланганда, ромдаги тенглаштирувчи зарур юк массаси ёки анкер болтлардаги кучланиш унинг юк турғунлиги шартидан келиб чиккан ҳолда аникланади:

$$K_т = \frac{M_в}{M_а} \geq 1{,}4 \qquad (12.5)$$

бу ерда, $K_т$ – юк турғунлик коэффициенти, $M_в$ – кайта тиклаш моменти, $M_а$ – агдарувчи момент

$$M_а = Q \cdot h \qquad (12.6)$$

$$M_д = G_1 a + G_2 b \qquad (12.7)$$

Суриш кучи таъсири остида горизонтал силжишга карши чиғирик лангарининг мустаҳкамлик ва турғунлик ҳисоби куйидаги формулада амалга оширилади:

$$N = Q - F_{тр} \qquad (12.8)$$

бу ерда, $F_{тр}=f\cdot G_1$ – ромнинг ерга ишқаланиш кучи; f=0,3...0,5 – ромнинг ерга ишқаланиш коэффициенти.

12.5-мисол. Иккита вертикал мачта ёрдамида шарнир атрофида айлантириш усулида колоннали курилмани кўтариш учун такелаж мосламаси ҳисоблансин (мисол - 12.2 шартлари асосида). Мачта қурилма оғирлик маркази ва буралувчи шарнир орасига ўрнатилган.

Бошланғич маълумотлар: мачтанинг орка вантидаги максимал кучланишлар $Q_в$=0,15 МН ва юк кўтарувчи полиспастда $Q_п$=0,21 МН қурилманинг кўтарилиш бошланган даврига тўғри келади.

12.4 ... 12-6-жадвалларга таяниб М2 кўтариш мосламасини танлаймиз.

Мачтанинг орка вантига канатни танлаш ҳисобланган узилиш кучланиши асосида аникланади:

$$S_p = K \cdot S_{max} = 3{,}5 \cdot 0{,}15 = 0{,}161\ МН$$

бу ерда, K=3,5 деб 12.8-жадвалга қараб олинади, $S_{max}=Q_в$ – орка вантдага максимал кучланишга тенг деб олинди.

12.7-жадвалдан ЛК-Р 6х19 (1+6+6/6)+1 о.с. русумли, диаметри $d_к$=16,5 мм ли канат танлаймиз.

Юк кўтарувчи полиспастга тушаётган юклама 0,21 МН ни ташкил этади. Полиспастнинг характеристикалари: z=2; $i_{пол}$=5; $\eta_{б1}$=0,975. Унда, полиспаст ф.и.к. куйидагига тенг бўлади:

$$\eta_{пол} = \frac{(1-\eta_{б1}^{пол1})\cdot\eta_{б1}^{z}}{i_{пол}(1-\eta_{б1})} = \frac{(1-0{,}975^2)\cdot 0{,}975^2}{5(1-0{,}975)} = 0{,}904$$

Максимал тарангланиш ушбу формуладан аникланади:

$$S_{max} = \frac{Q_п}{i_{пол}\cdot\eta_{пол}\cdot a} = \frac{0{,}21}{5\cdot 0{,}904\cdot 1} = 0{,}046\ МН$$

Канатнинг узилиш кучланиши (12.1) формуладан топилади:

$$S_p = K \cdot S_{max} = 4 \cdot 0{,}46 = 0{,}184\ МН$$

бу ерда K=4 деб 12.8-жадвалдан танланади.

12.7-жадвалдан ЛК-Р 6х19 (1+6+6/6)+1 о.с. русумли, диаметри $d_к$=18 мм ли канат танлаймиз.

Йўналтирувчи блок диаметри (8.5) формуладан аникланади:

$$D_{б1} \geq d_к \cdot k = 0{,}018 \cdot 18 = 0{,}324\ м$$

Диаметри 320 мм ли блок кабул киламиз.

12.13-жадвалдан монтаж учун мўлжалланган ЛМ5 русумли электр чигирик танлаймиз: G_1=35,5кН; a=0,645 м; b=1,835 м; h=0,73 м.

Пойдевор болтларига тушаётган ҳисобланган юкламани куйидаги формуладан топамиз:

$$G_2 = \frac{Q \cdot h \cdot K_1 - G_1 a}{b} = \frac{46 \cdot 0{,}73 \cdot 1{,}5 - 35{,}5 \cdot 0{,}645}{1.835} = 14{,}971 \ кН$$

Ушбу юклама пойдеворнинг иккита болтиға тушаяпти. Юкламани нотекис таркалаётганини 1,1 га тенг деб, болт резьбасининг диаметрини ҳисоблаймиз:

$$d_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}1 \cdot G_2}{\pi \cdot [\sigma]}} + c = \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}1 \cdot 0{,}014971}{3{,}14 \cdot 230}} + 0{,}002 = 0{,}008752 \ м$$

бу ерда $[\sigma]$=230 МПа – болт материалининг рухсат этилган кучланиши; c=0,002 м – коррозияга қўшимча.

Ўрнатиш учун М24 болтни кабул киламиз.

Чиғирик лангарига таъсир этаётган силжиш кучланиши (12.8) формуладан аникланади:

$$N = Q - F_{тр} = 46 - 0{,}4 \cdot 35{,}5 = 31{,}3 \ кН$$

Лангар оғирлиги ерга катта чукурликка ўрнатилган ҳоллар учун (2...3)N, юзаки ўрнатилганлари учун эса 5N деб кабул киламиз.

12-боб. Монтаж ишларининг жиҳоз ва мосламалари бўйича

Мустакил тайёрланиш ва кайтариш учун саволлар

1. Мачталарни кўтариш мосламаларини ҳисоблаш.
2. Турли конструкцияли такелаж мосламаларини ҳисоблаш.
3. Такелаж мосламаларини танлаш.
4. Пўлат тросларни тузилиши.
5. Полиспаст ва блоклар нима учун хизмат килади?

13-боб. ГАЗЛАРНИ ҚАЙТА ИШЛАШ ТЕХНОЛОГИЯСИДА ТЕХНИКА ХАВФСИЗЛИГИ ВА АТРОФ-МУҲИТНИ ҲИМОЯЛАШ

13.1. Газни кайта ишлашда техника хавфсизлиги

Ҳозирги замонда газ-кимё мажмуалар ишлаб чикариш иншоотларининг саноат ҳавфсизлиги таъминлаш муаммоси инсон фаолияти ҳимоялаш соҳасида энг асосий йўналиш бўлиб, ёкилғи-энергетик мажмуасининг энергетик самарадорлиги белгиловчи асосий омиллардан биридир. Табиий углеводородларнинг янги конларини эксплуатацияга тушириш ва технологик курилмалар бирлик куввати ва концентрациясини ошириш, ҳамда ишлаб чикаришга капитал сарфлар хажмини кўпайиши, ҳамда ҳавфли ишлаб чикариш объектларида авария ҳолатларидан келиши мумкин бўлган зарарларнинг ортиши юкори самарали технологияларни тадбик килишни такозо этмокда.

Худди шундай газ-кимё мажмуалар учун техноген авариялар ва уларни бартараф килиш билан боглик йиллик моддий зарар жуда катта маблағларни талаб килади. Нефть ва газни кайта ишлаш саноатларидаги техноген авариялар динамикасининг таҳлили шуни кўрсатдики, охирги ўн йилда иктисодий зарар 2 маротабадан кўп ортди. МДҲ статистик маълумотларига кўра, ҳар йили нефть ва газ саноатларида бир неча минг авариялар содир бўлади ва окибатда атроф муҳит, табиий сув ҳавзалари ифлосланади.

Маълумки, таркибида кўп водород сульфид ва бошка зарарли моддалар бўлган нефть ва газ конларини эксплуатацияга тушириш техноген ҳалокатлар бўлиш эҳтимолини оширади. Водород сульфиднинг заҳарлилиги, ҳамда унинг таркибида ушбу модда ушлаган табиий хом-ашёларнинг ёнғин ва портлаш ҳавфи борлиги водород сульфидли табиий газларни кайта ишлаш технологик жараёнлари хизматчи ва ходимлар, корхона атрофида истикомат килувчи аҳоли, ҳамда атроф муҳитга катта хавф туғдиради.

Бундай шароитларда ёкилғи-энергетик мажмуасининг иктисодий турғунлигини белгиловчи мухим ва асосий омиллардан бири саноат ва экологик ҳавфсизлик ҳисобланади. Шунинг учун, юкорида кайд этилган ҳавфлар бўлмаслигини таъминлаш учун техноген ҳавфларни бошкаришнинг самарадор усул ва техник мосламаларини яратишни ва саноатда тадбик этишни такозо килади.

Полиэтилен, полипропилен ва бошка полиолефинларни ишлаб чикаришда портлаш ва ёнғин хавфи бор. Бу турдаги маҳсулотларни олиш технологиялари *А* категориясига мансубдир. Ушбу технологияда кўлланиладиган моддаларнинг ҳаво билан аралашмаларининг портлаш концентрациялари % (ҳажм.) куйидагича (13.1-жадвал):

13.1-жадвал

№	Модда номи	Конц. %(хажм.)	Модда номи	Конц. %(хажм.)
1	Этилен	3,0...32	Изопропил спирт буғлари	2,0...12
2	Пропилен	2,2...10		
3	Бензин буғлари	1,2...7,0		

Олефинлар накротик сифатида таъсир этиш кобилиятига эга. Кукунсимон олефинлар эса ҳаво билан бирга портловчи аралашмалар ҳосил килади. Бирор каттик юзага ишкаланганда олефин кукунлари электр зарядланади. Шунинг учун, уларни труба кувурлари оркали азот муҳитида транспортировка килинади, труба кувури эса ерга улаб кўйилади.

Паст зичликка эга полиэтилен олишда юкори босим ва температураларда этиленнинг портлаб парчаланиш ҳоллари юз бериши мумкин. Бундай ҳодисалар рўй бермаслиги учун реакторлар алоҳида ёпик кабиналарда жойлаштирилган автоматик блокировка мосламалари ёки уриб чикариладиган мембраналар билан жиҳозланади.

Циглер-Натта катализаторларида компонент сифатида ишлатиладиган диэтилалюминий хлорид ва бошка металл органик бирикмалар ҳаво билан аралашмаси ёниши ва сув, спирт ҳамда бошка гидроксилли бирикмалар билан аралашганда ёниши ёки портлаши мумкин. Ушбу катализаторларни бензинли эритмада герметик ёпик азот билан тўлдирилган мухитда саклаш лозим. Улар захарли, айникса, триэтилалюминийнинг буғлари ўпкага салбий таъсир этади ва инсон терисига томганда куйдиради.

Полиэтилен ва полипропиленларни ювишда ҳосил бўлган окова сувлар махсус курилмаларда нейтралланади ва тозаланади. Атроф-мухитни газ чикиндилари билан ифлослантирмаслик учун чангсимон полиолефинлар ва зарарли газлар тозалаш курилмаларидан ўтказилади.

Ҳаво таркибида этиленнинг рухсат этилган чегаравий концентрацияси – $0,05 \cdot 10^{-3}$ кг/м^3, пропиленники эса – $0,5 \cdot 10^{-3}$ кг/м^3.

Триэтилалюминий ҳам захарли, унинг буғлари ўпкага салбий таъсир килади ва терига сачраганда куйдиради.

Бензин бу осон ёнувчан суюклик. Бензин турига караб унинг ёниш температураси 50 дан 28°С гача бўлиши мумкин. Бензин буғининг ҳаво билан аралашмасининг чегаравий ёниш концентрациялари 1.2...7% (ҳажм.)ни ташкил этади. Бензиннинг ҳаводаги рухсат этилган концентрацияси 0,0103 кг/м^3.

Изопропил спирти ҳам енгил ёнувчан суюкликдир. Изопропил спирт буғининг ҳаво билан аралашмасининг чегаравий ёниш концентрациялари 2...12% (ҳажм.)ни ташкил этади. Унинг буғлари инсон организмига наркотикка ўхшаб таъсир кўрсатади.

Кукунсимон полиолефинлар ҳаво билан портловчи аралашма (масалан, полипропилен учун рухсат этилган чегара 0,0126 кг/м^3) лар ҳосил килади. Труба кувурлари оркали кукунсимон полиолефинлар транспортировка килинганда аэрозоллар ҳосил бўлади ва статик электр зарядларининг йиғилишига олиб келади. Бундай ҳолат ўз навбатида учкун чикишига сабабчи бўлади. Шунинг учун, кукунсимон полиолефинлар инерт газ (масалан, азот) мухитида транспортировка килиниши керак. Жараёнда иштирок этувчи ҳамма электр жиҳозлар портлашга хавфсиз килиб ясалган бўлиши шарт; насослар, труба кувурлари ва бошка жиҳозлар албатта ерга уланиши лозим.

Атроф-мухитни мухофаза килиш максадида барча газсимон чикиндилар махсус курилмаларда тозаланиб атмосферага чикарилади.

Полистирол ишлаб чикаришда мономерли стирол осон ёнувчан суюклик бўлиб, 30°С температурада ёнади. Шу сабабли, у билан ишлаганда ёнғин хавфсизлиги коидаларига катъий риоя килиш даркор. Маълумки, стиролнинг ҳаво билан аралашмаси портлаш хусусиятига эга. Стирол буғининг ҳаво билан аралашмасининг чегаравий ёниш концентрациялари 1,1...5,2% (ҳажм.)ни ташкил килади.

Стирол иштирокида кечадиган жараён ва курилмалар ҳамда труба кувурлари бор бино ва иншоотларда очик алангадан фойдаланиш ман этилади. Бундай жойларда учкун ва статик электр ёйлари ҳосил бўлмаслиги таъминлаши керак.

Ишчи биноларда стирол буғларининг ҳаво таркибидаги рухсат этилган концентрацияси 0,000005 кг/м^3. Стирол захарли бўлиб, инсоннинг асаб тизими ва кон ишлаб чикариш органларига салбий таъсир этади. Агар стирол узок муддат давомида инсон терисига таъсир этса, унинг шикастланишига ва касалланишига олиб келади. Стирол буғларининг ҳаводаги миқдори тахминан 0,0001 кг/м^3 бўлганда, у кўз, бурун, томок, ошкозон ва шунга ўхшаш органларнинг шиллик пардаларига салбий таъсир килади. Суюк стиролни инсон терисига тегишидан саклаш керак, чунки унинг узок муддат ва кайтадан таъсири терини сувсизлантиради, дарз кетиши ва ёрилишига, дерматитга олиб келади. Инсон ичига стиролнинг тушишидан эҳтиёт килиш зарур. Агар тўсатдан ёки эҳтиётсизлик туфайли стирол инсон ичига кириб кетса, зудлик билан шифокорни чакириш ва кайт килдириш зарур.

Стиролни ўз-ўзидан полимерланиш ва оксидланишидан ҳимояловчи шароитларда сақлаш зарур. Шу сабабли уни ингибиторли паст температурали, мономерга ҳаво таркибидаги кислород таъсир этмайдиган шароитда сақлаш тавсия этилади.

Стиролни сақлаш даврида полимер ҳосил бўлиш олдини олиш керак, чунки бу ҳодиса кейинги технологик жараёнларга салбий таъсир этади. Ундан ташқари, сақлаш даврида полимерланиш окибатида иссиқлик ажраб чиқади, бундай ҳол эса ёпиқ резервуар ичида босим ортишини ва портлаш хавфини туғдиради.

Полистирол физиологик жиҳатдан зарарсиз бўлгани билан унинг кукуни ҳаво билан газсимон портловчи аралашмалар ҳосил қилади. Аралашманинг пастки ёниш чегарасига оид концентрация 0,025…0,0275 кг/м^3 ни ташкил этади. Полистирол осон алангаланиб, жадал суръатлар билан ёнади ва катта ҳажмда тутун ҳосил қилади.

Винилхлорид, винилиденхлорид, тетрафторэтилен, трифторхлорэтилен ва бошқа мономерларни ишлаб чиқариш ёнғин ва портлаш хавфи бўйича *А* категорияга мансубдир. Юқорида қайд этилган мономерлар суюқ ёки газсимон моддалар бўлиб, улар буғларининг ҳаводаги кислород билан аралашмаси портловчандир.

Ушбу технологияда қўлланиладиган моддаларнинг ҳаво билан аралашмаларининг портлаш концентрациялари %(ҳажм.) қуйидагича:

Асосий мономер газ ва буғларининг ҳаво билан аралашмасининг ёниш концентрацияларининг чегаралари 13.2-жадвалда келтирилган.

13.2-жадвал

№	Номи	Конц., %ҳажм.)	Номи	Конц., %ҳажм.)
1	Винилхлорид	3.3...3.6	Трифторхлорэтилен	28.4...35.2
2	Винилиденхлорид	5.6...11.4	Винилиденфторид	5.8...20.3
3	Тетрафторэтилен	13.4...46.4		

Газсимон агрегат ҳолатидаги винилхлорид наркотик каби таъсир кўрсатади. Ҳаво таркибида винилхлорид миқдори 0,00005 кг/м^3 бўлган муҳитда инсоннинг узоқ муддат давомидаги фаолият қилиши бош айланиш ва ҳушидан кетиш ҳолларига сабаб бўлади. Ишчи биноларда винилхлорид буғларининг ҳаво таркибидаги рухсат этилган концентрацияси 0,00003 кг/м^3.

Винилиденхлорид физиологик таъсири нисбатан суст. Концентрацияси 0,0001 кг/м^3 да инсон нафас олиш йўлларининг шиллиқ пардаларга таъсир қилади; концентрацияси 0,0002 кг/м^3 да ҳиди сезилади; унинг буғлари билан нафас олинса заҳарланиш рўй беради.

Фтор таркибли мономерлар ҳам кўз, нафас олиш ва бурун-томоқ йўлларига заҳарли таъсири бўлиб, шиллиқ пардаларга таъсир қилади. Винилиденфторид – бу наркотик ва винилиденхлоридга қараганда заҳарлилиги нисбатан сустроқ. Саноат иншоотлари ва биноларидаги тетрафторэтиленнинг рухсат этилган чегаравий концентрацияси 0,00002 кг/м^3 ва трифторхлорэтиленники - 0,00001 кг/м^3.

Галоген ҳосилали тўйинмаган углеводород полимерлари асосан зарарсиз моддалардир. Лекин улар (масалан, поливинилхлорид) нинг ҳаво таркибидаги кукуни нафас олиш йўлларига салбий таъсир қилади. Узоқ муддат давомида поливинилхлорид инсонни турли хил асаб, ошқозон-ичак ва тери касалликларига дучор қилади. Ишчи биноларда поливинилхлорид кукунларининг ҳаво таркибидаги рухсат этилган концентрацияси 0,000006 кг/м^3 ни ташкил этади.

Поливинилхлориднинг атмосферадаги иссиқлик оксидловчи деструкцияси окибатида турли заҳарли: углерод монооксиди, хлорланган углеводородлар, хлорли водород, альдегидлар ва бошқа моддалар ажралиб чиқади.

Тетрафторэтиленни полимерлаш жараёнида катта миқдорда иссиқлик ажраб чиқади. Агарда ушбу иссиқлик атроф-муҳитга тезда ажратиб олинмаса, мономерни углерод ва тетрафторметанга парчаланиши мумкин ва натижада портлаши мумкин.

Фторопластлар иссиқлик оксидловчи деструкциясининг маҳсулотларида углерод монооксиди, фторфосген, фторли водород, перфторизобутилен мономерлари ва бошқа фторли органик бирикмалар енгил учувчан моддалари бўлиши мумкин. Буларнинг ичида энг заҳарлилари фторфосген, фторли водород ва перфторизобутилендир. Маълумки, таркибида юқорида қайд этилган моддалар бўлган ҳаво бинодаги ишчиларнинг заҳарланиши ва касалланишига олиб келади. Шунинг учун, корхона бинолари самарали ва кувватли ҳавони ҳайдаш-тортиш имкониятли вентиляцион тизимга эга бўлиши шарт. Ҳисобланган ва лойиҳаланган ишончли ва самарали вентиляцион тизими бинонинг исталган нуқтасида зарарли ва портловчи концентрацияли аралашмалар тўпланмаслигини таъминлаши шарт.

Электр юриткич ва жиҳозлар портламас русумли бўлиши ва албатта ерга уланиши лозим.

Атроф-муҳитни муҳофаза қилиш мақсадида барча вентиляцион тизимлардан чиқаётган газлар ва окова сувлар тегишли қурилмаларда тозаланиб чиқарилиши даркор.

Хлор ва фтор бирикмали полимерлар олишда, уларни текшириш ва қайта ишлашда техника хавфсизлиги ва корхона санитарияси ҳамда ёнгин хавфсизлиги коидаларига қатъий риоя қилиш шарт.

13.2. Иккиламчи энергетик ресурслар

Кимё, нефть ва газни қайта ишлаш ва бошқа саноат корхоналарида ҳар доим иккиламчи энергоресурс (ИЭР) лар ҳосил бўлади. Ёқилғи-энергетик ресурсларни тежашнинг асосий усулларидан бири ИЭРлардан фойдаланишни ташкил этишдир.

ИЭР бу кимёвий боғланган иссиқлик маҳсулот, чиқинди қўшимча ва оралиқ ярим маҳсулотлар, ортиқча босимнинг физик иссиқлиги ва потенциал энергияси бўлиб, агрегатнинг ўзида ишлатилмайди, лекин бошқа агрегатларни энергия билан таъминлаш учун тўлиқ ёки қисман қўлланиши мумкин.

ИЭР агрегат-манбаа деганда иссиқлик энергоресурс ҳосил қилувчи агрегатлар: саноат ўтхоналари, реакторлар, совуткичлар, буғ истеъмол қилувчи қурилмалар ва бошқалар тушунилади.

Бошқа агрегат, қурилма ва жараёнларнинг ёқилғи, иссиқлик, электр ва механик энергияга бўлган эҳтиёжини қондириш учун қўлланиладиган иссиқлик энергия манбалари ИЭР утилизациялаш деб номланади.

Ёқилғи ва энергияга бўлган эҳтиёжни қондириш учун ИЭР иккита йўналишида ишлатилиши мумкин:

– бевосита, энергия элткич кўринишини ўзгартирмаган ҳолда қўллаш;

– утилизация курилмасида иссиқлик, совуқлик, электр энергия ва механик иш ишлаб чиқариб қўллаш.

Энергия турига қараб ИЭРлар асосан 3 гуруҳга бўлинади:

1) Ёнувчи (ёқилғи) ИЭР – углеродли ёки углеводородли хом-ашёни кимёвий ва термокимёвий қайта ишлаш технологик жараёнлари чиқиндиларининг эритиш ўтхоналари (домна, шахтали ўтхона, вагранка, конвертор ва бошқалар) нинг қўшимча ёниш газларининг, ёғочни тайёрлаш ва қайта ишлаш технологияси чиқиндиларининг, буглатилган ёнувчан ишкорларнинг, целлюлоза-қоғоз саноати чиқиндиларининг кимёвий энергияси ва ҳоказоларни.

2) Иссиқлик ИЭР – ишлаб чиқаришнинг асосий қўшимча, оралиқ маҳсулот ва чиқиндиларидан чиқаётган газларнинг технологик агрегат ва курилмалар, уларни мажбурий совитиш системасиининг ишчи суюқликлари, технологик қурилма ва жиҳозларда ишлатиб бўлинган иссиқ сув ва буғларнинг физик иссиқлиги; кимё саноатидаги ИЭР экзотермик реакция иссиқлигига асосланган.

3) Ортикча босим ИЭР деб – кейинги технологик боскичда ишлатиш ёки атмосферага чикариб юборишдан аввал технологик курилма ёки агрегатдан юкори босимда чикаётган газ ва суюкликларнинг потенциал энергиясига айтилади.

ИЭР дан фойдаланишнинг асосий 4 та йўналиши мавжуд:

I. Ёкилғи – ёнувчи компонентларни бевосита ёкилги сифатда ишлатиш;
II. Иссиклик – утилизация курилма ва агрегатлари ҳамда абсорбцион совитиш агрегатларида ИЭРдан фойдаланиб ишлаб чикарилаётган иссиклик ва совуклик ёки бевосита ИЭР сифатида олинаётган иссиклик;
III. Куч-кувватли – ИЭР ёрдамида утилизация курилмаларида ишлаб чикариладиган механик ёки электр энергия;
IV. Комбинацияланган – ИЭР ёрдамида утилизация ИЭСларида ишлаб чикариладиган электр энергия ва иссиклигидан фойдаланиш.

ИЭРдан фойдаланганда ёкилғи тежалиши $B_т$ (тонна) куйидаги формулалар ёрдамида ҳисобланади:

I. ИЭРдан иссиклик йўналишида фойдаланганда:

а) иссиклик ишлаб чикарилганда ёки ИЭРдан бевосита фойдаланганда:

$$B_{теж} = b_э \cdot m_в \cdot \Delta h \cdot M \cdot \eta_у \cdot \sigma$$

бу ерда, $b=0,0341/\eta$ – иссиклик ишлаб чикариш учун шартли ёкилгининг солиштирма сарфи, η – козон курилмасининг ф.и.к.; $m_в$ – бирлик махсулот ишлаб чикаришда ҳосил бўладиган ИЭР, кг ёки м^3; Δh – температура $T_в$ даги энергия элткич энтальпияларнинг фарки, кЖ/кг, η – утилизация шартли ф.и.к., σ – утилизация курилмасида ишлаб чикарилган иссикликдан фойдаланиш коэффициенти.

б) совуклик ишлаб чикаришда

$$B_{теж} = \frac{b_э \cdot Q_у}{\xi}$$

бу ерда, Q – маълум даврда ИЭР ҳисобига олинган совуклик, ГЖ.

2. Ёнувчан ИЭР ёкилғи йўналишида фойдаланганда:

$$B_{теж} = b_э \cdot m_в \cdot Q_н^р \cdot M \cdot \eta_у \cdot \sigma$$

3. ИЭРлардан куч-кувватли йўналишда фойдаланилганда:

$$B_{теж} = b_э \cdot m_в \cdot l \cdot M \cdot \eta_{ов} \cdot \eta_м \cdot \eta_г = b_э \cdot W$$

бу ерда, $b_э$ – энергия системадаги электр энергияни ишлаб чикариш учун кетган солиштирма сарф, l – утилизация турбинасида адиабатик кенгайишининг техник иши, кЖ/кг, $\eta_{ов}$ ва $\eta_м$ – турбинанинг нисбий ички ва механик ф. И. К, $\eta_г$ – электр генератор ф.и.к.; W – ИЭР ҳисобидан утилизация курилмасида ишлаб чикарилган электр энергия ёки механик иш.

ИЭР дан фойдаланиш ҳисобига ёкилғини тежаш нитижаларига караб утилизация коэффициенти, яъни ИЭРдан фойдаланиш даражасини ифодалайди.

ИЭРидан фойдаланиш истикболларини баҳолашда уларнинг сифатини инобатга олиш, яъни термодинамик таҳлилнинг эксергетик усулларини қўллаш даркор. Агар ушбу таҳлил қилинмаса, жуда катта хатоликка олиб келади.

Саноат микёсида ёнувчан газсимон ва суюклик ИЭРлари алоҳида ёки органик ёкилғи билан аралаштирилиб ёндириш мосламаларида ёкилади. Натижада, ёниш жараёнида олинган юкори температурали газсимон элткич козон-утилизаторда буг, технологик курилмаларни иситиш ва совитиш агрегатларида совуклик ишлаб чикариш учун хизмат қилади. Иссиклик ИЭРлари ҳам юкорида кайд этилган шароитларда

қўлланилади. Ортикча босимли ИЭРлари компрессор, насос, электр машина ёки детандерлар узатмалари учун мўлжалланган кенгайтириш машиналарида ишлатилади.

Утилизация қурилмаси. Маълумки, ИЭРлар бошка энергия турига утилизация қурилмалари ёрдамида айлантириладн. Иссиклик ва ортикча босим ИЭРлари козон ва ортикча босим ИЭР козон-утилизатор, коксни-курук сўндириш қурилмаси, компрессорсиз турбиналари абсорбцион машиналарда бошка энергия турига ўтказилади.

Исталган технологик жараённи мукаммаллаштиришнинг асосий вазифаларидан бири – бу ИЭРлар захирасини тўлик аниклаш ва ишлаб чикаришда уларни қўллашни экологик-иктисодий асослаш.

ИЭРларни қўллаш 3 та омилга боғлик: вакт бирлигида ҳосил бўлаётган иккиламчи энергия микдорига; уни узлуксиз олиш даражасига; температурасига.

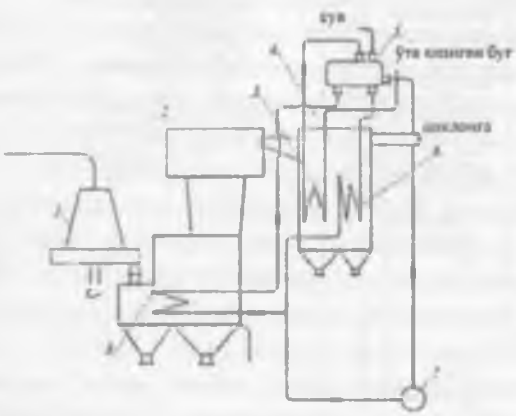
Турли саноат корхоналарида козон-утилизаторлар энг кўп қўлланади. Саноат ўтхоналари юкори потенциалли тутун ва кимё технологияларда ҳосил бўладиган газлар ёрдамида сув буғи, экономайзерларда эса – иссик сув олинади. Тутун газларидан рекуператив ва регенератив иситкичларда ҳавони иситиш мумкин. Ундан ташкари, ИЭРларни абсорбцион ва буғ-эжекторли совитиш машиналари, куритиш ва бошка қурилмаларда утилизация килиш мумкин.

Қозон- утилизаторлар иккиламчи иссиклик ёрдамида энергетик ёки технологик буғ ҳамда иссиқ сув олиш ҳисобига юкори тежамкорликни таъминлайди.

Масалан, таркибида олтингугурт бор бўлган хом-ашёни куйдириш ва олтингугурт диоксидини сульфат кислотага кайта ишлаш даврида жуда катта микдорда (маъдандан 1 т H_2SO_4 олишда 7,1 млн. кЖ, олтингугуртдан олишда - 5,77 млн. кЖ ва водород сульфиддан олишда эса 8,03 млн. кЖ) иссиклик ажралиб чикади.

Ўтхонадан чикаётган газнинг температураси 1073...1273 К.

Сульфат кислота ишлаб чикариш технологиясида ишлатиладиган мажбурий циркуляцияли утилизация козони 13.1-расмда тасвирланган.



13.1-расм. Қозон-утилизатор схемаси
1- бункер, 2-мавҳум кайнаш катламли ўтхона, 3 - буғ иситкич; 4 - козон-утилизатор, 5 - барабан-сепаратор, 6,8 – совитиш элементлари; 7- насос.

Барабан – сепаратор 5 га совитиш элементлар 6,8 да совутилган буғ-сувли эмульсия келиб тушади. Сепаратор 5 дан чикаётган буғ уни иситувчи қурилма 3 га ҳайдайди ва 4 да температураси 703...723К га кўтарилганда истеъмолчига узатилади. Сепаратор 5 да ажратиб олинган иссик сув насос 7 оркали совитиш элементлари 6,8 га узатади. Қурилма 5 га узатилаётган сув даставвал тозаланади, иситилади ва деаэрация килинади.

Бундай козон – утилизаторларда 1 т маъданни мавҳум кайнаш катламли ўтхонада ёниш реакцияси иссиклигидан фойдаланиш ҳисобига 1,5 т гача буғ олиш мумкин. Аммиакни синтез килиш технологиясида 1 т NH_3 олишда реакция иссиклиги ҳисобига 0,8-0,9 т буғ ажралиб чикади.

Саноат корхоналарининг суюк чикинди ва окова сувларининг иссиклигини утилизация килиш ёкилғи-энергетик ресурсларни тежаш имконини беради.

13.3. Совуқлик олиш учун паст температурали ИЭРларидан фойдаланиш

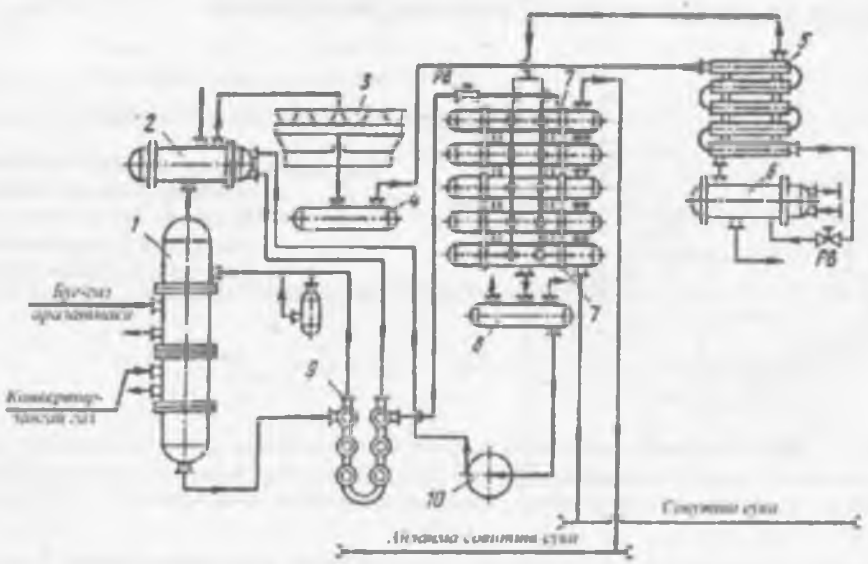
Паст температурали ИЭР фойдаланишнинг самарали усулларидан бири – бу термотрансформаторларни қўллашдир. Ушбу усулни вакуум остида ўз-ўзидан буғланиш натижасида хосил бўлган ифлосланган иссиқ суюқликлар иссиқлигидан фойдаланишда қўллаш мумкин. Айникса, бу усулни кальцинацияланган сода олиш технологиясиди қўллаш перспектив, чунки шу кунчага дистилланган иссиқ сув иссиқлиги самарали утилизация килинмаган.

Турли саноатларнинг технологик жараёнларида совукликдан кенг кўламда фойдаланилади. Шу сабабли, паст температурали ИЭРлардан фойдаланишнинг яна бир йўналиши – абсорбцион совитиш машина (АСМ)ларида совуклик олишдир.

Ҳозирги кунда АСМнинг совутувчи сув-аммиакли эритмасида (АССМ) ва бромли литийнинг сувли эритмасида (АБСМ) ишлайдиган АСМлар кенг таркалган.

Бу машиналарда совукликни олиш учун конвертирланган газ ва буғ-газ аралашмасининг иссиклигидан фойдаланилади. 13.2-расмда совуклик бўйича куввати 3 МВт бўлган аммиакни суюлтирувга абсорбцион машина тасвирланган.

Буғ-генератори-ректификатор 1 ички бўш курилма бўлиб, ректификацион колонна, иккита трубали иситкичлар ва куб идишидан таркиб топган. Қувватли аммиакнинг сувли эритмаси иситкич 9 дан 1 нинг трубасида юпка қатламда пастга окиб тушади. Трубалар ички девори бўйлаб окиш даврида трубалараро бўшликда ҳаракатланаётган конвертирланган газ иссиклиги ҳисобига буғланиш жараёни содир бўлади. Иссиклик таъсирида аммиак-сув аралашмаси буғланиб, тепага, яъни курилманинг ректификацион колоннаси 1 га, сўнг дефлегматор 2 га кўтарилади.



13.2-расм. Абсорбцион совитиш машинаси:
1- буғ-генератори-ректификатор; 2- дефлегматор; 3- конденсатор; 4,8- ресивер; 5 - газли совуткич; 6 - буғланиш курилмаси; 7 - абсорбер; 9 - иситкич; 10 - насос.

Бу ерда буғ аралашмаси сув буғидан ажратилади ва ундан сўнг конденсатор 3 га юборилади.

Ушбу курилмада аммиак буғлари конденсацияланади ва унинг иссиклиги атроф мухитга ажратиб олинади. Ҳосил бўлган суюк аммиак конденсатор 4 нинг ресиверига тўкилади ва ундан газли совуткич 5 ва ростловчи вентил оркали буғланиш курилмаси 6 нинг трубалалараро бўшлигига узатилади. Бу ерда трубалар ичида ҳаракатланаётган аммиакнинг конденсацияланиш иссиклиги ҳисобига у буғланади ва газли совуткич 5 нинг

трубалараро бўшлиғига узатилади. Ушбу курилмада аммиак буғланади, суюк аммиакни совутади ва ундан сўнг абсорбер 7 га ҳайдалади. Иссиклик алмашиниш курилмаси 9 да даставвал совутилган буғ-генератор-ректификатордан ўтиб кетаётган кучсиз аммиакнинг сувли эритмаси ёрдамида абсорбцияланади.

Абсорбция жараёнида ажралиб чикаётган реакция иссиклиги айланма сув ёрдамида ажратиб олинади. Абсорберда ҳосил бўлган аммиакнинг кучли сувли эритмаси ресиверга ўтади, ундан насос 10 оркали дефлегматор 2 га ҳайдалади ва у ерда дефлегмация иссиклиги ҳисобига исийди. Сўнг кучли эритма иситкич 9 га узатилади, кучсиз эритма иссиклиги ҳисобига иситилади ва ундан кейин буғ-генератор-ректификатор 1 га юборилади.

13.4. Қаттик чикиндиларни кайта ишлаш

Қаттик чикиндилар каторига реакцияга киришмаган хом-ашё колдиклари, иккиламчи маҳсулотлар, катронлар, ҳайдаш жараёнининг куб колдиклари, турли чўкма ва шлам, кайта тикланмайдиган адсорбент ва фильтр, кимёвий моддани шимиб олган материаллар ва бошкалар киради.

Ушбу чикиндиларни кайта ишлаш усулини танлашда уларнинг миқдори ва таркиби асосий ва муҳим аҳамияга эга. Масалан, АҚШда ҳар йили 4...4,5 млрд. тонна қаттик чикиндилар ҳосил бўлади. Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, бу чикиндиларнинг асосий кисми хом-ашёни казиб олиш ва кайта ишлашга тўғри келади.

Қаттик чикиндиларни кайта ишлаш асосан: фойдали моддаларни ажратиб олиш; зарарсизлантириш; бартараф килиш каби 3 та йўналишлар бўйича олиб борилади.

Фойдали моддаларни ажратиб олишнинг энг кенг таркалган усуллари – экстракция ва кристаллизациядир.

Экстракция – бу селектив эритувчи (экстрагент) ёрдамида каттик жисмлардан бир ёки бир неча компонентни ажратиб олиш жараёни. Ушбу жараён каттик чикиндилардан камёб металл бирикмаларни, ишлатиб бўлинган катализаторлардан кимматбаҳо компонентларни ва органик бирикмаларни ажратиш экстракторларда амалга оширилади [1,2,3,14,145].

Кристалланиш – бу икки ва ундан ортик компонентли чикиндиларни ажратиш учун ишлатиладиган жараёндир. Бундай ҳолларда чикиндилар эритувчида киздириб эритилади. Олинган эритмани совитиш жараёнида нисбатан суст эрувчан компонент кристаллари чўкмага тушади ва сўнг аралашма фильтрланади. Кўпчилик ҳолларда кристалл ҳолатидаги маҳсулот утилизация килинади, фильтрат эса кайта ишланади.

Қаттик чикиндиларни кайта ишлашнинг кенг таркалган усулларидан бири термик ишлов бериш, чунки бунда чикиндиларнинг ёкилғи потенциалидан фойдаланиш мумкин. Агарда каттик чикиндилар комплекс кайта ишланса, саноатнинг турли соҳаларида кўллаш мумкин бўлган моддаларни олиш мумкин. Ушбу усулнинг энг катта камчилиги шундаки, жараён натижасида заҳарли газлар ҳосил бўлди. Бу эса, чикинди газларни тозалаш муаммосини туғдиради. Пластик массаларни ишлаб чикаришнинг ўсиши, уларни кўллаш соҳаларининг кенгайиши натижасида чикиндилар ортишига олиб келади. Полимер материаллар чикиндиларини кайтадан ишлаш бирламчи хом-ашёга бўлган эҳтиёжнинг камайишига ва тежалишига сабабчи бўлади. Полимер чикиндиларни утилизация муаммосини ҳал килиш атроф-мухитнинг тоза бўлишини ҳам таъминлайди, чунки нормал шароитда полимер парчаланмайди.

Ҳозирги кунда пластмасса чикиндиларини кайта ишлаш 2 та йўналишда олиб борилади: бартараф килиш ва улардан фойдаланиш.

Полимер чиқиндиларини бартараф қилиш атроф-муҳит ва хом-ашё базасини кенгайтириш муаммосини ҳал этмайди. Бу усулдан фақат чиқиндиларни бошқа мақсадлар учун ишлатиб бўлмаганда фойдаланиш мумкин.

Қаттиқ полимер чиқиндиларини бартараф қилишнинг энг кенг таркалган усуллари: бевосита ёқиш; фото- ва биодеструкция; кўмиш.

Полимер чиқиндиларни ёқиш бартараф қилишнинг асосий усули бўлгани билан унинг бир неча камчиликлари бор. Кўпчилик пластмассаларнинг ёниш тезлиги бошқа каттиқ чиқиндиларникига қараганда катталиги учун 4...5 баробар ҳаво кўп талаб этади. Полимерларнинг иссиқлик ҳосил қилиш қобилияти катта бўлгани учун юқори температура беради ва ўтхона ишлашини қийинлаштиради. Ўтхонанинг ёниш маҳсулот (углерод, фосфорли, калцийли каттиқ бирикма)лари билан тиқилиб қолиши қурилмаларни тез-тез тозалашни талаб қилади. Ёниш жараёнида ҳар доим заҳарли моддалар ҳосил бўлади ва у ўз навбатида маълум муаммоларни туғдиради. Айниқса, ушбу катордаги полимерларга галогенид бирикмали поливинилхлорид, оловбардош пластмассалар каби полимерлар жуда кўп заҳарли моддалар чикаради.

Қаттиқ чиқиндиларни ёқиш учун турли: ротацион, ҳаво окимида ёнадиган айланма, пастки алангали ҳамда мавҳум қайнаш қатламли ўтхоналар яратилган.

Полимер чиқиндиларни ёқиш иқтисодий жиҳатдан самарасиздир. Шу сабабли, қайта ишлаш таннархини камайтириш мақсадида ёниш маҳсулотларини регенерация қилиш ва жараён давомида ажралиб чиққан иссиқликдан фойдаланиш имконини берадиган ёқиш усуллари яратилмоқда.

Охирги пайтда полимер чиқиндиларини фотодеструкция (ўз-ўзидан парчаланиш) усулида утилизация қилиш кенг кўламда қўлланилмоқда. Масалан, қишлоқ хўжалигида ўз-ўзидан парчаланадиган полиэтилен плёнкасининг қўлланиши ёркин мисол бўла олади.

Полимер чиқиндиларни кўмиш усулининг келажаги йўқ, чунки катта ер майдонлари қишлоқ хўжалигидан чикади ва атроф-муҳит ифлосланиши билан боғлик. Полимер чиқиндиларни утилизация қилишнинг энг кенг таркалган усули – пластмассаларни регенерация қилишдир. Бунда полимер чиқиндилари майдаланади ва бирламчи хом-ашёнинг 5-10% миқдорида унга қўшилади. Термореактив пластмасса чиқиндиларини регенерация қилишда у кукунсимон ҳолатгача майдаланади ва инерт тўлдирувчи сифатида қўлланилади. Бу усул жуда самарали, чунки инерт тўлдирувчилар бирламчи хом-ашёга нисбатан 2 баробар арзон. Маълумки, ушбу тўлдирувчи 20% гача қўшилганда ҳам, босим остида қуйиш технологиясини ўзгартирмаса ҳам бўлади.

Қаттиқ пенополиуретан ва пенополиизоцианурит чиқиндиларидан кўп атомли спиртлар олиш усули яратилган. Бунинг учун майдаланган чиқиндилар эритувчи билан тўлдирилган реакторда киздирилади. Эритувчи 90...95% алифатик гликол ва 5...10% диалканоламинлардан таркиб топган. Қовушқоклиги юқори бўлган суюқлик азот муҳитида 20 соат давомида гомоген аралашма ҳосил бўлгунга қадар гидролиз қилинади. Регенерация қилинган маҳсулот тозаланмасдан пенополиуретан ишлаб чикаришга узатилади.

Пластмасса чиқиндиларни утилизация қилишнинг перспектив усулларидан бири термик парчалаш, яъни пиролиздир. Пиролиз жараёни кислородсиз ёки кам кислородли муҳитда 973...1273К температурада ўтказилади. Кислороднинг камлиги ёки умуман бўлмаслиги жараён давомида ўт чиқиш олдини олади. Мавҳум қайнаш катламида полиэтиленни 1013К да пиролиз қилиш натижасида 25% гача этилен, 16% метан, 12% бензол ва 10% пропилен олиш мумкин.

Полимер чиқиндиларидан қурилиш саноатида фойдаланиш ҳам ижобий натижалар берди. Масалан, кўпиртирилган полистрол чиқиндиларидан иссиклик копламалари сифатида фойдаланишни мисол қилиш мумкин. Ундан ташқари, полистирол чиқиндиларини енгил полимер-бетонларга тўлдирувчи сифатида қўшилиши полимербетоннинг оловбардошлиги, агрессив муҳитга каршилиги ва иссиклик коплама хоссаларини оширади.

13-боб. Газларни қайта ишлаш технологиясида техника хавфсизлиги ва атроф мухитни ҳимоялаш бўйича

Мустақил тайёрланиш ва кайтариш учун саволлар

1. Турли моддаларнинг ҳаво билан аралашмаларининг портлаш концентрациялари.
2. Кукунсимон полиолефинларнинг билан ишлаганда техника ҳавфсизлиги.
3. Триэтилалюминий билан ишлаганда ҳавфсизлик чоралари.
4. Стирол ва полистирол ишлаб чикаришда техника ҳавфсизлиги.
5. Винилхлорид, тетрафторэтилен ва бошка мономерларни ишлаб чикаришда техника ҳавфсизлиги.
6. Фторопластлар ишлаб чикаришда техника ҳавфсизлиги.
7. Иккиламчи энергетик ресурсларнинг энергия турига караб бўлиниши.
8. Иккиламчи энергетик ресурслардан фойдаланиш йўналишлари.
9. Совуклик олиш учун паст температурали ИЭР қўллаш.
10. Абсорбцион совитиш машинаси.
11. Қаттик чикиндиларни кайта ишлаш усуллари.

14-боб. ТАБИИЙ ГАЗНИ ҚАЙТА ИШЛАШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИНГ ПЕРСПЕКТИВ ЙЎНАЛИШЛАРИ

14.1. «Газни суюкликка» технологияси

Ўтган аср давомида ва шу кунгача бўлган давр оралиғида мотор ёкилғиси ва органик синтез маҳсулотларини олиш учун нефть асосий манба бўлиб келмокда. Лекин охирги пайтда, ушбу ҳолат ўзгармокда. Аникланган нефть захираларининг ўсиш суръати унинг истеъмол килишга караганда оркада колмокда. Нефть хом-ашёсининг 1 баррелининг нархи 20...25 АҚШ долларидан (1999 й.) 120 долларгача (2008 й.) кўтарилди. «Нефть асри» нинг тугалланиши абстракт эмас, балки шу асрнинг ўрталарида якунланиши муқаррар бўлиб колди ва бунга бутун инсоният тайёрланиши зарур (14.1-жадвал).

Углеводород хом-ашёларининг захиралари [147]

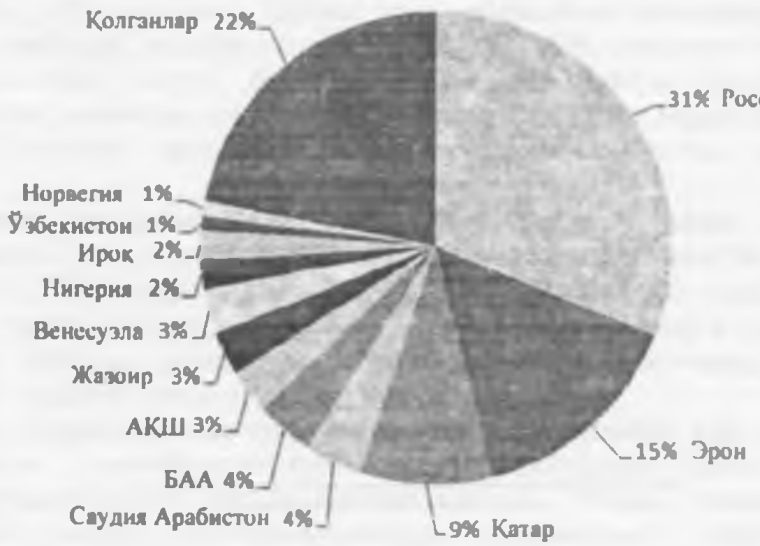
14.1-жадвал

т/р	Манба	Нефть эквивалентидаги ҳажм, млрд. баррель	Тамом бўлиш вакти, йиллар
1.	Битумли кумлар	1500	40
2.	Нефть	2000	50
3.	Ёнувчан сланецлар	2500	65
4.	Табиий газ	3000	75
5.	Кўмир	53000	1300

Шу сабабли, хом-ашё манбаини диверсификация килиш шу куннинг долзарб муаммоларидан биридир. 14.1-жадвалдан кўриниб турибдики, нефть захираларининг камайиши ва йўколиб бориши бошка фойдали казилмалар билан компенсация килиниши мумкин. Кўмирнинг захираси 1000 йилдан ортик даврга етарли бўлгани учун узок келажакда дунё энергетикасида асосий ўринни эгаллаши мумкин.

Якин келажакда эса иктисодий жихатдан фойдали ва атроф-мухитни мухофазаси нуктаи назаридан ўринли деб табиий газни кайта ишлаб кўллаш ҳар томонлама самаралидир [147]. Олим ва мутахассисларнинг фикрича, дунё энергетикасида нефтнинг улуши 36...38% гача камаяди, газнинг улуши 24...26% гача, кўмирники эса 25...27% гача ортади ҳамда гидро- ва атом энергетикасига 5...6% тўгри келади [148].

Табиий газнинг аникланган захиралари Россия ва Якин Шарк давлатлари (14.1-расм)



14.1-расм. Табиий газнинг аникланган захиралари [149].

да бўлса, асосий истеъмолчилар Америка ва Европа (14.2-расм) да жойлашган.



14.2-расм. Табиий газ импортерлари [149].

Европа мамлакатлари орасида газ труба кувурлари оркали узатилади ва бу мураккаб техник масаладир. Бир қитъадан иккинчисига табиий газ суюлтирилган агрегат ҳолатида газ ташувчи танкерларда етказилади [149].

Иккала вариант ҳам киммат. Лекин учинчи вариант ҳам мавжуд, яъни табиий газдан суюқ маҳсулотлар олиш корхоналарини бевосита газ конлари ҳудудида қуришдир. Суюлтирилган газни сақлаш ва транспортировка килиш ҳозирги кундаги мавжуд инфраструктура ёрдамида амалга оширилиши мумкин.

Табиий газни юкори углеводород, ёкилғи ва кимёвий маҳсулотларга айлантирувчи кимёвий корхоналар мажмуаси «**gas to liquids**» (***GTL***) деб номланади. ***GTL*** – технология табиий газни кайта ишлаш натижасида этилен ва α-олефинлардан бошлаб каттик парафинларгача бўлган кенг кўламдаги маҳсулотларни олиш имконини беради. Олинадиган маҳсулотлар орасида синтетик дизель ёкилғиси муҳим ўрин тутади, чунки эксплуатацион ва экологик параметрлар бўйича нефтдан олинган дизель ёқилғидан юкори туради ва афзалрок. Шу сабабли, дунёнинг энг йирик нефть казиб олувчи ва кайта ишловчи компаниялари – Exxon Mobil, Shell, Conoco Phyllips, Chevron, Marathon, Statoil, Syntroleum ва бошкалар ўзларининг GTL – технологияларига эга [147].

Табиий газнинг асосий компоненти – бу метан. Маълумки, метан турли реагентлар таъсирига бардошли ва термодинамик жиҳатдан жуда мўътадил газдир. CH_4 молекуласида ***C-H*** нинг боғланиш энергияси 439 кЖ/кмоль. Метан асосида тўғридан-тўғри синтез анча кийин, чунки метанга караганда бошка компонентлар аввалрок оксидланишга дучор бўлади.

Сув буғи ва VШ гуруҳ металлари иштирокида юкори температурали муҳитда метан фаоллашади, углерод оксиди ва водород аралашмасидан иборат синтез-газ ҳосил қилади [150]. Ушбу газ метанни кислородсиз муҳитда каталитик бўлмаган парциал оксидлаш усулида ҳам олиш мумкин. Жараён натижасида олинган углерод оксиди ***CO*** нинг реакцияга киришиш кобилияти юкорирок ва тегишли катализаторлар иштирокида турли-туман бирикмаларга айлантирилиши мумкин.

Термокимё нуктаи назаридан оксидланиш-кайтарилиш айланишининг занжири:

$$CH_4 \rightarrow [CO + H_2] \rightarrow C_nH_{2n+2}$$

албатта мукаррар йўқотилишларни ўз ичига олади.

Метаннинг бир моль углеродга тўғри келадиган ёниш иссиклиги 213 ккал/моль, юкори алканларники ~163 ккал/моль [152]. Демак, метаннинг парафинга айланишининг назарий энергетик самарадорлиги 163/213=77%. ***GTL*** – технологияси асосида ишлайдиган корхоналардаги йўқотилишлар туфайли ҳакикий самарадорлиги назариядан анча паст бўлади, яъни ~63% [153,154]. Ушбу фарк, газ агрегат ҳолатга караганда суюк углеводородларни саклаш ва транспортировка килишнинг кулайлиги учун тўловдир.

Шундай килиб, табиий газни юкори углеводородларга кайта ишлаш 3 боскичда амалга оширилади:

1) метандан синтез-газ олиш;
2) синтез-газни юкори углеводородларга конверсия килиш;
3) ажратиш ва махсулотларни якуний кайта ишлаш

Шуни алохида таъкидлаш лозимки, ҳар бир боскич алохида технология, яъни алохида ишлаб чикариш корхонасидир.

14.2. Синтез-газ олиш

Синтез-газ тоза H_2 ва CO манбаи бўлиб, аммиак, метанол, диметил эфир, уксус кислоталарни ишлаб чикаришда ва бир катор кўп тоннажли жараёнларда қўлланилади [147,154].

Ҳамма замонавий технологияларда метаннинг синтез-газга айланиши метанни буғли конверсияси (БК) ва парциал оксидланиш (ПО) реакцияларига асосланган (14.1-жадвал). Мўътадил катализаторлар бўлмагани учун карбонат ангидридли конверсия (УК) саноат микёсида татбик килинмаяпти.

Табиий газдан синтез-газ олиш реакция энтальпияси

14.2-жадвал

т/р	Асосий реакция	Жараён	ΔH^0_{298} кЖ/моль	Формула рақами
1.	Буғ конверсияси (БК)	$CH_4 + H_2O \leftrightarrow CO + 3H_2$	206	(14.1)
2.	Карбонат ангидридли конверсия (УК)	$CH_4 + CO_2 \rightarrow 2CO + 2H_2$	247	(14.2)
3.	Парциал оксидланиш (ПО)	$CH_4 + 0{,}5O_2 \rightarrow CO + 2H_2$	-36	(14.3)

(14.1) ва (14.2) реакциялар 700...900°С температураларда никелли катализаторлар иштирокида кечади ва ташкарндан кўп миқдорда иссиклик узатишни талаб килади. Бунда сув буғининг реакциясида албатта маълум миқдордаги CO йўқотилади:

$$CO + H_2O \leftrightarrow CO_2 + H_2 \qquad \Delta H^0_{298} = -41\ кЖ/моль \qquad (14.4)$$

(14.3) бўйича борадиган метаннинг парциал оксидланиши аксинча, экзотермик реакциядир. Юкори температураларда ушбу реакция катализаторсиз ҳам кечади ва $CO:H_2$=(1,7...1,8):1 нисбатда синтез-газ олиш мумкин. Углероднинг бир қисми коракуя кўринишида йўқотилади. Саноат миқёсида синтез-газни олиш учун (14.1) ва (14.4) реакциялар асосидаги жараёнлардан фойдаланилади.

Парциал оксидланишда тоза кислородни қўллаш паст температурали ҳавони ажратиш станциясини талаб килади. Кислородни олиш учун кетадиган капитал сарфлар синтез-газ ишлаб чикариш корхонасининг нархининг тахминан 40% ни ташкил этади [150].

Синтез-газдаги $CO:H_2$ уни олиш усулига боғлик бўлиб, БК усули учун 1:3 ва УК усули учун 1:3 га тенг. Турли жараёнлар учун синтез-газнинг маълум бир таркиби хосдир:

аммиакни олиш технологиясида водород максимал чикиши максадга мувофик. Бунда, оксосинтездаги нисбат $CO:H_2$ =1:1, метанол синтезида эса - $CO:H_2$ =1:2 бўлиши зарур. Углеводородлар синтези реакциясида ушбу нисбат $CO:H_2$ =1:1,5 ёки ундан ортик бўлиши керак. Синтез-газ таркибини газни ажратиш, сув буғи реакциясини ўтказиш ёки бошка манбалардан олинган водородни қўшиш оркали ростлаш мумкин.

Метанни буғли конверсия усули ёрдамида синтез-газ олиш технологияси илк бор 1930 йилда АҚШ Standart Oil of New Jersey компанияси томонидан яратилган. Шу кунгача дунёдаги 95% синтез-газ юкорида кайд этилган компания технологияси бўйича олинади [147].

Синтез-газ олиш технологиясида метанни буғли конверсиясида жуда кўп миқдорда иссиклик узатиш ва уни утилизация килиш ёки парциал оксидлаш ўтхонаси иссиклигини ажратиб олиш каби катта техник муаммолари мавжуд.

(14.1) формуладаги реакцияни ўтказиш учун зарур энергия (14.3) формулада келтирилган реакция ва метаннинг бир қисмини тўлик ёкиш оркали таъминланади. Бунда парциал оксидланиш усулига нисбатан кислороднинг сарфи ва коракуя хосил бўлиши камаяди.

Синтез-газ олиш технологияси анча катта капитал сарфларни талаб килади ва турли мутахассислар фикрига биноан ***GTL*** – технологияси умумий сарфларининг 40…70% ни ташкил этади (14.3-жадвал) [156]. Лекин шуни кайд этиш керакки, синтез-газ олиш боскичида тоза кислороддан фойдаланиш жуда катта хавф туғдиради.

Қуйида йилига 2,5 млн.т суюк ёкилғини ***GTL*** – технологиясида олувчи корхонанинг капитал сарфларининг таксимланиши 14.3-жадвалда келтирилган.

14.3-жадвал

т/р	Асосий технологик жараёнлар	Сарфлар улуши, %
1.	Синтез-газ ишлаб чикариш	36...48
2.	Углеводородлар синтези	19...20
3.	Гидрокрекинг	9...10
4.	Бошка курилмалар	23...35

14.3. Фишер-Тропш синтези

Синтез-газни темир ва кобальтли катализаторларда юкори углеводородларга айлантириш Германиянинг кўмир ёкилғиси институтининг "Ёнилгилар технологияси" лабораториясида Франс Фишер ва Ганс Тропшлар томонидан ихтиро килингани «Фишер-Тропш» синтези номи билан юритилади [151]. Реакция 180…360°С ва 4,5 МПа босим остида кечади. Натижада чизикли тузилишга эга ва фракцион таркиби C_1 дан C_{100} гача бўлган α-олефин ва парафинлар олинади.

$$nCO+(2n+1)H_2 \rightarrow C_nH_{2n+2}+nH_2O \qquad (14.5)$$

$$nCO+(2n+1)H_2 \rightarrow C_nH_{2n+2}+nH_2O \qquad (14.6)$$

Ушбу реакциялар иссиклик эффекти реакцияга кириш 1 моль CO га 165 кЖ ни ташкил этади.

Худди шундай таркибида кислород ушлаган спиртлар, альдегидлар, кетонлар, карбонли кислоталар ва юкори температураларда бензол ва унинг гомологлари хосил бўлиши мумкин.

Одатда, CO нинг иккиламчи айланишлари у ёки бу даражада кечади.

$$CO+3H_2 \rightarrow CH_4+H_2O \qquad \Delta H_{500}=-214{,}8\ кЖ/моль \qquad (14.7)$$

$$2CO \rightarrow CO_2 + C \qquad \Delta H_{500} = -67\ кЖ/моль \qquad (14.8)$$

Фишер-Тропш синтези CO ни гидрополимеризация реакцияси ва унда бир неча хил углеводородли фракциялар ҳосил бўлади деб ҳисобланади. Катализатор юзасида икки турдаги реакция: мавжуд интермедиатга мономернинг бирикиши туфайли занжир ўсиши ва занжирнинг узилиши туфайли махсулот ҳосил бўлиши билан боради.

Занжирнинг ўсиш ва узилиш тезликларининг константалари k_1 ва k_2 лар интермедиат занжирининг узунлигига боғлик эмас (Флори гипотезаси). Ушбу модель ичида моддаларнинг молекуляр-массавий таксимланиши занжирнинг узилиши ва ўсиш тезликлари константаларининг нисбатлари, яъни занжир ўсишининг эҳтимоллик катталиги билан белгиланади:

$$\alpha = \frac{k_1}{k_1 + k_2} \qquad (14.8)$$

Углерод сони n бўлган махсулотнинг массавий улуши Флори формуласи билан аникланади:

$$p_n = n\alpha^{n-1}(1-\alpha)^2 \qquad (14.9)$$

ёки Шульцнинг тахминий формуласи оркали топиш мумкин:

$$p_n = n\alpha^{n-1}\ln^2\alpha \qquad (14.10)$$

Кўпчилик ҳолларда C_{2+} махсулотларининг фракцион таркиби юкорида келтирилган формулалар билан мос равишда ифодаланади. Шуни алоҳида таъкидлаш лозимки, (14.7) формулада келтирилган реакция бўйича метан миқдори кўп ҳосил бўлади.

(14.9) ва (14.10) формулалардаги α нинг амалиётдаги максимал киймати кобальт катализаторлар учун 0,94, темир катализаторлар учун эса – 0,95.

Фишер-Тропш синтезида металларнинг солиштирма каталитик фаоллигнннг пасайиш катори куйидагича:

$$Ru \succ Fe \succ Ni \succ Co \succ Rh \succ Pd \succ Pt$$

Юкори молекуляр парафинларга нисбатан юкори фаоллиги ва селективлиги билан ажралиб турувчи рутений камёб ва кимматлиги уни кенг кўламда кўлланмаслигининг асосий сабабидир. Никелли катализаторлар эса, асосан метанлаш реакциясини тезлаштиради.

Темир ва кобальт катализаторларнинг солиштирма таҳлили 14.4-жадвалда келтирилган.

Фишер-Тропш синтезининг темир ва кобальт катализаторларини таккослаш

14.4-жадвал

т/р	Темир	Кобальт
1.	Арзон	Fe караганда ~200 баробар киммат
2.	Юкори температурада хам CH_4 чикиши кам	Температура ортиши билан CH_4 чикиши кескин равишда кўпаяди
3.	Гидрирлаш фаоллиги паст, чунки махсулотда олефинлар миқдори кўп	Гидрирлаш фаоллиги юкори, фақат алканлар ҳосил бўлади
4.	Оксигенатлар кўп ҳосил бўлади	Кислородли бирикмалар умуман ҳосил бўлмайди
5.	$H_2:CO$ нинг паст нисбатларида ҳам ишлаш кобилияти бор	$H_2:CO$ нинг стехиометрик нисбатига якин бўлиши талаб этилади
6.	Бугли газ реакцияси бўйича CO нинг бир	Бугли газ реакциясини тезлаштирмайди

	қисми CO_2 айланади	
7.	H_2O ва CO_2 тез оксидланади	Оксидланишга нисбатан тургун
8.	H_2O углеводородлар синтезини секинлаштиради	H_2O жараён кинетикасига таъсир этмайди
9.	Ишлаш муддати киска	Ишлаш муддати синтез-газ таркибидаги каталитик захарлар билан белгиланади

Темир катализаторларга караганда кобальтли катализаторларнинг гидрирлаш фаоллиги ва сувли газ реакцияда инертлиги юкори. Кобальтли катализаторлар паст температураларда хам ишлатилиши мумкин.

Шуни таъкидлаш лозимки, углеводородли занжирнинг ўсиши кобальтли катализаторларда босимга боғлик.

14.4. «Газни суюкликка» технологияси махсулотлари

Фишер-Тропш синтези махсулотлари асосан чизикли тузилишга эга, углеводородларнинг кенг кўламдаги турли фракцияларидан иборатдир. Тўйинмаган углеводородларни асосан α-олефинлар ташкил этади, ароматиклар миқдори – минималдир. Аммо фракциялар таркибини жуда кенг ораликда ўзгартириш имконияти мавжуд. Бунда асосий ростловчи параметр – бу синтез температурасидир. Паст температурали жараёнда катализат таркибидаги каттик парафин миқдори 50% ва ундан кўп бўлса, юкори температурали жараёнларда асосан бензин фракцияли углеводородлар кўпрок бўлади, чунончи унда олефинлар 70% тенг (14.5-жадвал).

Fe катализаторда Фишер-Тропш синтези махсулотларининг таркиби

14.5-жадвал

т/р	Компонент	235°C	340°C
1.	CH_4	3	8
2.	C_2H_4	0,5	4
3.	C_2H_6	1	3
4.	C_3H_6	1,5	11
5.	C_3H_8	1,5	2
6.	C_4H_8	2	9
7.	C_4H_{10}	2	1
8.	Суюк углеводородлар фракция таркиби:		
	<160°C	9	20
	160...350°C	17.5	16
	>350°C	51	5
9.	Оксигенатлар	4	5
10.	C_6 фракция таркиби		
	н-гексан	-	8
	гексен-1	-	58
	метилпентенлар	-	24
11.	C_{10} фракция таркиби		
	н-декан	-	8
	децен-1	-	38
	метилноненлар-1	-	20
12.	C_9-C_{10} фракция таркиби		
	алканлар	29	13
	алкенлар	64	70
	ароматиклар	0	5
	оксигенатлар	7	12

Паст температурали жараёнда дизель фракциясини ишлаб чикариш анча самарали, чунки кўшимча ўзгартиришсиз ушбу усул бир катор афзалликларга эга. C_{11}...C_{20} синтетик парафинлар чизикли тузилишли ва цетан сони 75 га тенг бўлиб, замонавий дизель ёкилғилар (40...50) га қўйиладиган талаблардан анча юкори. Ундан ташкари, замонавий

дизель моторлар ф.и.к. (η=0,44) бензинли моторларнинг ф.и.к (η=0,24) дан анча катта. Лекин дизель фракция бўйича синтезнинг селективлиги жараённинг кинетикаси билан чегараланади ва 30% дан ошмайди.

Shell компаниясининг «ўртача дистиллятлар» ишлаб чикариш схемаси ўз ичига синтезнинг оғир маҳсулотларини юмшок гидрокрекинг килишни ҳам камраб олган (14.3-расм). Гидрокрекинг жараёни бифункционал катализаторлар иштирокида 300...350°С температура ва 3...5 МПа босимда ўтказилади. Бунда олефин ва кислородли аралашмалар гидрирланади, оғир парафинлар изомерланиш ва гидрокрекингга учрайди.



14.3-расм. Shell компаниясининг «ўртача дистиллятлар» ишлаб чикариш схемаси.

Конверсия даражаси ва оғир маҳсулотлар рециклига караб турли айланиш чукурлигига эришиш мумкин. Нафта:керосин:газойль нисбатлари 15:25:60 дан 25:50:25 гача бўлиши мумкин. Хом-ашё таркибида ароматик ва гетероароматик бирикмалар бўлмагани учун Фишер-Тропш синтези углеводородларини гидрокрекинг килиш ҳамма кўрсаткичлар (босим, унумдорлик, водород сарфи, катализатор турғунлиги, курилмага капитал сарфлар) бўйича нефтли вакуумли газойлни гидрокрекингга караганда афзалрок.

Ундан ташкари, синтетик дизель фракция (СДФ) юкори цетан сонидан ташкари жуда яхши экологик характеристикаларга эга. Кимёвий жиҳатдан СДФ оз миқдорда ароматик углеводородли тоза парафиндир. Хом-ашё тозалангандан сўнг, азот ва олтингугурт бирикмали аралашмалар миқдори жуда кам бўлиб, колганлари эса Фишер-Тропш катализаторида ўтириб колади [155]. Дизель ёқилғи таркибида тўйинмаган бирикмалар бўлмагани учун СДФ таркибида водород миқдори стандарт дизель ёкилғиникига караганда кўп бўлади. Маълумки, бу ёкилгининг яхши ёнишини ва окибатда СДФ нинг ёниш маҳсулотида NO_x миқдори 6...28% га, *CO* ники 18...91% га, *CH* ники эса 40..63% га камлиғини таъминлайди. Шу билан бирга бензол, нафталин, формальдегид, бенз(а)пирен ва бошка моддалар миқдори ҳам камрок бўлади.

СДФ нинг зичлиги стандарт дизель ёкилғиникидан пастрок (14.6-жадвал).

GTL – технологияси юкори сифатли дизель ёкилғидан ташкари асосий органик синтез маҳсулотлари ишлаб чикаришда янги имкониятлар очиб беради. Ҳозирги кунда Голландиянинг Sasol компанияси дунё бозорига 100 ортик маҳсулотлар етказиб беради ва фақат бир нечтаси ёкилғилар каторига мансубдир.

Синтезнинг газсимон углеводородлари Циклар-жараён ёрдамида ароматик углеводородларга кайта ишланиши мумкин. Sasol компанияси Фишер-Тропш (Synthol process) юкори температурали синтезининг бевосита маҳсулоти сифатида ҳамда синтезнинг енгил фракцияларини пиролиз килиб, этилен ва пропилен ишлаб чикаради.

Дизель фракцияларни солиштирма тахлили

14.6-жадвал

т/р	Кўрсаткич	Стандарт дизель ёкилгиси	Фишер-Тропшнинг паст температурали синтези	Юкори температурали синтез
1.	Зичлик 15°С да	0.8464	0,7695...0,7905	0.8007...0,8042
2.	Фракцион таркиб, °С			
	кайнаш бошланиши	174	159...210	230
	50%	253	244...300	254
	90%	312	327...334	323
	охирги томчи	344	338...358	361
3.	Цетан сони	44,9	>70	~50
		46...50	75...80	-
4.	Олтингугурт, ppm	300	~1	1
5.	Ароматиклар	~1	0,1...2	~1
6.	Водород, % (масс.)	13...13,5	~15	14,4

Пропилен даставвал мотор мойларини олиш учун олигомерлашга йўналтирилган бўлса, кейинчалик эса полипропилен ишлаб чикариш учун хом-ашё сифатида ишлатилди.

Оғир парафинлар сифатли, ковушкоклиги юкори индексли синтетик мойлар олиш учун жуда яхши хом-ашёдир. Синтезнинг каттик парафинлари жуда тозалиги учун озик-овкат ва парфюмерия саноатларида кенг кўламда кўлланилади.

Фишер-Тропш синтези углерод атомлари тоқ сонли бўлган α-олефинлар олишнинг мисли кўрилмаган имкониятини яратади. Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, анъанавий этиленни олигомерлаш усулида бундай натижага эришиш мумкин эмас.

Юкори температурали Фишер-Тропш синтези маҳсулотларида кислородли бирикмалар улуши атиги 5...6%.

Синтезнинг кислородли маҳсулотларининг таркиби

14.7-жадвал

т/р	Бирикмалар	Миқдори, % (масс.)
1.	Ацетальдегид	3
2.	Ацетон	10
3.	Этанол	55
4.	Метилэтилкетон	3
5.	Изопропил спирт	3
6.	Пропил спирт	13
7.	Изобутил спирт	3
8.	Бутил спирт	4
9.	Кислоталар:	
	уксус	70
	пропион	16
	мойли	9
	C_5+	5

Ушбу маҳсулотларнинг таркиби 14.7-жадвалда келтирилган. Корхонанинг ишлаб чикариш ҳажми катта бўлганда айрим маҳсулотларнинг чикиши салмокли бўлади.

14-боб. Табиий газни кайта ишлаш технологиясининг перспектив йўналишлари

Мустакил тайёрланиш ва кайтариш учун саволлар

1. «Газ суюклиги» нима англатади?
2. Дунёда углеводород хом-ашё захираларининг мамлакатлараро таксимланиши кандай?
3. Углеводородли хом-ашёлар турларини таърифланг.
4. Табиий газни юкори углеводородларга кайта ишлаш неча боскичда кечади?
5. Табиий газдан мамлакатлараро саноат микёсида кайта ишлаш кўрсаткичлар айтинг.
6. Фишер-Тропш синтезини тушунтиринг.
7. Фишер-Тропш синтези реакцияларини ёзинг ва таърифлаб беринг.
8. Флори гипотезасини таърифлаб беринг.
9. Углерод сони n ни аниклаш учун Флори формуласини ёзинг ва тушунтиринг.
10. Углерод сони n ни аниклаш учун Шульц формуласини ёзинг ва тушунтиринг.
11. Фишер-Тропш синтезида металларнинг солиштирма каталитик фаоллигининг пасайиш каторининг кетма-кетлигини ёзинг.
12. Темир ва кобальт катализаторларининг афзаллик ва камчиликларини таърифлаб беринг.
13. Фишер-Тропш синтези махсулотларининг таркибини ёзиб беринг.
14. Shell компаниясининг «ўртача дистиллятлар» ишлаб чикариш схемаси чизинг ва ишлаш принципини тушунтиринг.
15. Стандарт дизель ёкилғи асосий кўрсаткичларини келтиринг.
16. Фишер-Тропшнинг паст температурали синтезида олинган дизель ёкилғи асосий кўрсаткичларини келтиринг.
17. Юкори температурали синтезда олинган дизель ёкилги асосий кўрсаткичларини келтиринг.
18. Юкори температурали Фишер-Тропш синтези махсулотларида кислородли бирикмалар улуши канча?
19. Синтезнинг кислородли махсулотларининг таркибига кандай моддалар киради?

ИЛОВАЛАР

ШАРТЛИ БЕЛГИЛАР

α – иссиклик бериш коэффициенти, Вт/м·К;
λ – иссиклик ўтказувчанлик коэффициенти, Вт/м·К;
δ – девор калинлиги, мм;
d – диаметр, м;
l – узунлик, м;
H – труба баландлиги, м;
G – массавий сарф, кг/с;
σ – сиртий таранглик, Н/м;
g – эркин тушиш тезланиши, м²/с;
μ – динамик ковушкоклик, Па·с;
ν – кинематик ковушкоклик, м²/с;
ρ – зичлик, кг/м³;
t, T – температура, °С, К;
w – тезлик, м/с;
q – солиштирма иссиклик окими, Вт/м² ;
Q – иссиклик окими, Вт;
β – масса бериш коэффициенти, м/с;
R – радиус, м;
S – поверхность, м²;
a – температура ўтказувчанлик коэффициенти, м²/с;
$П$ – периметр, м;
P – босим, Па;
τ – вакт, с;
c – солиштирма иссиклик сиғими, Ж/кг·К;
r – буг ҳосил бўлиш иссиклиги, Ж/кг;
ΔT – температуралар фарки, К;
K – иссиклик ўтказиш коэффициенти, Вт/м²·К;
D – диффузия коэффициенти, м²/с;
ε – ғоваклилик;
η – ф.и.к;
ξ – махаллий каршилик коэффициенти;
φ – нисбий намлик;
ω – бурчак тезлиги, с⁻¹;
m – масса, кг;
n – айланишлар сони, айл/мин;
M – узатилган модда микдори, окими, кг;
V – объём, м³;

ЎХШАШЛИК КРИТЕРИЙЛАРИ

$\mathrm{Re} = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu}$ – Рейнольдс критерийси;

$Ar = \frac{g \cdot d^3}{\nu^2} \cdot \frac{\rho_m - \rho}{\rho}$ – Архимед критерийси;

$K = \frac{r}{c_p \cdot \Delta T}$ – конденсация критерийси;

$Ga = \frac{g \cdot d^3}{\nu^2}$ – Галилей критерийси;

$Nu = \frac{\alpha \cdot d}{\lambda}$ – Нуссельт критерийси;

$Fo = \frac{a \cdot \tau}{l^2}$ – Фурье критерийси;

$Pe = \frac{w \cdot l}{a}$ – Пекле критерийси;

$\mathrm{Pr} = \frac{\nu}{a}$ – Прандтл критерийси;

$We = \frac{\rho \cdot w^2 \cdot d}{\sigma}$ – Вебер критерийси;

$Gr = \frac{g \cdot d^3}{\nu^2} \cdot \beta \cdot \Delta t$ – Грасгоф критерийси;

$Fr = \frac{w^2}{g \cdot l^3}$ – Фруд критерийси;

$Nu_d = \frac{\beta \cdot d}{D}$ – диффузион Нуссельт критерийси;

$Fo_d = \frac{D \cdot \tau}{l^2}$ – диффузион Фурье критерийси;

$Pe_d = \frac{w \cdot l}{D}$ – диффузион Пекле критерийси;

$\mathrm{Pr}_d = \frac{\nu}{D}$ – диффузион Прандтл критерийси;

КИСҚАРТИРИШЛАР:

ДЭА – диэтаноламин;
МЭА – моноэтаноламин;
ДЭА – триэтаноламин;
МДЭА – метилдиэтаноламин;
ДГА – дигликоламин;
ДМФ – диметилформамид;
NMП – N-метилпирролидон;
ПЭВД – юкори босимли полиэтилен;
ПЭНП – паст зичликли полиэтилен;
ПЭСД – ўрта босимли полиэтилен;
СВМП – ўта юқори молекулали полиэтилен;
ЭҚМ – эриган каттиқ моддалар
РЕХ – тикилган полиэтилен;
ХСП – хлорсулфирланган полиэтилен.

БАЪЗИ ПОЛИМЕРЛАРНИНГ АСОСИЙ ЭРИТУВЧИЛАРИ

И-1 жадвал

№	Полимерлар	Эритувчилар
1.	Полиакриламид	сув, сувли буфер эритмалар
2.	Полиакрил кислотаси	сув, ишқорларнинг сувли эритмалари
3.	Полиакрилонитрил	диметилформамид, диметилсулфооксид, этилен карбонат, нитробензол
4.	Поливинилацетат	мураккаб эфирлар, метанол, ацетон, хлорли углеводородлар
5.	Поливинилспирт	сув, сувли ацетон
6.	Поливинилхлорид	циклогексонал, нитробензол, тетрагидрофуран, хлорли углеводородлар

7.	Полиметилметакрилат	мураккаб эфирлар, ароматик углеводородлар, хлорли углеводородлар
8.	Полипропилен	ксилоллар, о-дихлорбензол, керосин
9.	Полистирол	ароматик углеводородлар, хлорли углеводородлар. бутилкетон, декалин
10.	Полиэтилен	тетралин, хлорнафталин, ксилоллар, толуол (100-135°С)
11.	Полиэтилентерефталат	феноллар, бензил спирт, нитробензол (киздириш ёрдамида)
12.	Триацетатцеллюлоза	мураккаб эфирлар, кетонлар
13.	Целлюлоза (гидрат целлюлоза)	мис-аммиак комплекслари. диаминларнинг рух хлорид ва кальций хлорид билан мажмуалари
14.	Этилцеллюлоза	метилацетат. бензол ва метанол аралашмаси. этилацетат. диоксан. дихлорэтан. сирка кислотаси
15.	Поливинилбутирал	хлороформ, изопропил спирт, циклогексанол

АЙРИМ ГАЗЛАРНИНГ ФИЗИК ВА ИССИҚЛИК ХОССАЛАРИ

II-2 жадвал

Углерод оксиди (CO) нинг термодинамик хоссалари

t, К	c_p, Ж/(кг·К)	S, Ж/(кг·К)	I, Ж/кг
100	1040,42	5925,92	103773,7
200	1040,71	6647,43	207836,6
300	1041,89	7069,37	311945,5
400	1049,05	7369,79	416419,0
500	1065,10	7605,27	522032,1
600	1088,27	7801,78	629673,2
700	1114,41	7971,48	739828,3
800	1140,60	8121,90	852581,2
900	1164,65	8257,65	967890,0
1000	1186,36	8381,68	1085461,0

II-3 жадвал

Углерод оксиди (CO) иссиқлик ўтказувчанлик ва қовушқоқлик коэффициентлари (p=0,1МПа)

t, К	$\lambda \cdot 10^{-4}$, Вт/(м·К)	$\mu \cdot 10^{-6}$, Па·с
50	267,49	18,6
100	301,22	20,7
200	365,18	24,5
300	425,66	27,9
400	484,97	31,2
500	540,80	34,4
600	596,62	37,3
700	650,12	40,4
800	701,29	43,2
900	754,79	46,0
1000	805,96	48,7

II-4 жадвал

Углерод оксиди (CO) нинг зичлиги, ρ [кг/м^3]

P, МПа / *T*, К	0.001	0.01	0.04	0,07	0,1	0.4
200	0,017068	0,17072	0,6834	1,1969	1,7114	6,9010
300	0,011378	0,11379	0,45520	0,7967	1,1382	4,5574
400	0,008533	0,08533	0,34131	0,5973	0,8532	3,4102
500	0,006826	0,06826	0,27303	0,4778	0,6824	2,7263
600	0,005690	0,05689	0,22752	0,3981	0,5687	2,2716
700	0,004877	0,04876	0,19502	0,3412	0,4874	1,9470
800	0,004267	0,04267	0,17064	0,2986	0,4265	1,7038
900	0,003793	0,03793	0,15168	0,2651	0,3791	1,5146
1000	0,003414	0,03413	0,13651	0,2389	0,3412	1,3633

II-5 жадвал

Углерод диоксиди (CO_2) нинг термодинамик хоссалари

t, К	c_p, Ж/(кг·К)	*S*, Ж/(кг·К)	*I*, Ж/кг
50	662.02	3611.36	33075.0
100	664.53	4070.59	66206.2
200	736.18	4547.83	135441.8
300	846.80	4867.52	214662.1
400	940.24	5124.37	304194.0
500	1015.24	5342.67	402114.3
600	1076.83	5533.31	506818.2
700	1127.95	5703.01	617124.2
800	1170.27	5856.78	732097.8
900	1205.88	5996.73	850963.9
1000	1235.63	6124.94	973094.0

II-6 жадвал

Углерод диоксиди (CO_2) нинг иссиклик утказувчанлик ва ковушкоклик коэффициентлари (p=0.1МПа)

t, К	$\lambda \cdot 10^{-4}$, Вт/(м·К)	$\mu \cdot 10^{-6}$, Па·с
50	0.01849	-
100	0.02233	-
400	0.04559	-
500	0.05338	23,68
600	0.06106	27,33
700	0.06885	30,69
800	0.07652	33,82
900	0,084201	36,75
1000	0,091877	39,51

И-7 жадвал

Метан (CH_4) нинг термодинамик хоссалари

t, К	c_p, Ж/(кг·К)	S, Ж/(кг·К)	I, Ж/кг
100	333,06	1496,67	33306,3
200	335,28	1727,54	66662,9
300	358,33	1866,65	10110,5
400	407,94	1976,43	13923,4
500	466,47	2073,21	18289,4
600	525,68	2163,72	23250,3
700	581,57	2249,20	28789,5
800	632,69	2330,06	34865,0
900	679,20	2407,16	41426,5
1000	721,10	2480,90	48436,4

И-8 жадвал

Метан (CH_4) нинг иссиклик ўтказувчанлик ва ковушкоклик коэффициентлари (p=0,1МПа)

t, К	$\lambda \cdot 10^{-4}$, Вт/(м·К)	$\mu \cdot 10^{-6}$, Па·с
50	0,370997	11,85
100	446,592	13,32
200	621,042	16,04
300	818,752	18,5
400	1035,07	20,8
1000	-	31,35

И-9 жадвал

Этан (C_2H_5) нинг термодинамик хоссалари

t, К	c_p, Ж/(кг·К)	S, Ж/(кг·К)	I, Ж/кг
100	359,921	1841,086	33980,90
200	426,123	2109,665	73073,60
300	530,035	2301,567	120630,10
400	656,992	2471,262	180002,40
500	781,854	2630,901	251819,00
600	894,565	2783,836	335870,40
700	993,868	2930,067	430732,00
800	1082,277	3068,756	534644,00
900	1160,211	3200,741	646936,00
1000	1228,927	3326,441	765932,00

И-10 жадвал

Этан (C_2H_5)нинг иссиклик ўтказувчанлик ва ковушкоклик коэффициентлари (p=0,1МПа)

t, К	$\rho \cdot 10^{-3}$, г/см^3	$\lambda \cdot 10^{-3}$, Вт/м·К	$\mu \cdot 10^{-6}$, Па·с
50	-	0,017	-
300	0,002113	51,5	21,13
400	0,001572	65,7	15,72
500	0,001254	-	12,54
600	0,001043	-	10,43

И-11 жадвал

н - Пропан (C_3H_8) нинг термодинамик хоссалари

t, К	c_p, Ж/(кг·К)	*S*, Ж/(кг·К)	*I*, Ж/кг
100	41229,6	211678,8	3536360
200	55517,5	244863,6	8405140
300	73995,4	270757,8	14857740
400	94442,6	294850,3	23279640
500	113297,6	317979,1	33687600
600	129387,2	340018,5	45796700
700	143298	361052,3	59456100
800	155365,2	381038,6	74414400
900	165965,9	400019,3	90504000
1000	175267,7	418036,3	107557300

И-12 жадвал

н - Пропан (C_3H_8) нинг иссиклик ўтказувчанлик ва ковушкоклик коэффициентлари (p=0,1МПа)

t, ℃	$\rho \cdot 10^{-3}$, г/см^3	$\lambda \cdot 10^{-4}$, Вт/(м·К)	$\mu \cdot 10^{-6}$, Па·с
50	-	17	-
300	0,002113	51,5	0,002113
400	0,001572	65,7	0,001572
500	0,001254	-	0,001254

И-13 жадвал

н- Бутан (C_4H_{10}) нинг термодинамик хоссалари

t, К	c_p, Ж/(кг·К)	*S*, Ж/(кг·К)	*I*, Ж/кг
300	980,46	3111.075	19646.910
400	1240,24	3432,029	30754,600
500	1480,746	3737,48	44393,050
600	1688,57	4027,009	60235,440
700	1866,645	4301.454	78017.800
800	2020,837	4561,653	97476,160
900	2155,336	4807,606	11837,1690
1000	2271,818	5040.989	14053,2600

И-14 жадвал

н- Бутан (C_4H_{10}) нинг иссиклик ўтказувчанлик ва ковушкоклик коэффициентлари (p=0,1МПа)

t, К	$\lambda \cdot 10^{-4}$, Вт/(м·К)	$\mu \cdot 10^{-6}$, Па·с
50	187,8245	8,14
100	245,393	9,47
200	382,627	11,85
300	531.491	14,2
400	686,17	16,5

ФИЗИК КАТТАЛИКЛАР ЎЛЧОВ БИРЛИКЛАР СИСТЕМАСИ

Бутун дунёда XX асрнинг ўртасигача бир нечта ўлчов системаси мавжуд эди: МКГСС – метр, килограмм – куч ва секундага асосланган техник система; СГС – сантиметр, грамм ва секундага асосланган метрик система; МТС – метр, тонна, секунда ҳамда турли системасиз бирликларга асосланган система.

Ўлчов бирлик системаларининг кўплиги жуда катта ноқулайликлар, фан, техника ва ишлаб чикаришнинг турли соҳаларида халкаро муносабатларни кийинлаштирган.

1960 йили ўлчов ва тарозилар XI бош конференциясида Халкаро бирлик системаси (СИ) кабул қилинди. Ушбу системага ўтиш механик, электрик, иссиклик ва бошка физик катталикларни ўлчашнинг бир хиллигини таъминлайди, уларнинг аниклигини оширади ва ҳисоблаш формулаларини соддалаштиради.

Халкаро системаси (СИ)да, асосий ўлчов бирликлари қуйидагилар:

И-15 жадвал

Узунлик	метр (м)
Масса	килограмм (кг)
Вакт	секунда (с)
Электр токи кучи	Ампер (А)
Температура	Кельвин (К)
Ёруглик кучи	Кандела (кд)
Модда миқдори	моль

II-16 жадвал

Ундан ташкари, стандартда яна иккита қўшимча бирликлар назарда тутилган:

Ясси бурчак	радиан (рад)
Фазовий бурчак	терадиан (ср)

Катталиклар орасидаги боғликликни ифодаловчи ҳосилавий бирликлар ўлчамлари физика тенгламалари ёрдамида аникланади. Қуйида келтирилган жадвалда Халкаро бирликлар системасиининг асосий, қўшимча ва кўп ишлатиладиган ҳосилавий ҳамда бошка системадаги бирликларнинг СИ бирликларига ўтказиш коэффициентлари келтирилган.

Юкорида келтирилган нисбатлардан ташкари қуйидаги бирликлар тез-тез учраб туради: узунлик – 1 мкм=10^{-6} м; Ангстрем $\mathring{A}$ =10^{-10}м=10^{-8}см=0,1 Нм; масса – 1 т =1000 кг, 1 центнер = 100 кг; температура – Фаренгейт градуси $1^0F=[5/9(t-32)+273,15]K$; $t^0C=(t+273,15)K$; частота 1 Гц = 1 $с^{-1}$; 1 айл/с = 1 Гц.

Ундан ташкари қуйидаги бирликлар ҳам қўлланади: 1 миля (кадимги рус) = = 7,468 км; 1 миля (денгиз) = 1,852 км; 1 миля (куруклик) = 1,609 км; 1 дюйм = =2,54 см; 1 саржин = 3 аршин = 7 фут = 2,1336 м; 1 аршин = 71,12 см; 1 фут = 12 дюйм = 0,3048 м; 1 фунт = 0,4536 кг; 1 фунт-куч = 4,448 Ньютон.

II-17 жадвал

Бошка системадаги бирликларни СИ га ўтказиш коэффициентлари

Т/р	Катталик	Бирликлар системаси	Бирлик номи	СИ га ўтказиш коэффициенти
1.	Узунлик	СИ, МКГСС СГС	Метр (м) Сантиметр (см)	- 10^{-2}
2.	Масса	СИ	Килограмм (кг)	-

		МКГСС	Массанинг техник бирлиги (кгк·с²/м)	9.81
		СГС	Грамм (г)	10^{-3}
		Системадан ташкари бирлик	Центнер (ц)	100
			Тонна (т)	10^{3}
			Карат (кар)	$2 \cdot 10^{-4}$
			Фунт	0,454
3.	Куч	СИ	Ньютон (Н)	-
		МКГСС	Килограмм-куч (кгк)	9.81
		СГС	Дина (дин)	10^{-5}
4.	Босим	СИ	Паскаль (Па)	-
			Ньютон квадрат метрга (Н/м²)	-
		МКГСС	Килограмм куч квадрат метрга (кгк/м²)	9.81
		СГС	Дина квадрат сантиметрга (дин/см²)	10^{-1}
		Системадан ташкари бирлик	Бар (бар)	10^{5}
			Техник атмосфера (атм.)	$9,81 \cdot 10^{4}$
			Миллиметр сув устуни (мм.сув.уст.)	9.81
			Миллиметр симоб устуни (мм.сим.уст)	133,3
5.	Динамик ковушкоклик	СИ	Паскаль – секунд (Па·с)	-
		МКГСС	Ньютон – секунд квадрат метрга (Н·с/м²)	-
		СГС	Килограмм-куч-секунд квадрат метрга (кгк·с/м²)	9.81
			Дина-секунд квадрат метрга (дина·с/м²)	10^{-1}
			Пуаз (П)	10^{-1}
			Сантипуаз (сП)	10^{-3}
6.	Кинематик ковушкоклик	СИ	Квадрат метр секундга (м²/с)	-
		МКГСС	Квадрат метр соатга (м²/соат)	$2,78 \cdot 10^{-4}$
		СГС	Стокс (Ст)	10^{-4}
			Сантистокс (сСт)	10^{-6}
	Сиртий таранглик	СИ	Ньютон метрга (Н/м)	-
			Жоуль квадрат метрга (Ж/м²)	-
		СГС	Дина сантиметрга (дин/см)	10^{-3}
			Эрг сантиметрга (эрг/см)	10^{-3}
	Иссиклик сигим	СИ	Жоуль килограмм-градусга (Ж/кг·К)	-
		Системадан ташкари бирлик	Килокалория килограмм-градусга [ккал/(кг·К)]	4190
	Иссиклик ўтказувчанлик	СИ	Жоуль-метр-соат-градусга [Ж/(м·соат·град)]	-
			Ватт метр-градусга [Вт/(м·К)]	-
		Системадан ташкари бирлик	Килокалория метр-соат-градусга [ккал/(м·соат·град)]	1,163

	Иш энергия	СИ МКГСС СГС Системадан ташкари бирлик	Жоуль (Ж) Килограмм-куч-метр (кгк·м) Эрг (эрг) Киловатт-соат (кВт·соат) от куч соат(о.к. соат)	- 9,81 10^{-7} $3,6 \cdot 10^6$ $2,65 \cdot 10^6$
	Қувват	СИ МКГСС СГС	Ватт (Вт) Килограмм-куч-метр секундга (кгк·м/с) Эрг секундга (эрг/с) от кучи (о.к.) Килокалория соатга (ккал/соат)	- 9,81 10^{-7} 736 1,16
	Иссиклик миқдори	СИ Системадан ташкари бирлик	Жоуль (Ж) Килокалория (ккал)	- 4190
	Иссиклик бериш, ўтказиш	СИ Системадан ташкари бирлик	Ватт метр квадрат-градуса [Вт/(м^2·К)] Килокалория квадрат метр-соат-градуса [ккал/(м^2·соат·К)]	- 1,163
	Вақт	СИ Системадан ташкари бирлик	Секунда (с) Соат Сутка Йил	- 3600 86400 $3,16 \cdot 10^7$
	Тезлик	СИ Системадан ташкари бирлик	Метр секундга (м/с) Километр соатга (км/соат)	- 0,278
	Айланиш частотаси	СИ Системадан ташкари бирлик	Айланиш секундага (1/с) Айланиш минутга (айл/мин)	- 1/60

АСОСИЙ КОНСТРУКЦИОН МАТЕРИАЛЛАР ВА УЛАРНИ ТАНЛАШ

Кимё, нефть-газни қайта ишлаш ва бошқа саноатларнинг курилмаларини лойиҳалаш жараёнида пайдо бўладиган курилмани таркибий қисмлари учун лойиқ ва мос материалларни танлаш энг асосий ва ўта масъулиятли масалалардан биридир [28,131].

Материалларни танлашда уларнинг куйидаги асосий хусусиятлари ҳисобга олиниши керак [132]:

– мустаҳкамлиги;
– иссикликка бардошлилиги;
– емирилишга карши кимёвий чидамлилиги;
– физик хоссалари;
– технологик характеристикалари, таркиби ва тузилиши;
– нархи ва уни ишлаб чикариш мумкинлиги.

Материалнинг хоссалари қўлланилиш соҳасига, яъни ундаги муҳитларга чамбарчас ва каттик боғликдир. Агарда муҳитнинг температураси ўзгариши билан материалнинг ҳамма механик хоссалари – коррозияга чидамлилиги, кайта ишланишга мойиллиги – кескин ўзгаради. Шунинг учун материални танлашда коррозияга чидамлилигига алоҳида эътибор бериши керак, чунки бу кўрсаткичга унинг узок муддат давомида ишлатилиши узвий боғликдир. Ундан ташкари, коррозия натижасида емирилган материал олинаётган маҳсулот сифатини пасайтиради, рангини ва таъмини ёмонлаштиради. Ана шуни назарда тутиш керакки, курилманинг материали қўшимча реакциялар учун катализатор ҳам бўлиб колиши мумкин.

Кимёвий чидамлилиги жиҳатдан материалнинг яроклигини баҳолаш мезонлари куйидаги жадвалда келтирилган:

11-18 жадвал

Материалнинг коррозияга чидамлилик шкаласи

Чидамлилик гуруҳи	Коррозияга чидамлилик балли	Коррозия тезлиги, мм/йил
Жуда чидамли	1	< 0,001
Ўта чидамли	2	0,001 -0,005
	3	0,005 - 0,01
Чидамли	4	0,01 - 0,05
	5	0,05 - 0,1
Чидамлилиги паст	6	0,1 - 0,5
	7	0,5 - 1,0
Чидамлилиги жуда паст	8	1,0 - 5,0
	9	5,0 - 10
Чидамсиз	10	> 10

Одатда, асосий талабларга мос ва лойиқ материаллар бир нечта бўлади. Бундай ҳолларда, қўшимча шарт ва талаблар эътиборга олиниб, курилма учун материал танланади.

Шунинг учун, курилмаларни ясаш учун асосий материалларни танлашни лойиҳачи нуктаи назаридан кўриб чиқамиз.

Конструкцион материал сифатида темир (Fe) техник тоза ҳолда умуман қўлланилмайди, чунки киммат туради ва кайишкоклиги юкори. Айрим ҳолларда уни юкори босимли курилмаларда кистирма сифатида ҳам ишлатилади [37].

Лекин темирнинг углерод билан қотишмалари, яъни чўян ва пўлатлар кимё ва бошка саноат курилмаларини тайёрлашда жуда кўп ишлатилади. Маълумки, кимё саноатида 85-90% курилмалар чўян ёки пўлатдан ясалган.

ЧЎЯН. Темирнинг углерод ва кремний, фосфор, марганец ва олтингугурт билан кўп компонентли қотишмаси кулранг чўян бўлади.

Чўян таркибидаги углерод миқдори 2,8…3,7% бўлади. Бошқа компонентларнинг миқдори эса қуйидагича: С=3,0…3,6%; Си=1,6…2,4%; Мп=0,5…1,0%; Р<0,8%; С<0,12%.

Чўянларнинг физик хоссалари қуйидаги маълумотлар билан характерланади:

– зичлиги - ρ = 6600...7700 кг/м^3;
– эриш температураси - $T_{эр}$ = 1050...1573 К;
– иссиқлик ўтказувчаилиги - λ = 25...59 Вт/м·К;
– солиштирма иссиқлик сиғими - c_p = 0,5...4,5 кЖ/кг·К;
– чизиқли кенгайиш коэффициенти - □ = (16,7...17,6)·10^{-6} 1/К.

Чўянлар нархи паст ва ўртача механик хоссаларга эга бўлгани учун техниканинг турли соҳаларида кенг қўлланишига олиб келди.

ПЎЛАТ. Бу материалсиз техника ҳозирги кундаги юқори мавкеига эришмаган бўларди. Бунга сабаб, пўлатнинг мустаҳкамлиги, динамик юкламаларга бардошлиги, қуйилиш, болғаланиш, штамплаш ва пайвандланиш кобилиятига эгалиги, станокларда кайта ишланишга мойиллиги, арзонлиги ва мўллигидир

Пўлатларда углерод миқдори 1,5% гача бўлса, конструкцион пўлатларда эса 0,7% дан ортмайди.

Пўлатларнинг физик хоссалари қуйидаги кўрсаткичлар билан характерланади:

– зичлиги - ρ = 7790...7900 кг/м^3;
– эриш температураси - $T_{эр}$= 1400...1500 К;
– иссиқлик ўтказувчанлиги - λ = 46,5...58,2 Вт/м·К;
– солиштирма иссиқлик сиғими - c_p= 0,454 кЖ/кг·К;
– чизиқли кенгайиш коэффициенти - □ = (11,7...12,3)·10^{-6}1/К.

Легирловчи қўшимчалар таъсири. Муҳим легирловчи элементларга қуйидагилар киради: хром, никель, молибден, марганец, кремний, титан, ниобий, волфрам, ванадий. Айрим ҳолларда алюминий ва мислар ҳам қўшимча сифатида пўлатларга қўшилади.

Кимёвий таркибига кўра, пўлатлар углеродли ва легирланган турларга бўлинади. Бу элементлар пўлат сифатини яхшилайди ва махсус хоссали қилади.

Легирланган пўлатнинг кимёвий таркиби учун ягона шартли белгилар (ҳарф ва ракамлар) қабул қилинган.

Дастлабки икки ракам углероднинг ўртача миқдорини (конструкцион пўлат учун фоизнинг юздан бир улуши миқдорида, асбобсозлик ва зангламайдиган пўлатлар учун фоизнинг ўндан бир улуши миқдорида); ҳарфлар легирловчи элементларни; ҳарфларнинг ўнг томонидаги ракамлар эса элементларнинг ўртача миқдорини кўрсатади.

11-19 жадвал

Пўлат компонентларининг шартли белгилари

Номи	Шартли белгилари	Номи	Шартли белгилари
Алюминий	Ю	Мис	Д
Бор	Р	Молибден	М
Ванадий	Ф	Никель	Н
Волфрам	В	Ниобий	Б
Кобалт	К	Титан	Т
Кремний	С	Углерод	У*
Марганец	Г	Хром	Х

У* – углеродли асбобсозлик пўлатлар маркаларида.

Масалан, Х18Н12М2Т маркали пўлатда 18% хром, 12% никель, 2% молибден ва 1% га якин титан борлигини кўрсатади.

ЮҚОРИ ЛЕГИРЛАНГАН ПЎЛАТ. Таркибида 18-20% хром ва 8-10% никель бўлган пўлатлар юкори легирланган пўлатлар деб юритилади. Улар коррозия ва иссиқликка бардошлиги, мустаҳкамлилиги учун турли саноатларда кенг қўлланилмокда.

Ҳозирги кунда мамлакатимиз корхоналарида қурилмаларни ясашда қуйидаги легирланган пўлатлар ишлатилади: 1Х18Н9Т, 1Х18Н11Б, Х16Н25М6, ХН35ВТ, Х22Н26, 1Х18Н12М2Т, 1Х18Н12М3Т, Х18Н9Т ва бошқалар.

Юқорида кайд этилган пўлатларнинг физик хоссалари:

– зичлиги - ρ = 7900 кг/м^3;
– эриш температураси - $T_{эр}$ = 1400°С;
– иссиқлик ўтказувчанлиги - λ = 14...18 Вт/м·К;
– иссиқлик сиғими - c_p = 0,475...0,650 кЖ/кг·К;
– чизиқли кенгайиш коэффициенти - □ = 17,3·10^{-6} 1/К.

РАНГЛИ МЕТАЛЛАР. Кимё саноатида рангли металлардан алюминий, мис, никель, қўргошин, титан, танталлар қурилмалар ясашда қўлланилади. Рангли металлардан ясалган қурилма деворларининг температураси қуйидагидан ошмаслиги керак:

Алюминий учун - 200°С
Мис ва унинг котишмалари учун - 250°С
Никель учун - 500°С
Қўрғошин учун - 140°С
Тантал учун - 1200°С

АЛЮМИНИЙ – кумушсимон, оқ, енгил ва болғаланувчан, коррозияга бардошли металдир. Кимёвий қурилмаларни ясашда АОО(99,7%), АО(99,7%), А1(99,5%), А2(99,0%) ҳамда унинг АД1, АД2 котишмалари ишлатилади.

Алюминийнинг турли маркалари қуйидаги физик хоссаларга эга:

– зичлиги - ρ = 2700 кг/м^3;
– эриш температураси - $T_{эр}$ = 675...950°С;
– иссиқлик ўтказувчанлиги - λ = 206...218 Вт/м·К;
– солиштирма иссиқлик сиғими - c_p = 0,913 кЖ/кг·К;
– чизиқли кенгайиш коэффициенти - □= 2,4·10^{-6} 1/К.

Агрессив муҳитлар таъсирига алюминий жуда чидамли, шу жумладан концентрланган азот, фосфор ва снрка кислоталар, қурук хлор ва водород хлоридлар, олтингугурт бугларига ҳам узоқ муддат давомида бардош бера олади.

МИС – пушти-қизил рангли металл. Энг қиммат, конструкцион материаллардан бири бўлиб, техник тоза ҳолда 5 хил маркада ишлаб чиқарилади. Кимёвий қурилмаларда, асосан М2 (99,7%) ва М3 (99,5%) маркалари кенг микёсда ишлатилади.

Миснинг хоссалари қуйидаги маълумотлар билан характерланади:

– зичлиги - ρ = 8980 кг/м^3;
– эриш температураси - $T_{эр}$ = 1083°С;
– иссиқлик ўтказувчанлиги - λ = 1596...2233 Вт/(м·К);
– солиштирма иссиқлик сиғими - c_p = 0,44...0,62 кЖ/(кг·К);
– чизиқли кенгайиш коэффициенти -□ = 16,7...22,3?10^{-6} 1/К.

Мис алюминийга ўхшаб ҳимоя қилувчи оксид коплама ҳосил қилмайди. Шунинг учун, кислота ва тузларга нисбатан коррозион чидамликка эга эмас. Лекин паст ва криоген температураларда мустаҳкамлиги ортиб боради. Масалан, -196°С да миснинг мустаҳкамлик чегараси 20 дан 38 кг/мм^2 гача ортади.

Ўта паст температураларда ишлайдиган курилмалар учун мис каби конструкцион материални ҳеч қандай материал ўрнини боса олмайди.

ҚЎРҒОШИН – кўкимтир, кулранг, болғаланувчан металл. Бир пайтлар, бу материал курилмалар куришда катта ва муҳим аҳамиятга эга бўлган. Бунга сабаб, унда туз ва сульфат кислотага нисбатан чидамли ҳимоя копламасининг ҳосил бўлишидир. Лекин унинг жуда юмшоклиги, осон ва паст температурада эриши, катта зичлиги ва кимматлиги борган сари камрок қўлланишига сабаб бўлмокда.

Ҳозирги кунда унинг ўрнига замонавий темир котишмалар ишлатилмокда. Саноатда қўрғошиннинг 6 хили СВ, $С_0$, $С_1$, $С_2$, $С_3$, $С_4$, $С_5$ маркалари кенг қўлланилади. Улар

таркибидаги қўрғошин миқдори 99, 90...99, 95%. қўрғошин қуйидаги физик хоссаларга эга:

– зичлиги - ρ = 10130...11350 кг/м^3;
– эриш температураси - $T_{эр}$ = 327°С;
– иссиқлик ўтказувчанлиги - λ = 14,9...34,9 Вт/(м·К);
– солиштирма иссиқлик сиғими - c_p = 0,13 кЖ/(кг·К);
– чизиқли кенгайиш коэффициенти - □ = (12,3...14,9)·10^{-6} 1/К.

Қўрғошинни саноатда қўллашда шуни назарда тутиш керакки, унинг мустаҳкамлиги жуда пастдир.

НИКЕЛЬ – кумушсимон, оқ металл, қийин эрийди ва ҳавода ўзгармайди. Кимё саноатининг қурилмалари учун (Н0 маркали 99,99%) никель ишлатилади. У жуда мустаҳкам, иссиқлик ва коррозияга чидамли ва яхши технологик хоссали бўлгани сабабли машинасозликда кўп ишлатилади. Никелнинг физик хоссалари қуйидагича:

– зичлиги - ρ = 8830...8850 кг/м^3;
– эриш температура - $T_{эр}$ = 1452°С;
– иссиқлик ўтказувчанлиги - λ = 55,0...56,0 Вт/(м·К);
– солиштирма иссиқлик сиғими - c_p = 0,575...0,586 кЖ/(кг·К);
– чизиқли кенгайиш коэффициенти - □□= (18,2...18,3)·10^{-6} 1/К.

ТИТАН – кумуш ранг, енгил, қийин эрувчан металл. Зичлиги пўлатникидан 2 марта кам бўлишига қарамасдан, унинг мустаҳкамлиги пўлатникига тенгдир. Титан азот, фосфор, хром ва сирка кислоталарига, нитрит, нитрат, хлорид ва сульфидларга нисбатан кимёвий чидамли. 200°С температурада газларни ютиш қобилиятига эга. Титан 40%-ли H_2SO_4 кислотасида қаттиқ коррозияга учрайди. Лекин шуни унутмаслик керакки, титандан ясалган қурилма, пўлатдан ясалганга нисбатан 8…10 баробар қимматдир. Титан қуйидаги физик хоссаларга эга:

– зичлиги - ρ = 4320...4500 кг/м^3;
– эриш температураси - $T_{эр}$ = 1710...1750°С;
– иссиқлик ўтказувчанлиги - λ = 15,1...19,4 Вт/(м·К);
– солиштирма иссиқлик сиғими - c_p = 0,543...0,635 кЖ/(кг·К);
– чизиқли кенгайиш коэффициенти - □□= (8,0...8,4) ·10^{-6} 1/К.

ТАНТАЛ – кулранг - оқ металл. Ўта мустаҳкамлиги ва қийин суюлувчанлиги билан бошқа металлардан ажралиб туради. Ундан ташқари, юқори температураларда, тнтанга нисбатан кўпрок газларни ютиш қобилиятига эга. Тантал яхши болғаланувчан, штамплашга мойил, ички ишқаланиш коэффициенти жуда катта бўлган металлдир. У сульфат, азот, фосфор, водород хлорид кислоталарига ҳамда нитратларга чидамли металлдир. Аммо натрий ва калий ишкорлари таъсирига яхши бардош беролмайди.

Тантал жуда ҳам қиммат металл ва у тахминан хром-никелли пўлатдан 100 марта қимматдир. Албатта, уни фақат ўта агрессив муҳитли қурилмаларда, яъни бошқа металлар кимёвий бардош беролмаган ҳолларда қўллаш мақсадга мувофиқдир. Тантал қуйидаги физик хоссаларга эга:

– зичлиги - ρ = 16440...16600 кг/м^3;
– эриш температураси - λ = 48,0...100 Вт/(м·К);
– солиштирма иссиқлик сигими - c_p = 0,136...0,2 кЖ/(кг·К);
– чизиқли кенгайиш коэффициенти - □ = (5...99)·10^{-6} 1/К.

ЛАТУН – мис ва рухдан иборат қотишма. Кўп компонентли латун таркибига мис ва рухдан ташқари, алюминий, кремний, қўрғошин, никель, темир, марганец ва калайлар кириши мумкин.

Латун босим остида яхши ишлов бериладиган, анча мустаҳкам, қайишқоқлиги (пластиклиги) юқори ва коррозияга чидамли қотишма. Ундан ташқари, латуннинг электр ўтказувчанлиги жуда юқори. Температура пасайиши билан латуннинг хоссалари яхши томонга ўзгаради. Кимё саноатида, қурилмалар ясашда Л60, Л62 ва Л68 маркали латунлар кенг қўлланилади.

Латунлар куйидаги физик хоссаларга эга:

– зичлиги - ρ = 8500 кг/м^3;
– эриш температураси - $T_{эр}$ = 940°С;
– иссиклик ўтказувчанлиги - λ = 105...116,3 Вт/(м·К);
– солиштирма иссиклик сиғими - c_p = 0,385 кЖ/(кг·К);
– чизикли кенгайиш коэффициенти - □ = 20·10^{-6} 1/К.

БРОНЗА – мис ва калайлардан иборат котишма. Ушбу кимёвий элементлардан ташкари, унинг таркибига кремний, алюминий, бериллийлар ҳам кириши мумкин.

Бронза мустаҳкамлиги, кайишкоклиги, коррозияга бардошлиги, антифрикцион хоссалари билан ажралиб туради.

Бу материал ушбу физик хоссалари билан характерланади:

– зичлиги - ρ = 935...1140 кг/м^3;
– эриш температураси - $T_{эр}$ = 935...1140°С;
– иссиклик ўтказувчанлиги - λ = 32,0...105 Вт/(м·К);
– солиштирма иссиклик сиғими - c_p = 0,385 кЖ/(кг·К);
– чизикли кенгайиш коэффициенти - □□= (1,5...1,95)·10^{-6} 1/К.

ПЛАСТМАССАЛАР – юкори коррозион бардошликка ва мустаҳкамликка эга янги конструкцион материалдир. Пластмассаларни ишлаб чикариш жараёнида мустаҳкамлигини, кайишкоклигини, рангини, юмшаш температурасини, иссиклик ўтказувчанлигини яхшилаш ва арзонлаштириш максадида унга пластификатор, тўлдирувчи, ранг берувчи моддалар қўшилади.

Ҳамма пластмассалар 2 гуруҳга бўлинади: 1) термопластлар; 2) реактопластлар.

Термопластлар иситилганда юмшаш, совитилганда котиш хоссасига эга ва бу жараённи бир неча марта кайтарса бўлади. Реактопластлар эса, иситилганда эрийди ва маълум бир температурагача киздирилса – котиб колади ва кайта юмшамайди, эримайди.

ШИША ПЛАСТИКЛАР – полиэфир смолалар ва шиша толаларидан ташкил килинган сунъий материал. Ундан йирик, ўлчамлари катта дистилляцион колонналар, скрубберлар, омборлар, диаметри 4,5 м ва баландлиги 6 м ли идишлар ясаш мумкин. Шиша пластиклар 20°С ёки ундан озгина юкори температурада киздирилса, полимеризация бўлади.

ФТОРОПЛАСТ-4. Қайишкоклиги юкори, электр токни ўтказмайдиган, иссикликка чидамли, -200...+500°С температурада ишлатилиши мумкин. Кимёвий муҳитларга ўта чидамлилиги, унинг яхши хоссаларидан биридир. Бу кўрсаткич бўйича пластмассалар, *Au*, *Pt*, эмал, махсус котишма ва бошка материаллардан устундир.

Фторопласт-4 дан ҳар хил қалинликдаги лист, труба, юпка деворли цилиндрик идиш, мембрана, силфон ва бошка турли маҳсулотлар тайёрлаш мумкин. Қурилмалар учун кистирма сифатида фойдаланишда унга тенг келадиган материал йўқдир.

Тўлдирувчисиз пластмассаларнинг чидамлилиги куйидаги хоссалар билан характерланади:

1. Пенопластлар кислота, ишкор ва органик эритмаларга нисбатан чидамли. Аммо H_2SO_4, олеум, HNO_3 ва концентрланган ишкорларга бардош бера олмайди;

2. Шиша пластиклар бензин, метанол, бутанол, этилацетат, 10% ли азот, фосфор ва водород хлорид кислоталарга нисбатан чидамли;

3. Фторопластлар ҳамма кислота ва ишкорларга нисбатан паст ва юкори температураларга чидамли. Оксидловчи кислота ва «царская водка»лар кайнаш жараёнида ҳам фторопласт ўз хоссаларини йўқотмайди. Шу кунгача унинг эритувчиси топилмаган.

Аммо натрий ёки калий, фтор ва учламчи фтор хлоридлар таъсирида емирилади.

Пластмассаларни металлар билан таккослаш шуни кўрсатадики, пластмассалар бир неча афзалликларга эга: а) солиштирма оғирлиги кичик; б) солиштирма мустаҳкамлиги юкори; в) технологик хоссалари яхши; г) коррозион бардошлиги юқори.

И-20 жадвал

Паст, ўрта ва юкори босимли кимёвий қурилмалар учун тавсия этиладиган пўлатлар

Пўлат гурухи	Марка	Рухсат этиладиган ишчи параметрлар		Тахминий қўлланиш сохаси
		Босим МН/м²	Деворнинг температураси, °С	
1	2	3	4	5
Оддий сифатли углеродли пўлат	Ст.3	5	-30...+400	Обечайка, копкок, фланец ва бошка деталлар учун
			- 40...+425	Фланец, труба тўр пардаси ва бошка деталлар учун
				Қурилма, идиш, иситкич обечайкалари, патрубкалари ва бошка деталлари учун
Оддий сифатли углеродли пўлат	Ст.5	5	- 30...+ 425	Фланец, труба тўр пардаси ва бошка деталлар учун
				Болт, шпилка ва пайвандланмайдиган деталлар учун
	0,8 кп	1,6	- 10...+ 350	Эмалланиши керак бўлган обечай-ка, копкок ва бошка деталлар учун
	10		- 40...+ 450	
	20	20	- 40...+ 475	Обечайка, копкок, фланец, муфта ва бошка деталлар учун
Конструкц. угл.пўлат	25; 30; 35; 40; 45;	10...20	- 30...+ 450	Гайка, болт ва шпилкалар учун
Кам легирланган пўлат	16 ГС	25	- 70...+ 475	Нейтрал ва агрессивлиги паст мухитларда ишлатиладиган қурилмаларинг обечайка, копкок, фланец каби деталлар учун
	09 Г2С			
Легирланган пўлат	12 МХ	25	- 40...+ 540	Агрессивлиги паст ва ўрта мухитларда хамда деворидаги кучланиш юкори бўлган мухитларда пайвандланган саноати қурилмаларининг обечайка, копкок, фланец ва бошка деталлар учун
Юкори легирланган пўлат	ОХ13	-	- 40...+ 540	Олтингугурт бор, иссик мухитли, пайвандланган, ректификацион колоннанинг тарелкалари ва кам кучланишли деталлари учун
	1Х13			Олтингугурт бор ва бошка агрессив, иссик мухитли, қурилмаларининг обечайка, копкок, фланец, болт, гайка ва бошкалар учун
	2Х13			1Х13 материал қўлланиладиган соха, пайвандланмайдиган ўк, болт, гайка ва бошка деталлар учун
	1Х13Л 2Х13Л	1,6		1Х13 материал қўлланиладиган соха учун, куйма, қурилмаларининг кобиги, копкоки, фланец ва бошка деталлари

				учун
Коррозия, иссикликка бардош ва чидамли юкори легирлаи- ган пўлат	Х17			Озик-овкат, нефтни кайта ишлаш, азот кислотасини ишлаб чикариш сохасида узлукли, юклама таъсири йук, масъулияти кам курилмаларни обечайка, туб, труба ўрами, змеевик ва бошка деталлар учун. Ушбу материал Х18Н10Т пўлатнинг ўрнини босувчи материал
	Х25ТЛ		- 20...+ 700	Х25Т пўлат кўлланиладиган сохадаги куйма курилмаларнинг кобиги, копкоки, фланец ва бошка деталлари учун
	Х28		- 20...+ 600	Суюк ва газли ўртача агрессив мухитда юкори температурада, ўзгармас ва ўзгарувчан юкламада ишловчи кимёвий курилмалар у-н
	Х28АН		- 20...+ 400	Ўртача агрессив мухитда ишлатила-диган, пайвандланган курилмаларнинг обечайка, туб ва бошка деталлари учун
	Х28Н4		- 20...+ 700	Газли коррозия шароитида ўртача агрессив мухитларда ишлайдиган, масъулияти кам кимёвий курил-маларнинг обечайка, днишче ва бошка деталлари учун
	1Х17Н2		- 20...+ 600	Паст ва ўртача агрессив мухитларда ишлайдиган кимёвий курилмаларнинг обечайка, туб ва бошка деталлари учун
	1Х21Н5Т ОХ21Н5Т	6,4	-100...+ 600	Ўртача агрессив мухитларда ишлайдиган, пайвандланган кимёвий курилмалардаги Х18Н10Т пўлатнинг ўрнига кўллаш учун
	0Х21Н6М2Т			Юкори агрессив мухитларда ишлайдиган пайвандланган, кимёвий курилмалардаги Х17Н13М2Т ўрнига кўллаш учун
	ОХ17Н5Г9АБ	1,6	-196...+600	Юкори агрессив мухитларда ишлайдиган, ОХ17Т бардош беролмайдиган, пайвандланган курилмаларда Х18Н10Т ўрнига кўллаш учун тавсия этилади.
				Чукур совитиш усулида газларни ажратиш ва озик-овкат саноатлардаги пайвандланган идиш ва курилмалар обечайка, туб ва бошка деталлари учун
	Х14Г14Н3Т	4	-196...+500	Чукур совитиш усулида газларни ажратиш ва озик-овкат, гўшт-сут, спирт ва бошка саноатларда пайвандланган курилмалардаги Х18Н10Т пўлатнинг ўрнига кўллаш учун тавсия этилади
		Чекланмаган		Юкори ва ўртача агрессив мухитларда,

	Х18Н10Т		-254...+600	масъулиятли пайвандланган кимёвий курилмалар обечайка, туб, фланец, труба тўр пардаси, болт, гайка, шпилка, штуцер патрубкаси ва бошкалар учун
	Х18Н9ТЛ			Юкори ва ўртача агрессив мухитларда ишлайдиган, кимёвий қуйма курилмаларинг кобиги, копкоки, фланец ва б. деталлари у-н
	Х17Н13М2Т	Чекланмаган	-196...+700	Юкори ва ўта агрессив мухитларда ишлайдиган Х18Н10Т, ОХ18Н10Т ва ОХ18Н12Б пўлатлар чидамсиз бўлганда, пайвандланган кимёвий курилмаларинг обечайка, туб, труба тўр парда ҳамда ўрами ва бошка деталлари учун
	ОХ23Н28М2Т	0,07	-	Фторли бирикмалар бор иссик фосфор кислотаси ва паст концентрацияли 60°С ли юкори агрессив мухитда ишлайдиган пайвандланган кимёвий курилмаларинг обечайка, туб каби деталлари учун
	ОХ23Н28М3Д3Т			Сульфат кислота, таркибида фторли бирикмалар бор, +80°С дан кам бўлган температурали фосфор кислотали (32…50% P_2O_5) ва температураси +70°С дан паст 25% ли кремний-фтор-водородли кислота мухитларда пайвандланган кимёвий курилмалар обечайка, туб ва б. деталлари учун
Қўш катламли (биметалл) пўлатлар	Ст.3+ОХ13	5	-40...+425	Таркибида олтингугурт бор иссик мухитларда ишлайдиган пайвандланган, нефть кимёси курилмаларидаги обечайка, туб, патрубка ва бошка деталлари учун
	20К+ОХ13	Чекланмаган	-40...+475	
	12МХ+ОХ13		-40...+540	
	Ст.3+Х18Н10Т	5	-30...+400	Ўртача ва ўта агрессив мухитларда ишлайдиган, пайвандланган кимёвий курилмаларинг обечайка, днишче, патрубка ва бошка деталлари учун
	20К+Х18Н10Т	Чекланмаган	-40...+400	
	20К+Х17Н13М2Т			

II-21 жадвал

Қурилмалар ва труба қувурларининг қўзғалмас, йиғма бирикмаларини зичлаш учун тавсия этиладиган металлмас кистирма материаллар

Кистирма материалининг номи	Зичлиги ρ, кг/м^3	Сортамент, мм	
		Қалинлиги	Лист ўлчамлари
Картон, сув ўтказмайдиган	900...1000	1; 1,5; 2; 2,5; 3	750x1500; 950x1500; 1000x1000; 1000x1500
Картон, А маркали	800...850	0,5; 0,8; 1; 1,5	750x1500; 950x1500; 1000x1000; 1000x1500
Картон, асбестли	1,0...1,3	2; 2,5; 3; 3,5; 4; 5; 6	900x900; 900x1000; 1000x1000
Паронит	1500...2000	1; 1,5; 2; 3; 4	500x500; 600x600; 700x1200; 1000x1200; 1000x1500; 1200x1500; 1200x1700
Паронит УВ-10	-	0,4...2,5	550x550
Резина, кислота-ишкорбардош резина, бензинбардош	-	0,5...10	эни 200÷1750 узунлиги 500÷10000
Пластификат полихлорвинилли	1300...1500	1...5	эни ≥ 600 узунлиги ≥ 1000
Фторопласт-4	2100...2300	1,5; 2; 3; 4; 5	195x195; 240x240
Текстолит МА Фибра ФТ	1300...1600 1100	0,5...3,5 0.6...2,5	250x250 эни 550x700; 1100...1400 узунлиги 850x1500; 1700...2300
Чарм техник	1100...1500	2,5÷5	-

Ундан ташкари, қуйидаги материаллар хам кистирма сифатида ишлатилади: мис (куйдирилган), алюминий (юмшок), зангламайдиган пўлат, никель, монел, қўрғошин.

ГЛОССАРИЙ
А дан Я гача

ruscha	мазмуни
абразив	abrasif (франц.). abrasio (лот.) – кириш, механик ишлов беришда ишлатиладиган каттик тоғ жинслари ва минераллари, масалан, корунд, гранит, кварц ва ҳоказо.
абсолют	absolutes (лот.) – сўзсиз, абадий, энг катта, доимий.
абсолют намлик	1 $м^3$ ҳаво таркибидаги сув буғларининг миқдори
абсолют тезлик	шартли равишда қўзғалмас деб кабул килинган жисмга нисбатан бошқа жисмнинг ҳаракат тезлиги
абсолют босим	резервуар, баллон, козон ва бошқа идишлардаги босим ва ташки (атмосфера) босимларнинг йиғиндиси
абсолют температура	абсолют нолдан ҳисобланадиган температура (-273,16°С).
абсорбент	absorbents (лот.) – ютувчи модда
абсорбер	absorbere (лот.) – суюк абсорбент ёрдамида газ ёки буғлар таркибидаги бирор компонентни ютиб ажратиш жараёнини амалга оширувчи курилма
абсорбция	absorptio, absorbeo (лот.) – ютаман, газлар аралашмасидаги моддаларнинг суюкликка ютилиши (сорбцияланиши)
автоклав	autos-сам (греч.)+clavis-калит (лот.), зич ёпилиб, юкори босимда иситувчи козон
агрегат	agregat (инглл.) – агрегат, қўшма курилма, йирик кисм
адгезия	adhaesio (лот.) – ёпишиш, юзалари тегиб турувчи турли жинсдаги каттик ёки суюк жисмлар (фаза)нинг ўзаро ёпишиб колиши
аддитивность	мураккаб модда хоссаси бўлиб, унинг сон микдори компонентлар характеристикаси сон кийматларини нисбий миқдорига ва кўпайтмаларининг йиғиндисига тенг.
адиабата	adiabatos (юнон.)– ўтиб бўлмас, исталган термодинамик диаграммада кайтар адиабат жараённи ифодаловчи чизик
адиабатик жараён	адиабатик жараён – жараённи амалга оширадиган система билан атроф-муҳит орасида иссиклик алмашиниши бўлмайдиган термодинамик жараён
адсорбентлар	ad (лот.)– устида, ёнида ва sorbens – ютувчи, юкори даражада ривожланган сиртида адсорбция ўтадиган синтетик ва табиий жисмлар
адсорбер	адсорбция жараёни кечадиган курилма
адсорбция	ad – устида, ёнида ва sorbeo (лот.)– ютаман, эритмадаги моддалар ёки газларнинг каттик жисм ёки суюклик сиртига ютилиши (сорбция).
айланиш частотаси	жисмнинг айланишлар сонининг айланишга кетган вактга, нисбатига тенг катталик бўлиб, СИ да ўлчов бирлиги – $с^{-1}$.
айланма ўтхона	материалларга физик-кимёвий ишлов бериш максадида уларни киздириш учун мўлжалланган, бўйлама ўк атрофида айланиб турадиган цилиндрсимон саноат ўтхонаси
аксиал–поршенли насос	ротори айланма ва поршенлари (одатда 7...9 та)

	илгарилама-кайтма ҳаракат киладиган роторли насос; суюкликни ҳайдаш босими 30 МПа гача
акцептор	accipio (лот.) – кабул киламан, оламан, бошка объектдан ниманидир олувчи объектдир, масалан, электрон кабул килаётган атом; кимёвий реакцияда иштирок этувчи бирорта компонентнинг фаоллиги, реакцияда катнашувчи бошка компонент билан фаолланиши
алифатик бирикмалар	углерод атомларининг «очик» (тўгри ёки тармокланган) занжиридан иборат органик моддалар (углеводородлар ва уларнинг ҳосилалари)
альдегидлар	молекуласида органик радикал ҳамда водород атоми билан боғланган карбонил гуруҳи бўладиган органик бирикмалар синфи
алкоголиз	полимерлар кимёвий деструкциясининг катализатор иштирокида реакциясининг спиртли муҳитда кечиш жараёни
ацидолиз	полимерлар кимёвий деструкциясининг катализатор иштирокидаги реакциясининг кислотали муҳитда кечиш жараёни
амбразура	шинак, бирор деталь ёки девордаги турли шаклли тешик
аммиак	NH_3 – нормал шароитда ўзига хос ҳидли, рангсиз газ
аморф	amorphos (грекч.) – жисмнинг атом, молекула ёки бошка заррачалари кристалникига караганда бетартиб жойлашган жисм
ампер	электр ток кучининг ўлчов бирлиги
ангидрид	an (инкор қилиш) + hydor(hydris) – «сувсиз» оксид, бирорта элементнинг кислород билан бирикмаси
ангстрем	ёруғлик тўлкинлари учун қўлланиладиган бирлик ва сантиметрнинг юз миллиондан бир улушига тенгдир
анергия	энергия, фаол ҳаракат кобилиятининг йўкотилиши
анизол	кимёвий бирикма, тошкўмир катронининг маҳсулотларидан бири
анизотроп	anisos (грекч.) – тенгмас + tropos - хосса, бурилиш, турли йўналиш бўйича хоссалари бир хил бўлмаган материал
анилин	anil (португ.) – индиго; an-nil (араб.); nila – кора-кўк, нитробензолни кайта ишлашда олинадиган, рангсиз, заҳарли суюклик
анкер	anker (нем.) – лангар, тош ёки ғиштли девор орасида колдирилган темирли боғ. Бир учи ташкарига чикарилган ва унда резьба очилган бўлади
аномалия	anomalia (грекч.) – текисмас, тенгмас, бир хил эмас, нормадан ёки умумий конуниятлардан четлашиш
антифрикцион	анти + frictio(лот.) – ишкаланиш, ишкаланишни камайтирувчи материал
антиоксидант	anti (грекч.) – карши, oxys – нордон модда, оксидланиш ингибиторлари, органик бирикмаларнинг оксидланишини тўхтатишга мойил табиий ёки синтетик моддалар сифатида, масалан, феноллар, ароматик аминлар, фосфор кислота тузлари
аппарат	apparatus (лот.) – курилма
арматура	armature (лот.) – куролланиш, жиҳозлаш, асосий

	жиҳозларга кирмайдиган, лекин уларнинг нормал ишлаши учун зарур бўлган ёрдамчи, одатда, стандарт курилма ва деталь
атактик полимер	молекулаларидаги элементар звенолар ўзаро маълум тартибда эмас, балки тартибсиз жойлашган, макромолекулалари говакрок тузилган полимер
атометр	atmos (грекч.) – буғланиш+metreo-ўлчайман, сувнинг буғланиш тезлигини аникловчи асбоб
атом	atomos (грекч.) – бўлинмас
аффинаж	affinage (франц.) – тозалаш, металларни аралашмалардан ёки бир-биридан ажратиш
ацетат	acetum (лот.) – сирка, сирка кислота тузи
ацетилен	рангсиз, заҳарли газ (углеводород), ёкимсиз хидли
аэрация	aeration (франц.), aer (грекч.) – ҳаво, шамоллатиш, ҳаво билан тўйинтириш
байпас	ҳайдаш йўлидаги ортикча босим ёки сарфни узатиш учун асосий кувурга уланган параллел кувур шаҳобчаси
балансировка	balancer (франц.) – куч таъсир этиб мувозанатлаш, баробарлаш
баланс	balance (франц.) – тарози.
балка	balk (голл.) – тўсин, асосан эгилишга ишлайдиган конструкцияларда қўлланади
баллон	ballon (франц.) – шар, копток, суюклик ва газ учун ёпик идиш
бандаж	bandage (франц.) – машина, механизм ва курилмаларнинг айланувчан ғилдиракка кийгизиладиган цилиндрик ҳалкасимон детали
бар	baros (юнон.) – оғирлик, СИ га кирмаган босим бирлиги. 1 бар=10^5Па.
барботёр	ҳаво, газ ёки буғ пуфакчаларининг суюклик катлами оркали ўтказиш учун мослама
барометр	baros(юнон.) – оғирлик ва metreo – ўлчайман, атмосфера босимини ўлчайдиган асбоб
баррель	нефть саноатида хом нефтни ўлчаш учун қўлланиладиган ҳажм ўлчов бирлиги, 1 баррель=158,987 литр.
башмак	бошмок, тозалаш бошмоги
бельтинг	белтинг (ingl.)– камарли узатма ёки белтинг мато – оғир, жуда зичлиги катта ва мустаҳкам техник мато
бензол	benzoe (лат.) – ароматик катордаги бошланғич углеводород
биение	тепиш, курилмаларнинг айланувчан цилиндрик деталлари сиртларининг ўзаро тўгри жойлашишдан четлашиши
биметалл	*bi*... ва металл – икки жинсли металл ёки котишмаларнинг мустаҳкам бириккан катламларидан иборат материал
бинар	binaries (лот.) – икки компонентдан иборат тизим
блок	кўтариш механизмининг бир кисми – ғилдирак айланаси бўйлаб (трос, аркон ёки занжир учун) арикчали деталь
блок полимерланиш	суюк мономерларни ҳеч кандай эритувчисиз, яхлит ҳолда полимерлаш усули
бобышка	буртма, кимё саноати курилмаларида колдик ва тозалаш

	суюкликларини чиқариш штуцери
болт	bolt (нем.) – маҳкамлаш детали, одатда, олти қиррали ёки квадрат каллакли цилиндрик стержендан иборат бўлади ва резьбали қисмига гайка буралади.
босим	жисм сиртининг бирор қисмига перпендикуляр йўналишда таъсир этувчи кучлар интенсивлигини ифодалайдиган катталик, СИ да ўлчов бирлиги – Паскаль (Па)
боскичли полимерланиш	мономер молекуласидаги бирор водород ёки бошқа атом иккинчи молекулага силжиши натижасида мономер молекулалари ўзаро бирикиб, полимер ҳосил қилиш жараёни
брикетирование	майда, сочилувчан заррачаларни квадрат, тўртбурчак, шар ва бошқа шакл (брикет) бериб пресслаш
бронза	bronzo (итал.) – мис асосидаги қотишма; асосий қўшимчалари рух(латунь) ва никелдан (мис–никель қотишмалари) ташқари қалай, алюминий, бериллий, кремний, қўрғошин, хром ёки бошқа элементлардан иборат
бункер	bunker (инг.л.) – сочилувчан ва бўлакли материаллар ўз оқими билан бўшатилиши учун пастки қисми кия деворли (тўнтарилган кесик пирамида ёки конуссимон шаклли) қилиб ясалган, тўкиладиган материаллар миқдорини ростлаш учун эса тортқи ва таъминлагичлар билан жиҳозланган
буғ	суюқлик (ёки қаттиқ жисм) нинг газсимон ҳолати; модданинг газ ҳолатдаги фазаси шу модданинг суюқ (қаттиқ) ҳолатдаги фазаси билан мувозанатда бўлади
буғ босими	буғ-куч қурилмалари ва технологик агрегатлардаги буғ босими бўлиб, уларни ҳисоблаш ва лойиҳалашда асос қилиб қабул қилинган
буғ ва газ турбиналари	ишчи жисм сифатида буғ ёки газ ишлатадиган турбиналар
буғ турбинали қурилма	ўз ичига буғ қозони ва буғ турбиналарини камраб олган энергетик қурилма
буғлатиш	модданинг суюқ агрегат ҳолатидан газсимон агрегат ҳолатига ўтиш жараёни
буғлаткич	суюкликлар (сув, совитиш элткичи ва б.) нинг буғланиш жараёнини амалга оширадиган иссиклик алмашиниш қурилмаси
буғ қозони	ёқилғи ёнганда ўтхонада ажраладиган иссиклик ҳисобига босими атмосфера босимидан юкори буғ олинадиган қурилма
буғ ҳосил бўлиши	бу суюқ ёки қаттиқ фазавий ҳолатдан газ агрегат ҳолатига ўтиш жараёни
бурчак тезлик	қаттиқ жисм айланиш тезлигини характерлайдиган вектор катталик ω, СИ да ўлчов бирлиги – рад/с
бура	buraq (араб.) – борат гуруҳидаги минерал
бутадиен	тошкўмир курук ҳайдалганда ҳосил бўладиган тўйинмаган углеводород гази бўлиб, синтетик каучук олишга хом-ашё
бутан	but(yron) (грекч.) – мой, ёғ. Тўйинган газсимон углеводород, хом нефть таркибида бўлади
бутилен	тўйинмаган газсимон углеводород, бутанга қараганда

	молекуласида 2 та атом водород кам
бустер	booster, boost (инг.) – кўтармоқ, босимни оширмоқ, юклама анча ортиб кетган вактда асосий механизм ёки машинанинг таъсир кучи ва тезлигини оширадиган ёрдамчи курилма
ванты	want (голл.) – мачталар ёки баланд конструкцияларни ушлаб турувчи пўлат тросларда вертикал, турғун ҳолатини таъминловчи мачта ва асос орасидаги эгилувчан торткич
вакуум	vakuum (лот.) – бўшлик, идишга тўлдирилган газнинг сийраклашган ҳолати
Ватт	электр ёки механик кувват ўлчов бирлиги
вентиль	ventil (нем.) – клапан, труба кувурида буғ, газ ёки суюклик ҳаракатини ростлаш, ҳамда кувурни ёпиш ёки очиш учун кўлланиладиган ёпувчи мослама
вибрация	vibro (лот.) – тебраниш, титраш, дириллаш
вкладыш	подшипник ва бошка машина, агрегат ва мосламалар сирпаниш кисмининг детали
войлок	намат ёки кигиз, ундан ясалган зичлиги юкори, тўкилмаган текстил материали
воронка	оғзи тор идишларга суюклик куйиш учун ишлатиладиган асбоб
втулка	машина ва курилмаларнинг ўқ йўналишидаги тешикли цилиндрик ёки конус шаклидаги деталь
газ	chaos (грекч.) – хаос, хоссалари кескин равишда ўзгармайдиган, бор бўшликка таркалувчи модда
газгольдер	gasholder = gas – газ(инг.) + holder-туткич, газни саклаш ва уни таксимлаш учун хизмат киладиган стационар курилма ёки иншоот
газлифт	газ+lift (англ.) – газ ёрдамида кўтариш машинаси
газогенератор	каттик ёкилғини газсимон ёнилғига айлантириш мосламаси
газ турбинали курилма	ўз ичига газли турбина, компрессор, ёниш камераси, газ-ҳаво тракти, бошкариш тизими ва ёрдамчи мосламаларни мужассам килган конструктив бирлашма
гальваник коплама	буюмлар юзасига электролитик чўктириш усулида копланадиган микрометрнинг бир неча улушидан миллиметрнинг ўнлаб улушларигача калинликдаги металлнинг юпка катлами
галлон	gallon (инг.) – суюклик ва сочилувчан материалларнинг Англиядаги ҳажм ўлчами; у 4 квартага ёки 18 бушель ёки 4,546 литрга тенг
герметик	суюклик ва газ курилма ва машиналари, идишлари ва иншоотларнинг девор, ҳамда бирикмаларидан суюклик ва газ сизиб ўтмаслигини таъминловчи ёки зичловчи модда
гетерозанжирли полимер	асосий занжирида углероддан ташкари кислород, азот, олтингугурт, фосфор, кремний ва бошка элементларнинг атомлари ҳам бўлади
гигроскопичность	hydros (грекч.) –намлик+skopeo (грекч.) – айрим модда ва маҳсулотларнинг суюклик(сув бугини)ни шимиб олиш кобилияти

гидравлика	hydor (юнон.) – сув+ aulos – найча, механиканинг суюкликлар ҳаракати ва мувозанат қонунларини ҳамда бу қонунларни муҳандислик амалиёти масалаларини ечишга татбик этиш усулларини ўргатадиган бўлими
гидратация	сув молекулаларининг парчаланмасдан кимёвий бирикмага қўшилиши
гидро	hydor (грекч.) –сув, намлик
гидролитик деструкция ёки гидролиз	полимерлар кимёвий деструкциясининг катализатор иштирокидаги реакциясининг сув муҳитида кечиш жараёни
гидравлик пресс	энергия элткичи 20-100 МПа босимли суюкликдан иборат бўлган статик ҳаракатланадиган машина
гидроген	гидро + genos (грекч.) – род, яъни водород.
гидродинамика	суюклик ҳаракатини ўрганадиган гидромеханиканинг бир қисми
гидромотор	гидравлик юриткич, томчили суюклик босими таъсири остида айлантираладиган машина
гильза	hulse (нем.) – поршенли иссиклик юриткичларнинг блокларига ўрнатиладиган, алмаштириладиган цилиндрик қуйма
гистерезис	hysteresis (юнон.)– кечикиш. физик жисмнинг баъзи ташки таъсирларга (у шу таъсирларга олдин учраган ёки учрамаганлигига караб) турлича реакцияси
гомоген	homogenes (грекч.) – бир жинсли, бир хил хоссаларга эга жисм
гофрирланган	gaufrer (франц.) – лист, юпка металл ёки фанер листларга мустаҳкамлигини ошириш учун тўлкинсимон шакл бериш
градирня	gradieren(нем.) – минорали совуткич, сув таъминотидаги айланма сувни совитиш тизими
гранула	granulum (лот.) – донача, сочилувчан ёки кукунсимон материалларга физик-механик ва физик-кимёвий таъсир этиб олинган шарсимон заррача
грохот	каттик ёкилғи, маъдан, шағал, дон ва бошка сочилувчан материалларни тешиклари турли шакл ва ўлчамли элаксимон ёки колосникли панжаралардан ўтказиб ўлчамлари бўйича фракцияларга ажратиш машинаси.
гуммирование	gumming ёки gum (инглл.) – елим
губка	ғоваксимон, зичлиги жуда кичик, енгил маълум бир шаклли полимердан олинган жисм
двигатель двойного действия	поршеннинг иккила томонида ишчи жараён бажариладиган поршенли юриткич
деаэрация	де... ва аег (юнон.) – ҳаво. суюкликдан сувда эриган (жиҳозларни коррозияга олиб келадиган) кислород ва карбонат ангидридни чикариб юбориш
дегазация	зарарли газларни чикариб юбориш
дегидрирлаш	дегидрогенизация (дегидрирлаш) – гидрирлаш тескари реакция, яъни бирикма органик бирикмадан водород атомларини ажратиш
дезинтеграция	бутун жисмни турли ўлчамли зарраларга парчалаш
демонтаж	курилма ва машинани қисм ва деталларга ажратиш

демпфер	dampfer (нем.) – сўндиргич, механик тебранишларни тинчлантирувчи мослама (тебраниш сўндиргич)
депрессия	depressio (лат.) – пасайтириш, бостириш.
деструкция	destructio (лот.) – бузилиш, ниманидир нормал тузилишдан четлашиши
деталь	detail (франц.) – бир жинсли материалдан тайёрланган буюм
детандер	detendre (франц.) – босимни пасайтириш, сикилган газда ишлайдиган поршенли машина
детонация	detono (лот.) – ёкилғи аралашмасининг карбюраторли юриткич цилиндрида ёниш жараёнининг портлаш жараёнига тезда якинлашиши ва унда алаиганинг таркалиш тезлигининг кескин равишда (100 маротабагача) ортиши
дефлегматор	ректификацион колоннанинг бир бўлими бўлиб, унда колоннага кайтариладиган бир кисм дистиллят (флегма) конденсация килинади
деформация	deformation (лот.) – ўзгариш, жисм заррачаларини нисбий ҳолати силжишига олиб келувчи ташки кучлар: иситиш, совитиш, намлик ва бошка омиллар таъсирида жисм шакли ёки ўлчамларининг ўзгариши
децибел	[дб] – деб белгиланадиган, техника ва акустикада товуш кучи ва кувватини ўлчаш учун ишлатиладиган ўлчов бирлиги
дезмульсация	эмульсия, механик аралашмани парчалаш, масалан, нефтни сувсизлантириш, яъни нефтни ер ости сувларидан ажратиш
диабаз	diabase (франц.) – тўлик кристаллик, майда донали, вулкон тоғ жинсининг эски номи бўлиб, кимёвий ва минерал таркиби бўйича базальтнинг бир тури
диаграмма	(юнон.diagramma – расм, чизма) – таккосланаётган катталиклар орасидаги боғланишни яккол кўрсатувчи график тасвир
диализ	dialysis (грекч.) – ажратиш, коллоид эритмаларни туз ва бошка моддалардан тозалаш усули
диаметр	(юнон.diametros – кўндаланг) айлана диаметри – айлана марказидан ўтиб, унинг икки нуктасини бирлаштирувчи тўғри чизик
диафрагма	diaphragma (грекч.) – тўсик, тешикли диск бўлиб, труба кувуридан ўтаётган суюклик, газ ва буғ сарфини ўлчашда фойдаланилади, стандарт торайтирувчи курилма сифатида ишлатилади
дивинил	di(s) (грекч.) икки + vinum (лот.) – вино, спиртдан олинадиган газсимон органик модда
дилатант	силжиш тезлиги ўсиши билан ковушкоклиги кўпайиш хоссасига эга бўлган аномал-ковушкок системалар ***дилатант*** деб номланади. Бу турдаги суюкликларга куюк суспензия, елим ва ҳоказоларни мисол сифатида келтириш мумкин.
динамик	dynamikos (грекч.) – куч, кучга тегишли, ички энергиянинг ҳаракатига боғлик
дисперсионная среда	dyspersus (лот.) – таркок, сочилган, суюк мухитда

	майдаланган жисм заррачаларининг ҳолати
дисперсия	жисмни майда заррачаларга парчалаш
дистилляция	distillatio (лот.) – томчи бўлиб окиш, икки ва ундан ортик компонентлардан таркиб топган суюк аралашмани ҳар хил кайнаш температурасига асосланган физик-кимёвий ажратиш жараёни
дистиллер	ҳайдаш жараёнини амалга оширадиган қурилма, масалан, кальцинацияланган сода ишлаб чикариш технологиясида аммонийлашган намокобдан аммиакни ажратиш колоннаси
дисбаланс	дисбаланс, нотўғрилик даражаси
диффузия	diffusion (лот.) – таркалиш, эриган бир фаза молекулаларининг иккинчи фазада бир текисда таркалишини таъминловчи жараён
диффузор	канал ёки қувурнинг газ (суюклик) окими тормозланадиган ва босими ошадиган кисми
днишче	днишче, яъни қурилма цилиндрик кисмини икки чеккасини ёпувчи деталь
дозатор	кандайдир моддани маълум микдорда ўлчаб ўтказиш мосламаси
донник	melilotus (лот.) – дуккаклилар гуруҳига кирувчи бир йиллик ўтсимон ўсимлик
донор	donare (лот.) — донор, совға килиш
дренаж	drainage(франц.); drain (ингл.) – боткок ерларни очик канал, ариқ ёки ғовакли трубалар ёрдамида сувсизлантириш, ўзлаштириш
дроссель	drossel(нем.) – буғ, газ ёки суюкликларни қувур ва трубалар оркали ўтишини ростловчи клапан
дросселлаш	окимни маҳаллий каршиликдан ўтказиб босимини пасайтириш жараёни бўлиб, бунда иссиклик берилмайди ва ажратиб олинмайди ва ҳеч кандай иш бажарилмайди
допуск	бирор параметрнинг рухсат этилган энг катта ва энг кичик кийматлари орасидаги фарк
Дьюар идиши	кумуш билан копланган қўшалоқ деворли, ичидан ҳаво сўриб олинган шиша идиш
ёниш	ёкилгининг оксидловчи билан кимёвий бирикиши бўлиб, интенсив равишда иссиклик ажралиши ва ёниш маҳсулотлари температурасининг кескин ортиш жараёни
Жоуль	СИ системасида иш, иссиклик ва энергияларнинг ўлчов бирлиги
жараён	processus (лот.) – ҳаракат
заглушка	тикин, конструкцияларнинг ички бўшлиғини герметик беркитувчи деталь
задвижка	задвижка, сув трубаларини беркитувчи курилма
заслонка	тўсик, ғов, копқок - ҳаво йўлидаги клапан, кисман беркитувчи деталь, мослама
затвор	кулф, занжир, тамба, ёпиш мосламаси, одатда ҳаракатчан шчит – турли асбоб ва машиналарнинг бирор жойини ёпадиган механизм; металл конструкция кўринишида, бўлиб гидротехник иншоотлар тешикларини ёпиш ёки кисман ёпиш учун, суюклик сарфини ростлаш ва сув

	оқими ёки катламидан тушаётган юкламага бардош берадиган мослама
золотник	турли хил машина ва агрегатларда суюқлик, буг ёки газларни таксимловчи механизм
изобарик жараён	ўзгармас ташки босимда ўтадиган термодинамик жараён
изоляция тепловая	isolation (франц.)– иссикликни ёмон ўтказадиган материал ёрдамида иссикликни йўқотилишидан ҳимоялаш
изомеры	молекуладаги атомларининг турли жойлашганлиги туфайли кимёвий ва физик хоссалари бўйича фаркланадиган, лекин кимёвий таркиби бир хил моддалар
изопрен	табиий каучукни қурук ҳайдаш ёки ўта кизиган пўлат труба оркали скипидар буғларини ўтказиш йўли билан олинган суюк углеводород
изотактик полимерлар	катализатор иштирокида олинган кристалл тузилишидаги ва ўринбосарлари фазода тартибли жойлашган полипропилен ҳамда бошка полиолефинлар
изотермик жараён	физик тизимда ўзгармас температурада ўтадиган термодинамик жараён.
изотахи	изо+tachos (грекч.) – тезлик, окимнинг бир хил тезлик чизиклари
изотермалар	изо... ва therme (юнон.) – иссиклик, ҳолат диаграммасида мувозанатдаги изотермик жараённи ифодаловчи чизиклар
изотопы	битта кимёвий элемент атомлари, лекин турли атом массаларига эга
изохорик жараён	системанинг ўзгармас солиштирма ҳажмида ўтадиган термодинамик жараён
изохора	термодинамик диаграммада моддаларнинг ҳолат чизиғи бўлиб, кўрилаётган модда ҳажмининг кийматлари ўзгармасдир
изохор жараён	физик тизимда ўзгармас ҳажмда кечадиган жараён
икки роторли насос	кобигида икки шаклдор ротор бир-бирига ва камера деворига тегмай, карама-карши йўналишда синхрон айланадиган вакуум насос
ингибитор	imhibere (лот.) – ушлаб туриш, секиилаштириш, тўхтатиш, яъни коррозия ёки реакцияни секинлаштирадиган ёки умуман тўхтатувчи модда
инициатор	мономерларни полимерлаш жараёнини тезлатиш учун хизмат киладиган махсус модда, у осон парчаланади ва эркин радикаллар ҳосил килади
инертный	inerts (лот.) – ҳаракатсиз, фаолиятсиз, ҳеч кандай бирикмага киришмайдиган газлар: гелий, неон, аргон, криптон, ксенон ва радон
инжектор	imjecteur (франц.) – ичкарига отиш, улоқтириш, яъни суюкликни узатувчи окимчали насос
инконель	никелнинг (15-17%) хром, (19% гача) темир, (35% гача) алюминий ва (3% гача) титан элементлари бўлган котишмаси
импеллер	impeller (ингл.) – реактив юриткич, марказдан кочма, компрессор, гидротрансформатор, вентилятор ва бошка машиналарда куракчали ишчи ғилдирак
импульс	impulsusr (ингл.) – туртки, интилиш, уйғотиш, яъни турли

	сигналлари узлуксиз эмас, балки вақти-вақти билан содир бўладиган ҳодиса, жисм механик ҳаракатининг мезони, физикавий вектор катталик
интермедиат	intermedius (лот.) – кимёвий реакция жараёнида ҳосил бўлган киска муддат турғун ҳолатда бўладиган оралик маҳсулот
ион	ion (грекч.) – зарядланган атом
ионизация	газ молекулалари ёки атомларидан электронларнинг ажралиб чикиши окибатида газда ион ва эркин электронлар ҳосил бўлиш ҳодисаси
иссиклик	иссиклик алмашинишида системанинг ташки параметрлари: ҳажми ва бошкалар ўзгармаганда система оладиган ёки берадиган энергия миқдори
иссиклик оқими	исталган юза оркали вакт бирлигида узатилган иссиклик миқдори
иссиклик ҳаракати	жисмлар микрозаррача (молекула, атом ва б.)ларининг бетартиб ҳаракати
иш	физик жараёнда содир бўладиган энергиянинг бир турдан иккинчи турга айланишини ифодаловчи катталик
ишчи жисм	бу газсимон, суюк ёки плазмали модда бўлиб, унинг ёрдамида кайсидир энергияни механик иш, совуклик ёки иссиклик энергияга айланиши учун хизмат килади
кавитация	cavity (англ) – бўшлик, ковак – каттик жисм юзасида суюкликнинг катта тезликда ҳаракатланиши туфайли ва суюкликдаги босимнинг буг ҳосил бўлиш босимигача пасайиши окибатида маҳаллий буг ҳосил бўлиш ва совук зонага дуч келганда конденсацияланиш ҳодисаси
калория	calor (лат.) – иссик, иссиклик миқдорининг ўлчов бирлиги; 1 г сувни температурасини 1°С га кўтариш учун зарур иссиклик миқдори
калорифер	calor (лот.)– иссиклик ва fero – элтаман, ҳаво билан иситиш, шамоллатиш ва куритиш системаларида ҳавони киздириб берадиган курилма
каменноугольная дёготь	тошкўмир катрони
канифоль	colophonia resina (лот.)– колофон катрони, оч сарикдан тўк кизилгача рангли шишасимон мўрт модда бўлиб, зичлиги 1007-1085 кг/м^3
капрон	poli-ε-капроамид, нейлон-6, полиамид 6 – синтетик полиамид тола бўлиб, капролактам полимеризация маҳсулоти poli-ε-капроамиддан олинади
карбозанжирли полимер	асосий занжири факат углерод атомидан ташкил топган
каретка	carretta (итал.) – аравача, йўналтиргич бўйлаб ҳаракат киладиган кисм ёки аравача
Карно цикли	кайтар айланма жараён бўлиб, унда иссикликнинг ишга айланиши нисбатан тўларок амалга ошади ёки бошкача тавсияси икки изотермик жараён ва икки адиабатик жараёндан иборат кайтар айланма жараён
картер	carter (инг.) – қутига жойланган машина ва механизм (юриткич, редуктор, насос ва б.) ларнинг кўзгалмас кисми
катализ	katalysis (грекч.) – бузиш, парчалаш, катализатор таъсири остида термодинамик рухсат этилган йўналишда селектив равишда кимёвий реакцияни тезлаштириш. Бунда, у

	реакция иштирокчилари билан кўп маротаба оралик кимёвий таъсирда бўлади ва ҳар бир циклдан сўнг ўз кимёвий таркибини кайта тиклаб олади. Саноат реакцияларининг кўпчилиги каталитикдир.
катализат	рнформат. ароматик ва тўйинган углеводородларнинг суюк аралашмаси бўлиб, автомобил ва авиацион бензинларга юкори октанли компонент сифатида кўшилади ва у каталитик риформинг усулида олинади
каталитик полимерланиш	каталитизатор (туз, ишкорий металл ва уларнинг органик бирикмалари) лар иштирокида кечадиган кимёвий жараён
квант	quantum (нем.) – миқдор, масса+quantum(лот.) – канча
кварц	SiO_2–минерал, кремний икки оксиди ёки кремнезем
Кельвин	СИ системасидаги термодинамик температура бирлиги (К). 1К–сувнинг учламчи нуктаси термодинамик температурасининг 1/273,16 кисмига тенг
кило...	Chilioi (юнон.) - минг – ўнлик каррани билдирувчи олд кўшимча 10^3 ни англатади
килограмм	СИ системасидаги масса бирлиги (кг)
килограмм-куч	МКГСС бирликлар системасида куч бирлиги. 1кгк = 9,806 Н
киловатт-соат	(кило... ва ватт) – иш ва энергиянинг СИ бирликлари билан бир каторда қўлланишга рухсат этилган системага кирмаган бирлиги
кинетик энергия	ҳаракатдаги жисм энергияси, яъни ҳаракатланувчи жисмнинг иш бажариш кобилияти
клапан	klappe (нем.) – копкок, тўсик, курилма ва трубаларда газ, буғ ёки суюклик сарфини бошкарадиган детал ёки мослама
классификация	classis – синф + facere- килмок (инг.) – турли шакл ва зичликдаги каттик заррачаларни сув ва ҳавода чўкиш тезликлари турли бўлишига асосланган, фойдали казилмаларни ва барча сочилувчан материалларни саралаш жараёни
классификатор	классификация жараёнини амалга оширувчи курилма
коагуляция	coagulatio (лот.) – котиш, ўраб олиш, яъни заррачаларни йириклашиши ва огирлашиши туфайли дисперслик даражаси ва дисперс система сонини камайтириш
коалесценция	томчи ёки газ пуфакчаларининг ўзаро тўкнашишида бирлашиб кетиши
кокс	кўмирни ҳавосиз камерада киздириб олинган модда
кокс гази	тошкўмирни кокслашда ажралиб чикадиган ёнувчи газ (55...60% водород, 20...30% метан, 5...7% углерод оксиди)
количественный анализ	бирикма таркибий кисмларининг нисбий массавий миқдорларини аниклаш
колокол	калпок, кўнгирок ёки занг шаклидаги жисм
колосник	металл, кўпрок чўяндан тайёрланган элементлар бўлиб, улардан хилма-хил шаклдаги тешикли панжара
компенсация	compensatio (лот.) – ўрнини тўлдираман, мувозанатлайман, температура, босим, вазият, узунлик, ковушкоклик ва бошкаларни мувозанатлаш ёки ростлаш
компенсатор	compensatio – ўрнини тўлдираман, мувозанатлайман –

	иншоотлар, системалар. машиналар, асбобларнинг ҳолати ва ишлашига турли омиллар (температура, босим, вазият ва б.) таъсирини йўкотадиган ёки мувозанатлайдиган, ёхуд у ёки бу омилни ўлчаш ёки ростлаш максадида уларни аниклайдиган курилма ёки тўлдиргич
компонент	componens (лот.) – таркибий, ниманидир таркибий кисми
компримировать	comprimere (лот.) – сикиш, газни суюлтириш максадида компрессор ёрдамида сикиш
компрессор	compressio (лот.) – сикаман, ҳаво ёки газни 0,015 МПа дан кичик бўлмаган ортикча босимгача сикадиган машина
конвекция	convectio (лот.) – олиб келиш, таркалиш, макроскопик ҳажмдаги суюкликларнинг ҳаракати туфайли иссиклик таркалиш жараёни
конверсия	conversio (лот.) – айланиш, ўзгартириш, юкори температурада айрим газларни таркибини ўзгартириш максадида қайта ишлаш жараёни
конденсат	condensatum (лот.) – зичланган, куюклаштирилган, буғ-газ аралашмасини совитиш натижасида ҳосил бўлган суюклик
конденсатор	(лот.condenso – зичлайман, куюклаштираман) – моддаларни газ (буғ) ҳолатдан суюк ёки кристалл ҳолатга ўтказадиган иссиклик алмашиниш курилмаси
конденсация (юпка катламли)	ҳўлланадиган юзада узлуксиз конденсат юпка катламининг ҳосил бўлиши
конденсация (томчили)	кўлланмайдиган силлик юзада буғнинг совиши окибатида ҳосил бўладиган томчилар
консистенция	consistere (лот.) – модданинг юмшоклик даражаси, куюклиғи, зритма ва ярим суюк жисмлардаги ҳолати
контакт	contactus (лот.) – тўкнашиш
конфекционнрование	ҳамма турдаги материал ёки нималарнидир танлаш
концентрация	con+centrum (лот.) – марказ, тўпланиш, каттик. суюк ёки газ фазаларда моддалар нисбатининг миқдорий ифодаси
концентрик	концентрик, якка ёки битта марказли
консоль	console (frans.) – бир учи кўзғалмас, иккинчи учи эркин маҳкамланган ферма ёки конструкциянинг таянчидан чикиб турувчи кисми ёки кўтариш мосламаси
константа	constants (лот.) – ўзгармас, ўзгарувчан катордаги ўзгармас катталик
контргайка	асосий гайка ўз-ўзидан буралиб кетмаслиги учун болт ёки шпилка бураладиган кўшимча гайка
конфигурация	configuratio (лот.) – ташки кўриниш, шакл
конформация	конформация макромолекуланинг физик характеристикаси бўлиб, конфигурациянинг ҳосиласидир. Умумий ҳолда конформация – бу макромолекулани ҳосил килувчи атом ва атом гуруҳларининг фазода ўзгарувчан жойлашувидир
конформацион айланиш	иссиклик ҳаракати (ёки ташки майдон) таъсирида кимёвий боғлар узилмасдан молекула шаклининг ўзгаришига конформацион айланиш дейилади
конфекционнрование	ниманидир ёки ҳамма турларни танлаш, комплектация килиш принциплари

коромысло	шайин, юк ва жисмларни кўтариш ёки ташиш учун ёйсимон абқаш ёки мослама
корпус	corpus (лот.)– тана, яхлит нарса, машина ёки қурилмаларинг барча механизм ва деталларини кўтараднган асос ёки негиз
коррозия	corrodo (лот.)– кемираман, металларнинг ташки мухит билан кимёвий ёки электр кимёвий таъсирида емирилиши
корунд	α-оксид алюминий оксиди (Al_2O_3), жуда каттик, кристаллик минерал
косынка	учбурчак шаклли металл пластина, дуррача
коэффициент	co(cum) (лот.) – билан, биргаликда + efficiens – ишлаб чикарувчи, бошка номаълум ёки ўзгарувчан катталикка кўпайтма бўлган бошка ўзгармас ёки маълум катталик
коэффициент избытка воздуха	ёнувчи аралашма таркибидаги ҳаво ортикчалигини характерловчи коэффициент
кран	kran (нем.) – кран, жўмрак
кран-укосина	энг содда кўтариш мосламаси бўлиб, унинг учбурчакли кронштейн-укосинаси блоклари билан курилма кобиғига маҳкамланади
крейцкопф	kreuzkopf (нем.) – ползун, кривошип-ползунли механизм детали
крекинг	cracking (инглз.) – нефть ва унинг фракцияларига юкори температурали ишлов бериш натижасида паст молекуляр массали ёки енгил фракцияли маҳсулотлар олиш жараёни
крестовина	чорбармок, дифференциалда ва умуман механизмларда бир-бирига кўндаланг ёки Х-шаклли килиб ясалган кисм
кривошип	кривошип механизмининг кўзғалмас ўк атрофида тўлик (360°) айланадиган деталь
криоген	kryos-совук, муз+genos (грекч) – ҳосил бўлиш, туғилиш, яъни паст температураларга оид ёки тегишли
криоскопия	kryos-совук, муз+skopeo (грекч) – карайман, кузатаман, эритмада эриган моддалар микдорининг эритувчи музлаш температурасининг пасайтиришига асосланган молекуляр оғирликни аниклаш усули
кристаллогидрат	ўз таркибида кристаллизацион сув ушлаган кристалл моддалар
критерий	criterion (грекч.) – мезон, ажратиб турувчи белги, хосса
критическая скорость	суюклик окимининг ламинар ҳаракат режимидан турбулент режимга ва аксинча, турбулентдан ламинар режимга ўтиш тезлиғига тўғри келадиган окимнинг ўртача тезлиги
критические точки	суюкликнинг буғ (газ) ва муз (каттик) агрегат ҳолатларига ёки тескариси, яъни муздан суюкликка ва суюк агрегат ҳолатидан буғ ҳолатга ўтиш температураларига тегишли нукталар
кронштейн	kragstein (нем.) – машина, курилма ва механизмларни вертикал деворга ёки колоннага маҳкамлаш учун хизмат киладиган консолли таянч деталь ёки конструкция
куракли насос	динамик насос; суюкликни айланувчи иш ғилдирак куракчалари кучи ҳисобига ҳайдайди
лабильный	labilis (лот.) – сирпанувчи, нотурғун, ўзгарувчан

лежак	таг синч, таянчли курси ёки тўр
Лаваль соплоси	тораювчи ва кенгаювчи кисмли комбинацияланган сопло бўлиб, товуш тезлигидан юкори тезликлар олиш учун қўлланилади
ламинар оқим	lamina (лот.)– лист, пластинка, йўл-йўл – реал суюкликнинг тартибли окими; суюклик қўшни катламларининг ўзаро аралашиб кетмаслиги билан характерланади
латунь	latun (нем.) – жез, мис билан рух (50% гача) дан иборат котишма. Кўпинча, алюминий, темир, марганец, никель, қўрғошин ва бошка элементлар (умумий йигиндиси 10% гача) ҳам қўшилади
лебедка	чиғирик, юк ва оғирликларни кўтариш мосламаси
легирланган пўлат	углеродли пўлатга физик-механик хоссаларини яхшилаш учун легирловчи (*Cr, Ni, V, Mo, Mn, Si, Ti, Cu* ва ҳ) элементлар қўшилган пўлат
линза	linse (нем.), lens (лот.) – иккита айланиш юзалари билан чегараланган бир жинсли оптик шаффоф деталь
локальный	localis (лот.) – маҳаллий, шу жойга тааллукли
люк	luik (голл.) – туйнук, курилма ичига кириб чикадиган туйнук
люфт	luft (нем.) – деталлари ёки бирлаштирилган кисм юзалари орасидаги тиркиш
майдалаш	каттик материал бўлакларини майдалаш жараёни.
майдалагич	каттик жисмлар (асосан, минерал хом-ашёси)ни майдалайдиган машина
максимум	maximum (лот.) – энг катта, энг катта чегаравий микдор
макромолекула	macros (грекч.) – узун, катта полимер молекуласи, бир бутун занжирга ковалент бирлаштирилган таркибий бирлик (мономер звено) ларининг ўхшаш гомополимерларнинг кайтаралиши ёки турли сополимерларнинг такрорланиш принципида курилган
манометр	manos(юнон.) – сийрак + …метр – суюклик ва газ босимини ўлчайдиган асбоб. Нолдан (тўла вакуумдан) ҳисобланадиган абсолют босимни ўлчайдиган манометр; ортикча босимни, яъни абсолют босим ва атмосфера босимлари орасидаги фаркни ўлчайдиган асбоб
марказдан қочма насос	суюклик айланувчи иш ғилдираги марказидан унинг четларига томон ҳаракатланадиган куракли насос
масштаб	masstab (нем.) – чизма, план ёки картадаги чизик узунлигининг аслидаги тегишли чизикка нисбати
маховик	яхлит, массив ғилдирак
мачта	баланд устун, мачта, минора
машина	macshine (нем.) – иншоот, машина, яъни энергия, материаллар ва ахборотни ўзгартиришда ҳаракат бажарувчи механик қурилма
мембрана	membrana (лот.) – пўст, парда – периметр бўйлаб маҳкамланган юпка юмшок пластинка; турли босимли икки бўшликни бир-биридан ажратиш ёки берк (туташ) ковакни умумий ҳажмдан ажратиш ҳамда босим ўзгаришларини чизикли силжишларга айлантирувчи

	мослама
метан	CH_4 – боткок гази, углеводород, рангсиз газ, суюк метан кайнаш температураси – 161,4^{0}C
метанол	метил ёки ёғоч спирти (CH_3OH) – рангсиз суюклик, кайнаш температураси 65^{0}C
метил	methyl (франц.) – бир валентли радикал, метан қолдиғи (CH_3)
метилен	бир валентли органик радикал CH_2
метр	metreo (франц.), metron (юнон.) – ўлчов, СИ системасидаги узунлик бирлиги
микрометр	чизикли ўлчамларни контакт усулида ўлчайдиган аник микрометрик винтли универсал ўлчаш асбоби
миллимикрон	микроннинг мингдан бир улуши
моделирование	лаборатория моделларида қурилма, машина, иншоот ва бошқа мосламаларда бораётган физик ва бошқа жараёнларни ўрганиш
модифицированный	материал ёки моддага бирор компонент қўшиб кайсидир бир хоссасини яхшилаш
монель	АҚШ саноатчиси А.Монель номи билан аталган бўлиб, мис (27...29%), темир (2...3%), марганец (1,2...1,8%) лар котишмаси
мономер	полимерни синтез қилишда ишлатиладиган паст молекуляр бирикмалар
монтаж	montage (франц.) – кўтариш, ўрнатиш, йигиш, иншоот, конструкция, технологик жиҳоз, асбоб, агрегат ва уларнинг қисмларини тайёр деталлардан йиғиш, ўрнатиш
монтежю	monte-jus (франц.) monter-кўтариш+jus –шарбат, сув – сикилган ҳаво ёрдамида суюкликларни узатиш учун хизмат киладиган герметик идишлар
муфта	муфта (нем.) – ўк, тортки, труба, канат, кабель ва бошқаларни бирлаштирадиган мослама
насос-форсунка	ёкилғи насоси ва пуркагични ўзига мужассам килган агрегат
надмолекулярная структура	шаклига караб макромолекулалар глобуляр и фибриллали бўлади. Фибриллали юкори молекулали бирикма жуда осон асимметрик молекулалар тўплами – фибрилла кўринишидаги молекула уст таркиб ҳосил қилади
натр	natrium (лот.) – натрий ишкори, натрий оксидининг гидрати ($NaOH$ ишкори). каустик сода
нафта	ёки лигроин, бензиндан оғиррок суюк углеводородларнинг аралашмаси бўлиб, нефтни тўғри ҳайдаш йўли ёки нефт маҳсулотларини крекинг қилиб олинади. Оч сарик рангли, кайнаш температураси 120...240°C
нефть	naphtha (грекч.) – газсимон ва калдирок таркибий кисмларга бой ёнувчан, мойсимон суюклик
нивелир	niveler (франц.)– баробарлагич, геометрик нивелирлаш ҳамда горизонтал йўналиш бериш учун ишлатиладиган геодезик асбоб
нитробензол	$C_6H_5NO_2$ – аччик бодом ҳидли, жуда заҳарли мойли суюклик
нитроглицерин	органик бирикма – ўта заҳарли, шаффоф, ширин мазали,

	мойли суюклик
ниппель	nipple (инг.) – бирлаштирувчи, резьбали калта металл труба
номинал	nominalis (лот.) – ўрнатиляган, белгиланган, номинал
обечайка	обечайка, металлдан ўраб ясалган цилиндрик жисм
обод	кандайдир мослама, жисмларнинг бир кисми бўлиб, унинг бошка кисмларини бирлаштириб ва ўраб турувчи ҳалкасимон, овал шаклли кисм
оксигенат	паст молекулали спирт ва оддий эфирларнинг умумий номи бўлиб, мотор ёкилғисига кўшиладиган юкори октанли компонент
октан	молекуласи 8 та углерод атомидан ва 18 та водород атомидан таркиб топган, кайнаш температураси 125,6°С ли нефть таркибида буладиган углеводород
оксосинтез	углерод оксидини ва водородни олефинларга катализаторлар ёрдамида бириктириб альдегид ҳосил килиш
олеум	oleum (лот.) – сульфат кислотанинг ўткир сорти
олефин	*C=C* кўшалок боғли, «очик» кўринишдаги чизикли занжир молекуласи бор этиленли углеводород
операция	operatio (лот.) – технологик жараённинг кисми бўлиб, бир иш жойнинг ўзида бир хил жиҳоз, машина ва асбоблар ишлатиб деталларга ишлов бериш ёки йиғиш
опрессовка	зичликка синаш
осмос	osmos (грекч.) – туртки, босим – тоза эритувчини ярим ўтказувчан тўсик оркали эритмага ўтиб таркалиш жараёни
отстойник	settlers (инг.) – оғирлик кучи таъсирида суюклик турли жинсли системаларни ажратиш учун мўлжалланган курилма
паз	паз, арикча
пайванд сополимер	чизиксимон бирор полимер макромолекуласининг ёнига бошка чизиксимон полимер занжирини улаш ёки бирор мономерни унга пайвандлаб полимерлаш
пайка	кавшарлаш – ранғли ва углеродли пўлатлар, шиша, графит, сопол ва бошка материалларни эритилган кавшар билан ажралмас бирикма ҳосил килиш
парафин	нефть маҳсулотларни ва торфни курук ҳайдаш йўли билан олинадиган ок модда
паронит	асбест, каучук ва кукунсимон ингридиентлардан таркиб топган массаларни прессlаб тайёрланган листли кистирма материали
парциальный	partiaalis (лот.), pars(partis) – кисм , газнинг парциал босими ёки аралашмадаги буғнинг босими
патока	крахмални чала-ярим кислотали гидролиз килишнинг маҳсулоти
патрон	patron (франц.) – металл кесиш дастгоҳларида заготовкани маҳкамлаш мосламаси
патрубок	асосий труба, курилма ёки резервуарлардан газ, буғ ёки суюклик оладиган калта труба
периферия	бирор жисм чети, атрофи
перекись	пероксид молекуласида ўзаро бевосита боғланган

	кислород атомлари мавжуд бирикма
переход	торайгич ёки кенгайгич, суюклик окимнинг ҳаракат йўналишига нисбатан конус кисмининг ўрнатилишига боглик
пеньковый	каноп толалари шўр сувга нисбатан чидамлилиги юкори ва жуда кам едирилади
пигмент	pigmentum (лот.) – ўсимлик ва бошқалар таркибида мавжуд бўёк ёки бўёвчи моддалар
пирогаз	pyr (грек.)-олов+gas (франц.), chaos(грекч.)- газ, хаос сўзидан олинган
пирогенизация	pyr (грек.)-олов + genos –тугилиш, пайдо бўлиш, яъни газ генератор ёки реторт ўтхоналарида юкори температурада парчалаб нефтни кайта ишлаш
пиротин	pyrhos (грекч.) – олов рангли
пиролиз	(грекч.) pyr-олов, ўт+lysis-туғилиш, ҳосил бўлиш, парчаланиш –ҳавосиз муҳитда (кўпинча катализатор иштирокида) мураккаб моддаларни соддарок моддаларга юкори температура таъсирида пирогенетик парчалаш
пластификация	полимерларга кийин учувчан, куйи молекулали моддаларни киритиб, унинг пластиклигини ошириш жараёни
пластичность	plastikos (юнон.) – пластиклик, механик юклама остида каттик жисмларнинг кайтмас деформацияланиш хоссаси
плунжер	plunger (ингл.) – шўнғимок, ботмок, узунлиги диаметридан анча катта бўлган поршень
подушка	остлик ёки таглик
подшипник	ўкдан радиал, ўк ва радиал ўк йўналишида тушадиган юкламаларни кабул қилиб, эркин айланишни таъминлайдиган кисм
подпятник	ўк бўйлаб таъсир этувчи юкламани кабул қиладиган таянч подшипник детали
ползучесть	creep (ингл.) – силжувчанлик, қолдик деформацияни вужудга келтирувчи кучдан кичик куч билан таъсир этганда материал пластик деформациясининг вакт бўйича аста-секин ортиб бориши
поли	poly (грекч.) – кўп турли ёки кўп хиллик
поликонденсатланиш	полимер синтези – одатда, ўзаро таъсир этаётган мономер ва олигомерларнинг ўрин босиш реакцияси асосида кечади ва куйи молекулали маҳсулот ажралиб чикиши
полимер	юкори молекулали бирикма – ўзаро кимёвий боғланган бўлиб, унинг молекуласи жуда кўп сонли такрорланувчи гуруҳлар ёки мономер звенолардан таркиб топган
полимерланиш	занжир охиридаги фаол марказга молекула мономерларини ковалент боғ ҳосил қилиб кетма-кет бирлаштириш йўли билан полимер олиш реакцияси. Реакция тезлигига караб занжирли ва босқичли бўлади
полиморфизм	polymorphos (грекч.) – кўп турли, кимёвий модданинг физик хоссалари фаркланадиган бир неча турдаги модификацияларда бўлиш кобилияти
полиспаст	polyspaston (грек.), poly–кўп+spao–тортиш, бир нечта ҳаракатчан ва кўзғалмас блокларнинг ўзаро трос ва

	канатлар билан боғланган механизми
полиэтилен	этиленнинг термопластик полимери
полипропилен	пропиленнинг термопластик полимери
политропик жараён	физик тизимнинг ҳолат ўзгариши билан кечадиган термодинамик жараён бўлиб, бутун жараён давомида иссиклик сиғим ўзгармаслиги сакланади
поплавок	калкович, гипсар
портал	пешток, равон-бино, курилма, мослама, асбоб ва бошқаларга катта, йирик кириш жойи
потенциал энергия	система заррачаларининг ўзаро жойлашиши ва ташки куч майдонидаги ўрнига боғлик бўлган механик энергиянинг бир қисми
привитые сополимеры	тармокланган юкори молекулали бирикмалар – макромолекулалар таркиби ва тузилиши билан фаркланадиган асосий занжир ва ён томон шаҳобчали бир нечта кимёвий боғли мономер звенолардан иборат
прокладка	кистирма – босим остида ишлайдиган курилма ва машинанинг ажралувчан кисмларини зичлаб беркитиш учун қўлланиладиган деталл
пропилен	C_3H_6 – тўйинмаган углеводород, газ, табиий газ, кокс гази ва нефтни крекинг газлари таркибида бўлади ва у органик бирикмаларни курук ҳайдаб олинади
процесс	processus (лот.) –ўтиш, ҳаракат, яъни бир бутун узлуксиз кўринишдаги ҳолатларнинг кетма-кет алмашиниши, кечиш, ривожланиш боскичларининг бирин-кетин келиш конуниятларининг узвий боғликлиги
пульпа	pulpa (лот.) – қуйқа, таркибида ер жинслари бор суспензия
разветвленные полимеры	branched polymers, verzweigte polymere, polymers ramifies– тармокланган полимерлар бўлиб, уларнинг асосий занжирида статистик ёки регуляр жойлашган тармокларда битта ёки бир нечта углеродли атомлар бўлади
радиацион полимерланиш	мономер молекулаларини α, β, γ нурлари, рентген нурлари, интенсивлашган электронлар ва бошка юкори энергияли заррачалар ёрдами билан радикалга айлантириш жараёни
радикал	radicalis (лот.)-ўзак, маҳаллий, бу ерда бир кимёвий бирикмадан иккинчисига ўзгармасдан ўтадиган молекуладаги атомларнинг тургун гуруҳи
радиант	radiants (лот.) – нур таркатувчи
расплавы полимеров	melts, schmelze, fonts –кристаллографик тартиб ва деформация даврида ковушкок ҳаракатланиш имконияти йўклиги билан белгиланадиган «тикилмаган» полимер ҳолатларидан бири
рационал	rationalis (лот.) – исботланган, максадга мувофик, макбул
реактор	кимёвий жараёнлар кечадиган курилма ёки агрегат
реагент	кимёвий реакцияда иштирок этадиган модда
регенерация	ёниш маҳсулотлари иссиклигини суюклик, газ ва унинг аралашмаларини иситиш учун қўллаш
регулярный	regular (лот.) – тўғри ва бир текисда, меъёрда борадиган
регулятор	полимерланиш жараёнининг реакция температурасини ўзгартириш, занжир узатувчи моддалар қўшиш орқали

	полимерларнинг ўртача молекуляр массасига таъсир этувчи модда
редуцирование	умуман қискариш, камайиш, ўлчамида камайиш ёки соддалашиш
редуктор	reductor (лот.) – кобик ичига олинган тишли ёки гидравлик узатма
резьба	цилиндрик жисм сиртига винт чизиғи бўйича кетма-кет жойлашган арикча ва буртмалар
резервуар	reservoir (лот.) – саклаш, омонатлаш-суюклик ва газлар сакланадиган баллон. идиш.
резина	resina (лот.)– катрон, смола
рейсмус	reiβmaβ, reiβen – чизмок ва maβ – ўлчов (нем.), рейсмас – масштабли чизғичдан ўлчаб олинган ўлчамларни белги қўйиладиган заготовкага ўтказиш максадида заготовкалардаги чизикларга параллел килиб режа чизиклари туширадиган асбоб
ректификация	rectificatio (лот.) – тўғрилаш- суюклик аралашмаларини ташкил этувчи компонентларга бир неча марта қисман буғлатиш ва буғларни конденсациялаш натижасида ажратиш жараёни
релаксация	relaxatio (лот.) – камайиш, бўшаш – системани мувозанатдан чикарган куч таъсири тўхтаганда, унинг аста-секин мувозанат ҳолатига кайтиши
рельс	ragula(лот.) – тўғри таёк, тўсин, шаклдор кўндаланг кесимли балка
ремонт	remonter (франц.) – тузатиш, тўғрилаш, тўлдириш, кайта йиғиш, қурилмаларини яроклилигини кайта тиклаш учун ўтказиладиган ташкилий ва техник тадбирлар мажмуаси
реперная точка -	repere (франц.) – таянч ёки текширув нуктаси
реология	ноньютон суюкликлар ҳаракатини ўргатадиган гидравликанинг ажралмас кисми бўлиб, моддаларнинг окувчанлиги ва деформациясини ўрганадиган соҳа
реопексия	силжиш жараёнида қовушкокликнинг ортиши *реопексия* деб аталади. Мисол сифатида ~95°С температурагача қиздирилган эпоксид олигомерлари мисол бўла олади.
ресивер	receiver (инг.л.) – оралик резервуар, машиналарнинг юкори босимли цилиндрини паст босимли цилиндри билан бирлаштирувчи труба, идиш ва ҳ.
ретурбенд	массив, огир ичи бўш плита
рольганг	rolle (нем.)-ғалтак+ gang- юриш, роликли конвейер
ротор	roto (лот.) – айланаман, машина статори ичига жойлашган айланувчан кисм
сальник	машина ва қурилмаларнинг кўзғалмас ва кўзғалувчан деталлари орасидаги тиркишни зич ёпиб берувчи деталь
сарф ўлчагич	газ, суюклик ва сочилувчан материалларнинг сарфини ўлчайдиган асбоб.
сверхмолекулярный	ўта юкори молекуляр массали, зичлиги катта регенерация килиб олинган материал
сегмент	segmentum (лот.) – кесма
секунда	secunda (лот.) – вактнинг асосий ўлчов бирлиги, қуёш суткасининг 1/86400 кисмига тенг

селективность	selection (лот.) – танлаш, ажратиш
сепарация	separatio (лот.) – ажратиш, суюк ёки каттик заррачаларни газлардан, катгик заррачаларни эса суюкликлардан ажратиш; каттик ёки суюк аралашмаларни таркибий кисмларга ажратиш.
сесквигалоид	оралик, ярим махсулот олиш учун алюминийни хлорли ёки бромли этил билан таъсир эттириш
силикагель	silex, silicis (лот.) – каттик тош+гель- сувсизлантирилган ва термик ишлов берилган кремний кислота гели ($SiO_2 \cdot nH_2O$).
сильфон	sulphon (инглл.) – пўлат, жез, фосфорли ёки бериллийли бронзалардан ясалган юпка деворли, гофрирланган труба
синергизм	синергизм намоён киладиган моддаларда, яъни шундай харакат килувчи моддаларда, улар аралашмасининг фаоллиги компонентлар фаоллигининг йиғиндисидан кўпрок бўлади
синтез	synthesis (грекч.) – бирлаштириш, бириктириш, яъни оддий бирикмалардан мураккаб кимёвий бирикмалар олиш
сикиш даражаси	юриткич поршени сикиш жараёни бошланиши ва охиридаги холатларида цилиндр хажмларининг нисбати
скруббер	scrubber (инглл.) – газ аралашмасининг суюклик билан тўкнашишига асосланган газни тозалаш курилмаси
сланец	углеводородли бирикмалар тутган тўк, юмшок модда бўлиб, ундан хайдаш усулида нефть олинади
солиштирма иссиклик сиғими	модда масса бирлигининг температурасини 1°С га кўтариш учун унга узатиладиган иссиклик микдори
сопло	ўзгарувчан кўндаланг кесимли канал (киска труба)да газнинг кенгайиши босимнинг пасайиши хамда тезлигининг ортиши содир бўлади
сополнмерланиш	икки ва ундан ортик мономерларнинг биргаликда полимерланиш реакцияси
сополимер	сополимерланиш реакцияси окибатида хосил бўлган полимер
сорбент	sorbens, sorbentis (лот.) – ютувчи, газ, буг ва эриган моддаларни ютадиган каттик ёки суюк моддалар
сорбция	sorbere(лот.) – ютиш, яъни газни суюклик билан, суюклик ёки газни говаксимон каттик жисм билан ажратиш жараёни
стандарт	standart (инглл.) – норма, намуна, эталон, модель, яъни бошка махсулотларни таккослаш учун дастлабки объект деб кабул килинган
стереорегуляр	маълум бир кетма-кетлик конунияти асосида макромолекула-ларнинг жойлашиши
стирол	этилбензолни каталитик дегидрирлаб олинадиган винилбензол органик бирикмаси
сублимация	sublimare (лот.) – нам материаллар киздирилганда, намликнинг каттик агрегат холатидан суюк фазага ўтмасдан бирданига газсимон фазага ўтиш жараёни
сшитые полимеры, сетчатые полимеры,	network polymers, dimensionale polymere, polymeres tridimensionnels – полимерли тўр – ягона фазовий

пространственные полимеры	структура ҳосил килувчи, занжирлари ўзаро кимёвий боғ билан бирлашган полимерлар. Бундай полимерларнинг макромолекулалари бирлаштириб («тикиб») ёки реакцион кобилиятли олигомерларни котириб ҳосил килинади. «Тикиш» (тикувчи элткичлар ёрдамида) даврида макромолекулалар орасида кўндаланг боғлар барпо бўлади.
такелаж	takelage (нем.) – юкни кўтариш ва ташиш-ортиш иши
тальк	talk (нем.), talcus(лот.) – минерал, магнийнинг сувли силикати. жуда юмшок
температура	temperatura (лот.) – зарур силжиш, ўлчамдорлик, нормал ҳолат – системанинг иссиклик ҳолатини характерлайдиган асосий ҳолат параметрларидан бири
термодинамиканинг 1-конуни	термодинамиканинг асосий конунларидан бири; термодинамик система учун энергиянинг сакланиш конунини ифодалайди, яъни системага берилган иссиклик системасининг Q ички энергиясини ўзгартиришга ва системанинг ташки кучни енгиб А иш бажаришга сарфланади: $Q=\Delta U+A$
термодинамиканинг 2 – конуни	термодинамиканинг асосий конунларидан бири; бунга биноан 2–турдаги абадий (иссикликни бутунлича ишга айлантириб, даврий ишлайди деб фараз килинадиган) двигатель яратиб бўлмайди
термодинамик жараён	термодинамик системада содир бўладиган ва унинг ҳолат параметрларидан лоакал биттаси ўзгариши билан боглик ҳар кандай ўзгариш
термометр	therme-иссиклик+metreo-ўлчайман (ingl.) –температура ўлчайдиган асбоб
термостат	therme (грекч.)-иссик+statos-ушлаб турувчи, яъни совитиш системаси, совуткич, термик ўтхоналарда температурани ўзгармас ҳолатда ушлаб турувчи асбоб
техника	techne (юнон.) – санъат, маҳорат, инсон фаолияти воситалари мажмуи
технология	techne-санъат, касб+logos-тушунча, илм (грекч.) – бу хом-ашёдан аввалдан белгиланган хоссаларга эга маҳсулот олиш максадида ўтказиладиган бир катор усуллардир
тнксотропия	турғун окиш жараёнида ковушкокликнинг камайиши ҳамма полимерларга хос бўлиб ***тиксотропия*** деб аталади. Мисол тарикасида тўлдирилган полимерларни келтириш мумкин
терефталевая кислота	$C_6H_4(COOH)_2$ – органик кислота, п-ксилолни ҳавонинг кислороди билан оксидлаб олинади
тозалаш	raffiner (франц.)– тозаламок (рафинациялаш), металларда – металл ва котишмалар сифатини ошириш ва улардаги зарур элемент ва зарарли аралашмаларни чикариб юбориш
токсичность	toxikon (грекч.) – заҳар, айрим кимёвий моддаларнинг тирик организмларга зарарли таъсир этиш кобилияти, заҳарлилиги
толуол	нефть колдиклари, тошкўмир катронидан олинадиган ароматик суюк углеводород
тонна	tunna (лот.)– бочка, массанинг метрик бирлиги – СИ

	бирликларидаги килограмм (кг) билан баробар қўллашга рухсат этилган системага киритилмаган ўлчов бирлиги
траверса	traverse (франц.) – кўндаланг тўсиқ
трос	tros(голл.) – табиий ва сунъий толали материаллар, шунингдек, пўлат симлардан тайёрланадиган канат-аркон буюмларининг умумий номи
труба	ичи буш, асосан, ҳалқасимон кесимли ва нисбатан анча узун жисм
туннель	tunnel (инглл.) –ер ёки сув ости иншооти
турбулент	turbulentus (лот.) – тартибсиз, турбулент ҳаракат, яъни газ, буғ ёки суюкликнинг хаотик ҳаракатида оким катламларининг интенсив аралашиши содир бўлади
турбина	turbine (нем.), turbineus (лот.) – уюрмасимон, ишчи ғилдирак куракчалари ёрдамида буғ, газ ёки суюклик энергиясини механик энергияга айлантирувчи айланма ҳаракатланадиган юриткич
тўйинган углеводородлар	молекуласидаги углерод атомлари бир-бири ва водород атоми билан оддий боғ оркали боғланган углеводородлар синфи. Улардаги углерод атомларининг валентлиги водород атомлари билан тўйинганлиги учун тўйинган углеводородлар деб номланади
тўйинмаган углеводородлар	молекуласидаги икки ёки бир неча углерод атомлари ўзаро қўшбог ёки уч бог билан боғланган углеводородларнинг катта гуруҳи тўйинмаган углеводородлар деб номланади
углеводлар	«углерод» ва «вода» (сув) сўзларидан «углевод» термини пайдо бўлган
углеводородлар	молекуласи углерод ва водород атомидан тузилган моддалардир. Углеводород ва уларнинг турли ҳосилалари органик бирикмалардир.
узатма	одатда тезлик ва шунга мос ҳолда буровчи моментни ўзгартириб, ҳаракат узатишга мўлжалланган механизм
узлуксизлик тенгламаси	трубанинг ҳар хил бўлган кўндаланг кесимларида массавий сарфлар тенглигини ифодаловчи тенглама
урчуқ	патрон, шпул, ғалтак ва б. кийдириладиган айланувчи стержень; пилтани, калава ип ва ипларни пишитиш ҳамда маълум ўлчам ва шаклда ўрамлар ҳосил қилишга мўлжалланган пилта, йигириш-пишитиш, пишитиш ва ўраш машиналарининг асосий ишчи органи
утилизатор-қозон	utilis (лот.) –фойдали, яъни сув иситиш ёки буғ қозони бўлиб, иссиклик машина ва жиҳозлар (жумладан, ички ёниш двигатели) нинг ишлатиб бўлинган гази иссиклигини ишлатадиган курилма
утилизация	utilis (лот.) – фойдали, саноат чикиндиларини қайта ишлаб фойдаланиш
фазовий поликонденсатланиш	таркибида уч ва ундан ортик функционал гуруҳлар бўлган моддалар поликонденсатланганда тўрсимон, фазовий полимерлар ҳосил бўлиш жараёни
фаолит	суюк резол катронни асбест билан аралаштириб олинган пластмасса
фаолланган кўмир	carbo activatus (лот.) – адсорбент – ғоваклилиги жуда катта бўлган каттик жисм

Фаренгейт шкаласи	музнинг эриш температураси 32^0F ва атмосфера босимида сувнинг қайнаш температураси 212^0F ни ташкил этадиган температура шкаласи
ферма	ferme (франц.) – мустаҳкам – муҳандислик иншоотларининг юк кўтарувчи геометрик ўзгармас стерженли конструкцияси
фибра	fibra (лот.) – тола – елимланган латтасимон қоғозни концентрланган рух хлорид эритмасига шимдириб, кейин пресслаб тайёрланадиган материал
фибрилла	fibrilla (янги лот.) – толача, ипча, ипсимон таркибли. фибрилла иплари (пленочные нити, рафия) полипропилен ва полиэтиленнинг ориентациялашган, фибриллали таркиб ҳосил килишга мойил пардаларидан олинади
фильтр	filtre (франц.), filtrum (лот.) – айнан – кигиз, каттик ва суюк фазали ҳар хил жинсли системани ғовак тўсиклар (фильтрлаш тўсикларидан)дан ўтказиб таркибий кисмларга ажратадиган, куюлтирадиган курилма
фильтрат	ғоваксимон фильтр тўсик ёрдамида суспензияни босимлар фарки ёки огирлик кучи таъсирида ажратиш натижасида олинган суюклик
фитинг	fittihg, fit (инглл.) –труба кувурларининг бурилишлари, ўтиш ва тармокланиш жойларида ўрнатиладиган ҳамда трубаларнинг тўгри чизикли звеноларини улаш ва бириктириш детали
фланец	flansch (нем.) – труба, арматура, резервуар, ўклар ва бошқаларнинг бирлаштирувчи кисми; одатда, болтлар ёки шпилькалар ўтказиш учун бир текисда жойлашган тешиклари бўлган ясси ҳалка ёки дискдан иборат.
флаттер	flutter (инглл.) – вибрация, учиш курилмасининг маълум тезлигида кисмларининг ўз-ўзидан тебраниши, уни бузилишга ҳам олиб келиши мумкин.
флюс	fluβ (нем.) – суюк оким –шлак ҳосил килиш ва таркибини ростлаш
фольга	folga (поляк.)–лист, зар қоғоз–турли металл ва металл қотишма юпка листлари ёки ленталари (2...100 мкм)
фойдали иш коэффициенти	бирор техник курилманинг унда энергия узатиш жараёнларини амалга оширишнинг ёки энергияни бир турдан бошқа турга айланиш даражасини характерлайдиган ўлчамсиз катталик
форсунка	force (инглл.) – дам бермок – ёнилгини майда заррачаларга айлантирадиган бир ёки бир неча тешикли мослама
формальдегид	(acidis) form (лот.) – чумоли кислота альдегиди, рангсиз, сув эриганда формалин ҳосил килади
фракция	fraction (франц.) – улуш, кисм
фракционирование	fractionation (инглл.) – суюк ёки газсимон аралашмаларни таркибий компонентларга ажратиш
фрезерлаш	кўп лезвияли асбоб ёрдамида ясси ва айланувчи жисмлар юзаларини кесиб турли шаклдаги деталлар олиш усули
фретинг-коррозия	fret (инглл.)- емириш + коррозия, бир вактда ҳам ишқаланиш (ишқаланиш даврида коррозия), ҳам фаол муҳит таъсиридан металнинг емирилиши
фторопласт	политетрафторэтиленнинг техник номи, ғовакли, ок

	рангли, толасимон, нормал шароитда осон прессланадиган кукун
футеровка	futter (нем.) — иссиклик агрегатлари, ўтхона, труба, идишларнинг ғишт плита ва бошкалардан иборат ички ҳимоя копламаси
хлопушка	курилма ёки труба қувуридаги ўзи ёпиладиган газсимон ёки суюклик моддаларни бир йўналишда ўтказадиган тўсик ёки ғов
чизикли поликонденсатланиш	бифункционал бирикмаларнинг поликонденсатланиш жараёни
цапфа	zapfen (нем.) – ўк ёки валнинг подшипникка тиралиб турадиган кисми
царга	машинасозлик корхонаси шароитида тайёрланадиган йиғма колоннали курилманинг цилиндрик бўлаги ёки элементи
царская водка	1 ҳажм азот кислота ва 3...4 ҳажм концентрланган хлорид кислоталардан таркиб топган аралашма
Цельсий градус	[швед астрономи ва физиги А.Цельсий (1701-1744)] – СИ системасидаги температура бирлиги (^{0}C). Халкаро амалий температура шкаласи бўйича сувнинг учлама нукта температураси 0.01°С га, унинг нормал атмосфера босимидаги кайнаш температураси 100°С га тенг
центрифуга	centrum (лот.) – марказ ва fugo – югуриш, центрифугалаш курилмаси
цеолит	алюмосиликат – кимёвий таркиби бўйича дала шпатига якин, ялтирок ва шишасимон минерал гуруҳига киради
цепная реакция структурирования	таркиблаш (структуралаш) занжирли реакцияси
Циглер-Натта катализатори	I-III гуруҳ даврий система металлари органик бирикмаларининг IV-VIII гуруҳ ўткинчи металларининг тузлари билан ўзаро таъсиридан ҳосил бўлган система
циклон	cyklon (юнон.) – айланадиган – ҳаво (газ) ни муаллак каттик заррачалардан тозалайдиган курилма; пастки кисми цилиндрик резервуардан иборат
цилиндр	cylindros, cylindro (юнон.) – юмалатиб, айлантириб – тўғри тўрт бурчакнинг бир томони атрофида айланишидан ҳосил бўлган геометрик жисм
цистерна	cicterna (лот.) – суюклик саклагич, суюклик ва бошкаларни саклаш, ташишда ишлатиладиган идиш
шаблон	schablone (нем.), eshantillon (франц.) – андоза
шабровка	schaber (нем.) – кириш, ёйсимон тигли кесувчи асбоб билан юпка катламли киринди олиб пардозлаш ёки ишлов бериш
шайба	scheibe (нем.) – гайка ёки болт каллаги остига қўйиладиган текис ҳалкасимон деталь
шарнир	scharnier (нем.), sharniere (франц.) – икки бўлакдан иборат ҳаракатчан бирикма – факат умумий ўк ёки нукта атрофида айлана оладиган деталларнинг кўзғалувчан бирикмаси
шарошка	ўткир тишли диск шаклида, ўртасида ўкга маҳкамлаш у-н тешик мавжуд бўлиб, у айланганда бирор жисмни майдалайди

швеллер	schweller (нем.) – П-симон кўндаланг кесимли металл жисм
шибер	schieber (нем.) – ҳаво ёки газ йўлидаги қувурга ўрнатиладиган тўғри тўрт бурчак ёки шаклдор пластина кўринишидаги тўсиқ
шкала	skala (лот.)– зинапоя, ўлчаш воситасининг шкаласи – санок қурилмасининг кисми; белгилар мажмуи, баъзиларига катталикнинг катор кетма-кет кийматларига мос санок сонлар ёки бошка белгилар қўйилган бўлади
шлам	schlamm (нем.) – лой, моддаларни бойитишда ёки фильтрлашда ҳосил бўладиган балчиксимон чўкинди
шпилька	иккала учи резьба очилган стерженсимон маҳкамлаш детали
шпонка	szponka (поляк.), spon (нем.) – пона – шпонкали бирикма детали; шкив, тишли ғилдирак ва бошкаларнинг гупчагидаги пазларга ва ўк танасига қўйилади
штырь	stier (нем.) – кўзғалмас – конуссимон учли силлик цилиндрик стержень; ажратиладиган кисмларини бир-бирига йўналтириш ва марказлаш учун ишлатилади
шток	stock (нем.) – цилиндрик чивик
штуцер	stutzen (нем.) – учларида резьба очилган ёки тешик қилинган бириктириш патрубкаси
эбулиоскопия	эритма кайнаш температурасининг тоза эритувчи кайнаш температурасига нисбатан ортишини ўлчашга асосланган кийин учувчан моддалар эритмаларини физик-кимёвий ўрганиш усули
эксергия	ergon – иш, куч+ех (грекч.) – ичидан, агар совуқлик элткич сифатида температураси T_0 бўлган ташки муҳит олинса, ишчи жисм бажараётган максимал иш
экономайзер	economizer (ингл.) – ёкилғини тежаш учун мўлжалланган мослама ёки қурилма. Ёкилғини ёниш маҳсулотлари билан сувни иситиш ва кисман буғлатиш учун хизмат киладиган мослама
эксплуатация	exploitation (франц.) – ишлатиш, фойдаланиш
эксгаустер	exhauster (ингл.) – тортиб олиш, шахта ва заводлардаги бинолардан ҳавони сўриб олиш вентилятори
экструдер	extrudo (лот.)–итариб чикараман – полимер материалларни юмшатиш (эритиш, пластикациялаш) ва уларга керакли шаклларни беришга мўлжалланган машина
эксцентрик	ех (лот.)– ташкарида ва centrum – марказ, айланиш ўки геометрик ўкка нисбатан маълум масофага силжиган цилиндр ёки дискка эксцентриситет дейилади
электр фильтр	электр майдонида чангли газларни каттик фазадан тозалаш қурилмаси
элемент	elementum (лот.) – бошланғич модда, мураккаб бир бутуннинг таркибий кисми
эмаллаш	email (лот.)– металл, керамика ва шиша буюмларни коррозия, тирналиш, юкори температура ва бошкалардан ҳимоя қилиш, шунингдек чирой бериш учун уларга эмал коплашнинг электр кимёвий жараёни
эмульсия	emulsion (франц.), emulgeo (лот.)– соғиш – иккита бир-бирида эримайдиган суюкликдан иборат дисперс система

энергия	energeia (юнон.)–ҳаракат–ҳаракат ва турли хил материянинг ўзаро таъсирининг умумий миқдорий ўлчами
энтальпия	enthalpo (юнон.) – иситаман – термодинамик системанинг ҳолат функцияси ***H***; системанинг ички энергияси U б-н система босими p нинг ҳажми *V* га кўпайтмасининг йиғиндисига тенг: ***H=U±pV***
энтропия	entropia (юнон.) – бурилиш, ўзгариш – термодинамик системанинг ҳолат функцияси ***S***; система билан ташки мухит орасидаги иссиклик алмашиниш жараёнининг бориши йўналишини, шунингдек, ёпик системада ўз-ўзидан содир бўладиган жараёнларнинг бориш йўналишларини характерлайди
эрозия	erodere (юнон.) – емирилиш, механик омиллар таъсирида металл сиртининг бузилиши
эрлифт	air lift (инг.) – суюкликни кўтариш мосламаси
этан	aither (грекч.) – эфир, ҳаво, нефтли газ ва табиий газ таркибидаги рангсиз, газсимон ёнувчан модда. C_2H_6 – тўйинган углеводородларнинг гомологик каторидаги иккинчи аъзоси
эффект	effectus (лот.) – кандайдир куч ҳаракати, натижаси
эффективный	effectivus (лот.) – самарали
ювенил	оксид пардаси ва турли ифлосликлар бўлмаган металлнинг янги юзаси
юқори молекулали бирикма	молекуляр массаси 5000 дан бир неча миллионгача бўлган моддалар
ясмининк	asperula (лот.) – марен гуруҳига кирувчи бир ёки кўп йиллик ўтсимон ўсимлик
ўткир буғ	бевосита буғ қозонидан олиниб, буғ юриткичи ёки технологик жараёнда қўллаш учун ишлатиладиган буғ
ўта қиздирилган сув	механик аралашма ва эриган газлардан тозаланган сув қайнаш ва ундан ортиқ температураларда ҳам бугга айланмайди
қайтмас жараёнли цикл	бундай цикларда ёпиқ тизимнинг энтропияси ортади
қозон	буғ ёки сувни босим остида иситиш учун конструктив жиҳатдан бир бутунга бирлаштирилган мослама мажмуаси
«gas to liquid»	«газни суюкликка»

ТЕХНИК АТАМАЛАР ВА ИБОРАЛАР

А

Абсолют
- ок жисм 384
- температура 32
- шаффоф 384
- кора жисм 384

Абсорбент 23,48-51,53,58
Абсорберлар 124,483,488
- барботажли 488
- Вентури 506
- кўпикли 508,509
- насадкали 488,490
- окимчали 496,497
- пурковчи 488,506
- сиртий 488
- тарелкали 496
- юпка катламли 489
- калпокчали тарелка 498
- халкасимон насадкали 508
- хисоби 514

Абсорбтив 483
Абсорбция жараёни 483,484,488
Автоклав 133,136,140,160-166
Адиабата 243
- кўрсаткичи 243

Адипин кислота 117,120
Адсорбтив 24-26,553-557
Адсорбент 553
- табиий, тупроксимон 555
- тўйиниши 558
- тупроклар 555

Адсорберлар 559
- мавхум кайнаш катламли 560
- реактор типидаги 560
- трубали 561
- кўзгалмас катламли 558
- халкасимон катламли 561
- харакатчан катламли 560
- хисоби 564-571

Адсорбция 553-571
- жараёни 553-571
- изотермаси 555
- иссиклиги 553
- динамикаси 26
- кимёвий 553
- кинетикаси 556
- моддий баланс 564
- статикаси 556
- физик 553

Адиабатик жараён 136,246
Адсорбцион
- боғланган намлик 577

Ажратиш жараёни 264-269
- аралашмаларни 349,353
- коэффициенти 270
- моддий баланс 264
- турли жинсли системаларни 264
- фактори 297

Ажраткич 303
Азот 20-77
Азот кислота 146,154,157,163,169
Азеотроп аралашма 65
Аксиал–куракчали уюрмалантиргич 427
Алдегид 27
Алифатик бирикмалар 79
Алкан 781
Алкен 781
Алкоголиз 87
Айланиш даражаси 659,669,671
- сони 270
- тезлиги 270
- частотаси 270,274

Айланма тезлик 341,342
Алюминий 30,65
Амидлаш 118
Амидирлаш 118
Аминокислота 117
Аммиак 28,32,63,77, 778,779
Аморф 27,93,96-99
Анионли полимерлаш 108-112
Антиоксидант 124
Антрацен 82
Аралаштиргич турлари 334-346
- барабанли 340
- винтсимон 334,336
- дискли 346
- диффузорли 336
- зарбали 340

– икки, уч парракли 335-340
– лентали 338
– парракли 335-340
– пропеллерли 337-345
– ромли 337-345
– турбинали 337-346
– шнекли 338-346
– якорли 337-346
Аралаштириш 336-360
– Аррениус қоидаси 632
– барботер ёрдамида 334
– интенсивлиги 334
– механик 336
– пластмассаларни 338
– пневматик 334
– самарадорлиги 338
– сикилган ҳаво ёрдамида 335
– сочилувчан материалларни 339
– статик 335
– суюкликларни 334
– циркуляцияли 335
– энергия сарфи 345
– эритмаларни 352-360
Аргон 377
Аралашма
– азеотроп 349,354
– бинар 529
– идеал 529
– полидисперс 317-324
Арматура
– ростловчи 732
– фаза ажратувчи 732
Асбест 734,760
Атактик 146,147
Аэрозол 264
Аэромикс 507
Ацетилен 22-63
Ацетон 65,783
Ацетальдегид 783

Б

Бабо қоидаси 432
Байпас 223,236
Баланс
– иссиклик 373
– моддий 417
– эксергетик 718
– энергия 384
Балластли тарелка 498
Барабанли
– вакуум–фильтр 285
– гранулятор–куриткич 614
Барботаж 446
– механизми 486
– режимлари 496
Баромембран жараён 351
Барометрик конденсатор 419
– труба 420
Бианион 111
Бинар аралашма 526
Бингам суюклик 197
Био критерийси 468
Биомасса 359
Бензин 72,781
Бензол 23,35,782
Бернулли тенгламаси 202,203
Блазиус тенгламаси 194
Блок 762
– тенглаштирувчи 762
– ушлаб турувчи 762
– етакловчи 762
Блоксополимерлар 83,113,120
Бойитиш коэффициенти 479
Болт 403,412,457,648,764,765
Босим 196
– йўкотилиши 196,211,217
– ортиқча 253
Боскичма-боскич полимерлаш 113
Бўртик-ботик 424
«Боши - думи» га 171
Брикетлаш 609-611
Бронза 711
Бункер 57,59,63
Бутил спирт 783
Бутлеров А.М. 126
Буғ
– органик суюклик 395,396
– тўйинган 373
– экстра 431
– ўткир 559
Буғ–эжектор қурилмаси 69
Буғ конверсияси 778,782
Буғланиш 373,392
Буғлатиш 431
– иссиклик баланс 435
– моддий баланс 435
– усуллари 433
– юзаси 444
– қурилмаси 431-442
Буғлаткич 432

– бир корпусли 432,445
– барботажли 446
– инжектор иссиклик насосли 439
– ички иситувчи камера ва марказий циркуляцион трубали 440
– кўп корпусли 437
– мажбурий циркуляцияли 443
– осма эркин циркуляцияли 441
– ротор, юпка катламли 444
– турбокомпрессорли 438
– эритма эркин циркуляцияли 442
Бурама труба 428,429
Бурчак
– табиий киялик 287
– фазовий 85
Бутан 20,21,79,126
Бутилен 79
Бутан–бутилен 82
Бутадиен 80

В

Вакуум–насос 253
– окимчали 254
– поршенли 253
– сув ҳалкали 254
Вакуум–фильтр 284
Вант 752
Вант–Гофф изобар тенгламаси 89, 627
Ван–дер–Ваальс 553
Вентил
– ўтказувчи 733
– бурчакли 733
Вентилятор 584,590,593,616
Вентури трубаси 185
– скруббери 303
Винилацетат 83,112
Винилацетилен 63,66,69,70,74
Винилиденхлорид 768
Винилиденфторид 768
Винилхлорид 164,166,167
Винипласт 168
Винтснмон насос 226
Водород 20,22,63, 777, 779,783
Водород сульфид 21,44-62
Водород хлорид 154
Вульф–жараён 62

Г

Газ 776
Газлар
– барботажи 637
– дросселлаш 690
– иситиш 395
– иссиклик сиғими 33
– иссиклик ўтказувчанлиги 373
– кенгайтириш 690
– сарфи 33,67
– сикиш ва сийраклаш 253
– совитиш 395
– солиштирма оғирлик 275
– тозалаш 23-59
– тутун 38
Газ доимийси (ўзгармас) 351
– ўтказувчанлик 353
Газголдер 651
Газлифт 209,227,240
Газли ёндиргич 642
Газни суюкликка 776,781
Газойль 782
Газодувка 241
– ротор 250
– сўриш патрубкаси 250
– кобик 250
– ҳайдаш патрубкаси 250
Гексаметилендиамин 83,120
н-гексан 781
Гексен-1 781
Гелий 20,22,32
Гептан 23,35,49
Гесс конуни 633
Генри қонуни 38,49
Гигроскопик 40
Гидродинамика 175
Гидродинамик режимлар
– кўпикли 497
– осилиб туриш 494
– окимчали 497
– пуфакчали 496
– учиб чикиш 495
– эмульгацион 494
– юпка катламли 494
Гидромеханика 263
Гидромеханик жараёнлар
– ҳаракатга келтирувчи куч 273
Гидрозатвор 54,64,67-69
Гидрокрекинг 779,782
Гидролиз 87
Гидрохинон 61
Гидрохлорлаш 164
Гидравлик радиус 175
Гидравлик пресс 611

Гидравлик каршилик
– ишкаланиш 181,610
– коэффициенти 193,610
– махаллий 193
Гидрирлаш 36,38, 780, 781
Гистерезис сиртмоғи 96
Гипосульфид 59,60
Гейландт цикли 706
Гетерозанжир 82,118,123
Глицеринни 117
Глобула 100
Глобуляр тузилиш 100
Гранула 609-622
Грануллаш 609-622
– мойиллик 620
Гранулятор 612
– барабанли 614
– барабанли куриткич 616
– мавҳум кайнаш катламли 615
– пурковчи 617
– тарелкали 614
– турбопарракли 617
– фавворасимон катламли 615
– ҳисоби 621
Гомозанжир 82
Гомополимер 83
Гофрирланган 413
Гребенюк формуласи 610

Д

Дальтон конуни 530
Даража
– газларни сикиш 241,242
– газларни тозалаш 290
– реакция 629
Дарси–Вейсбах тенгламаси 201
Дегазатор 142,152,167
Дегидрирлаш 158
н-декан 781
Депрессия 432
– гидравлик 433
– гидростатик 433
– температура 432
Деполимерлаш 121
Десорбция 460
Десорбер 560
Декарбонизатор 62
Деструкция 87-125
Детандер 690-692
Детонация 21
Децен-1 781
Дефлегматор 529-535
Диаграмма
– индикатор 221
– Рамзин 574
– фаза мувозанати 531
– фазавий 531
– T – S 242
Диализ 349,350
Дивинил 63,69
Диаметр 21,26,29
Диацетилен 63,66,69,70,74
Дигликоламин 47
Дизель 782,783
Дизель ёкилғи 777,781
Дилатант 104
Димер 114,116,117
Диметилформамид 65,69
Диметил эфир 778
Динамик фаоллик 25,26
Дистиллят 479-498, 782
Дистилляция 72-74,77
Дисперс, дисперсион 22,29
– система 30
– фаза 115
Дифференциал дроссель эффекти 691
Диффузион жараёнлар 460
– каршилик 462
– катлам 465
Диффузия 460
– конвектив 464
– коэффициенти 463
– молекуляр 460-471
– тезлиги 464
– турбулент 460,464
Дихлорэтан 127,164
Диэлектрик 131,143-168
Диэтаноламин 47,51
Диэтилалюминийхлорид 137,149
Диэтиленгликол 47
Днишче 526
Домен 101
Донадор–толали
– гидравлик каршилиги 479
– материал 466
Донадор катлам 318-328
– гидравлик каршилиги 319
– мавҳум кайнаши 318
– кўзғалмас катлам 318
– говаклилиги 318
Дрейцер Г.А, Дзюбенко Б.В
– интенсивлаш усули 428

Дроссель эффекти
– дифференциал 691
– изотермик 692
– интеграл 692
Дубинин М.М. назарияси 556
Дитнерский Ю.И. модели 352
Дюринг коидаси 432

Е

Енгил учувчан 533-547
Енгли фильтр 290,292

Ё

Ёндиргич 641-644,656,657
Ёниш 642,648,655
Ёниш иссиклиги 675,681
Ёкилги 641-643,646,648

Ж

Жоуль–Томсон эффекти 691
Жараён ишчи чизиги 485
Жараёнлар
– адиабатик 246
– баромембран 351
– диффузион–мембранали 351,354
– изотермик 246
– иссиклик алмашиниш 373-399
– кимёвий 625-668
– масса алмашиниш 460-478
– механик 609-618
– политроп 243
– совитиш 688-696
– хисоби 621

З

Задвижка
– харакатчан шпиндели 734
– кўзгалмас шпиндели 734
«Зарарли» бўшлик 246
Занжир 780
Занжирли полимерлаш 86,106,113
Занжирни узатиш реакцияси 108
Занжир узилиши 106,109,110
Занжир ўсиши 106,107
Заррача
– шакли 268
– ўлчами 267
Зичлик 267,387,466,610,662
– аралашмалар 21
– газлар 20
– нисбий 34
– суюкликлар 39
– каттик жисмлар 169
Змеевик 392,663

И

Идеал суюклик 484
– аралашма 490
– изобара 241
Изобутилен 109
Изобутилацетат 49
Изобутил спирт 783
Изопропил спирт 783
Иссиклик эффекти 779
Изопентан 22,34
Изопропил спирт 139,149
Изомерланиш 81
Изотерма 25
– кимёвий реакция 627
Изотактик 85,98
Изотермик дроссель эффекти 692
Ингибитор 108,124
Инициатор 109,113,116
Инжектор 640
Инжекция коэффициенти 642
Индикатор диаграмма 221
Инверсион температура 691
Инициплаш 111
Инициланган полимерлаш 108
Интеграл дроссель эффекти 691
Ионизация 305,306
Ионли полимерлаш 108
Ион–радикал 111
Иситкич 403,406,414,415
Иссиклик
– алмашиниш 373-397
– баланс 374-389
– бериш 386-398
– нурланиши 373-384
– микдори 373-381
– сигими 378-394
– элткичлар 374-400
– ўтказиш 373-396
– ўтказувчанлик 373-400
Иссиклик алмашиниш 373
– интенсивлиги 389

– конвектив 386-395
– элткичлар орасида 349
– ҳаракатга келтирувчи куч 398-400
Иссиклик алмашиниш трубалари
– бурама 429
– бурама лентали 429
– диафрагма турбулизаторли 429
– диск турбулизаторли 429
– конфузор–диффузор 429
– кўндаланг «накатка»ли 427
– спирал «накатка»ли 427
– шнекли, лентали 429
– шнексимон уюрмалантиргичли 427
Иссиклик алмашиниш курилмалари403-419
– бир йўлли 403
– блок–графитли 415
– бурилиш камераси 410
– змеевикли 411
– икки йўлли 406
– линза–компенсаторли 409
– пластинали 413
– спиралсимон 413
– «труба ичида труба» 410
– шнекли 415
– ювилиб турувчи 412
– киррали 414
– кўшалок трубали 409
– кобик трубали 407
– гилофли 414
– U–симон трубали 409
– ҳаво б–н совутиладиган 419
Иссиклик алмашиниш курилма таркиби
– иситувчи труба 403
– сегмент тўсик 407
– таксимлаш камераси 411
– таянч 416
– тешикли панжара 417
– фланец 413
– штуцер 412,416,418
– кистирма 412,413
– кобик 403-418
– копкок 403-413
– ҳаракатчан калпокчали 409
Иссиклик бериш
– дисперс системаларда 555
– конвектив 388
– коэффициенти 385,387
Иссиклик элткичлар 373
– азот, кислород, ҳаво 374
– аммиак, олтингугурт, углерод диоксиди 374
– газлардан электр разряди ўтказилганда ҳосил бўлган газлар 374
– гелий 374
– калай ва сурманинг кўргошинли котишмалари 374
– метан 374
– органик суюкликлар 395
– силиконлар 374
– сув 374
– сув буғи 374
– тутун газлари 374
– шамот, алунд ва ҳ. 374
– этан, этилен, фреонлар 374
– этиленгликоль 374
Иссиклик элткич ҳаракати
– аралаш 399
– кесишиб ўтган 399
– параллел 399
– карама-карши 399
Иссиклик ўтказиш
– интенсивлаш усуллари 424-429
– конвектив 386,387
– коэффициенти 397
– текис, цилиндрик, сферик деворлардан 398
Иссиклик ўтказувчанлик
– газ ва суюкликлар 373
– дифференциал тенгламаси 377
– коэффициенти 376
– мураккаб жисмлар 382
– текис девор 379
– цилиндрик 380
– шарсимон 381
– эффектив 417
– каттик жисмлар 373
Ишкаланиш каршилиги 187,192
Иссиклик насоси 432,439,446

Й

Йўловчи газ 20,23,80,127,128

К

Кади ва Вильямс формуласи 466
Калорифер ҳисоби 585
Капилляр богланган намлик 577
Калцинацияланган сода 502
Канат 760

Карбонизациялаш 42
Карбонат ангидрид 778
Карбон кислота 27,38,45
Карбонил бирикма 61
Карбонийли ион 109
Карбамин кислота 40
Картон 803
Капица цикли 715
Карно цикли 688,-690
Карбозанжирли 82-84
Касаткин формуласи 495
Касрли дистилляция 72,73
Катионли полимерлаш 108,109
Каталитик 27,31,109
Катализатор 30,36,53,778
Каучук 79,81,97,98
Керамик панел 642
Керосин 75,77,782
Кетон 27,123
Кимёвий
– жараён 625
– иссиклик баланс 633
– моддий баланс 633
– тезлиги 625
– ҳаракатга келтирувчи куч 629
– боғланган намлик 577
– реакция тезлиги 641,659
– реакция тезлиги константаси 665
Кимёвий деструкция 123
Кинетик тенглама 629
– энергия 33
Киреев коидаси 432
Кислород 27,44.54,778,782
Клапан
– тескари 236
– сакловчи 237
Классификациялаш 613
Клод цикли 716
Кобальт 780, 781
Когезион камера 643
Компенсатор 739
– П–симон 727
– тўлкинсимон 727
– салникли 728
Конвекция
– конденсат 393
– мажбурий 387
– эркин 387
Конвекцион камера 647
Конверсия 778,782
Конденсат ажраткич
– термостатик 735
– калкиб тургичли 735
Конденсатор 46,70
– юзавий 70
– аралашиш 70
Компрессорлар 241-261
– винтли 252
– пластинали 254
– ротацион 250
– сув халкали 250
– унумдорлик 244-247
Коррозия тезлиги 44,45
Кристаллик полимер 97-100
Критериал тенглама 24
Критерийлар
– Архимед 266,321
– Галилей 191,393
– гомохронлик 191
– Грасгофф 390
– Гухман 469
– Нуссельт 389
– Ньютон 102
– Пекле 389
– Прандтл 390
– Рейнольдс 184,457
– Стантон 390
– тез юрарлик 225
– Фруд 191
– Фурье 389
– Эйлер 191
Ксилол 79,82
Ксенон 656
Крекинг 62,63,72
Криоген техника 688
Криогидрат нукта 698
Криоскопия 89,90
Криптон 656
Кулранг жисм 384
Куб қолдиғи 540-543,551
Колонна 39,60,72,74
Компрессор 57-74,241-261
Кокслаш 79,82
Кокс гази 82
Консистенция 104
Контактли куритиш 572,584,589
Конвектив куритиш 572,581,584,586
– кинетикаси 578
Конформация 90,91,94,95,98
Конформацион айланиш 91
Координацион–ионли полимерлаш 108
Коррозия 44

Кран
– тикинли 733
– пробкали 733
– шарсимон 733
Кулон кучи 308
Куч
– гидродинамик босим 319,320
– инерция 294
– ишкаланиш 267,269
– кўтарувчи 265,266
– марказдан кочма 269-275
– оғирлик 269-271
– электр майдони 263
Кўмир 776
Кўндаланг тўсиклар 406
Кўпиклар 263
Кўпикли курилма 508-512
Кўп компонентли аралашма 541
Кўпиртирилган полиэтилен 169
Кўндаланг тўсиклар
– дискли 406
– икки томонлама сегментли 406
– сегментли 406

Л

Ламела 101
Ламинар режим 186-206
Лангар 752,755,763
Латунь 727-730
Линзали компенсатор 727
Легирланган пўлат 45,65
Ленгмюр изотермалари 555
Ле–Шателье принципи 556
Линде цикли 702
Льюис асосли 146

М

Мавҳум пластик 104
Мавҳум кайнаш 315
– окимчали 324
– сони 320
Мавҳум кайнаш катлами
– баландлиги 319
– биринчи критик тезлик 319
– гидравлик каршилик 315-329
– иккинчи критик тезлик 320
Мажбурий конвекция 387,394
Макромолекула 105,108-113
Мавҳум 104
– пластик 104
– кайнаш 315
Масса 24,460
– микдори 462-474
– ўтказувчанлик 463-469
Масса бериш 461-478
Масса ўтказиш 460
– асосий тенгламаси 462
– кинетикаси 461
– коэффициенти 462
– моддий баланси 462
– ўртача ҳаракатга келтирувчи куч 476
– каттик фаза иштирокисиз 467
– каттик фаза иштирокида 467
Масса сакланиш конуни 178
Массавий улуш 29,88
Массавий сарф 662
Маҳаллий каршилик 672,686
Масса ўтказувчанлик 463-469
Масса алмашиниш
– критерийлари 468-481
– механизми 467
– моддий баланслари 462
– моделлари 473-475
– курилмаси 462-480
– ҳаракатга келтирувчи куч 460
Мишяк–поташли 47
Менделеев–Клапейрон тенгламаси 572
Механик жараёнлар 609
Мембрана 349
Мембранали жараён
– ишчи юза 355-371
– масса ўтказиш коэффициенти 353
– моддий баланс 370
Мембраналарни тозалаш усуллари
– гидродинамик 355
– кимёвий 355
– механик 354
– физик 355
Мембранали курилмалар
– ичи бўш, бир даста толали 358
– ичи бўш, толали 358
– ичи бўш, U–симон толали 358
– цилиндрик фильтр элементли 356
– ўрамли фильтр элементли 357
– ҳисоби 370
Метан 20,22,32,126,777, 778,779
Метилпентен 781
Метилэтилкетон 783

Метанол 48-50,53,70,778,779
Метилацетат 49,65
Метилацетилен 66,70,74,77
Метилдиэтаноламин 47
Метилдиметоксиацетат 48
Метилацетоацетат 48
Метилхлорсилан 79
Меркаптан 51,108
Механик деструкция 123
Микроковаклар ҳажми 27
Микрофильтрлаш 349,352
Минора 54,61
Мис 498
Мишяк–содали 58.59
Моделлаштириш 318
Модификацияланган критерийлар
– Рейнольдс 184,457
– Эйлер 191,342
Молекуляр оғирлик 20,41
Молекуляр масса 79,83
Молекуляр диффузия 463-475
Моддий баланс 462-473
Моделлар
– Данквертс 475
– Дитнерский 352
– Диффузион чегаравий катламли 474
– Кишиневский 475
– Льюис ва Уитмен 474
Монодисперс катлам 315
Мономер 83-112
Мононасос 223
– ротор 223
– статор 223
Монодисперс 315
Моноэтаноламин 39-52
Мувозанат 24
Мувозанат константаси 55
Мувозанат диаграммаси 461
Мачта 752
Мўртлик температураси 94,145
Мўътадиллагич 116,124

Н

н–пропилацетат 49
н–гексан 49
н–гептан 49
N–Метилпирролидон 65,66
«Накатка» ли труба 425
Нанофильтрлаш 352
Нам саклаш
– материалнинг 578
– ҳавонинг 573
Намлик
– абсолют 573
– адсорбцион боғланган 577
– гигроскопик 578
– капилляр боғланган 577
– кимёвий боғланган 577
– материал 578
– мувозанат 578
– нисбий 573
– осмотик боғланган 577
– физик-механик боғланган 577
– физик-кимёвий боғланган 577
– ҳавонинг 578
Нам ҳаво
– I–x диаграмма 587
Напор
– геометрик 181
– гидродинамик 181
– гидростатик 181
– динамик 181
– йўқотилиши 185
Насос 209-231
Насадкалар
– Берл эгари 491
– Блокли 492
– Гудлое 491
– Инталлокс 491
– ички 202
– кенгаювчи 202
– коноидал 202
– Рашиг 491
– Пал 493
– Спрейпак 491
– ташки 202
– Теллер 493
– тораювчи 202
– тўсикли 491
– тури 202
– фасонли 493
– ватарли 492
– ўлчами 501
Насослар 209
– кетма-кет улаш 217
– винтсимон 209
– марказдан кочма 212
– монтежю 227
– напори 209

– окимчали 226
– параллел улаш 217
– плунжерли 233
– поршенли 218
– ростлаш 223
– тармокдаги иш 216
– триплекс 219
– унумдорлиги 219
– универсал характеристика 216
– шестерняли 224
– эрлифт 227
– ўкидаги кувват 209
Натрий ишкори 154
Нафта 782
Нафтен 36,105
Нафталин 82,782
Нефть 105,124,776,777,782
Никель 377,407,669
Нисбий
– гадир-будурлик 189
Нутч–фильтр 283
Нукта
– инверсия 524
– учиб чикиш 494
– шудринг 575
Ноньютон суюклик 196
Ноорганик полимер 79
Нурланиш энергияси 384
Нурланиш тури
– инфракизил тўлкин 384
– космик 384
– γ–нурланиш 384
– радио тўлкин 384
– рентген 384
– ультрабинафша 384
Ньютон конуни 387
– суюклик 196

О

Оксидловчи парчаланиш 62
Оксигенат 780,781
Оксосинтез 779
Олигомер 783
Олефинлар 63, 777,779,781,782,783
Олтингугурт 27,61,783
Олтингугурт ангидриди 54
Органик полимер 79-82
Осмос 349
Осмотик босим 335-370
Оралик
– иссиклик элткич 370
– совуклик элткич 688-700
Окова 60-64
Оким
– иссиклик 334-370
– нотурғун 373-399
– турғун 373
Окувчанлик температураси 95
Окувчанлик чегараси 146
Оким турбулентлиги 33
Окимчали насос 209-239
Ок мишяк 58-60

П

Парафин 36,75,777,779,780,781,782,783
Парциал босим 483
Парциал оксидланиш 778,782
Паронит 730
Пахта чигити 383
Пельтье эффекти 693
Пентан 21,80
Пермеат 349-371
Пиролиз 23,62,75,641,681
Пирогаз 63,67,77
Пневмометрик труба 184
Плановский А.Н. назарияси 515-516
Пластинали компрессор 249
Пластификация 105
Пластмасса 105,168,641
Пропорционаллик конуни 217
Полиалломер 155
Полиамид 83,97,120,123
Поливинилхлорид 80,92,104
Полидисперс катлам 317
Полиизобутилен 82,92,120,155
Поликонденсациялаш 86-120
Полимер 70,79,120
Полимерлаш 86-110
Полимеризатор 156-167
Полиметакрилат 83,116
Полиметилметакрилат 83,114,121
Полипропилен 81,95,783
Полиэтилметакрилат 83
Полистирол 82,95,122
Полиспаст 752,762,764
Политропик жараён 243
Политропа кўрсаткичи 234,247
Полиолефин 83,170,766,767
Политетрафторэтилен 65,95,122
Полиэтилен 22,65,136,171
Полиэтиленгликол 48,52

Полиэтилентерефталат 83,142
Полиэфир 83,92
Поршенли насос 218,238
– зичловчи халка 218,231,237
– кривошип–шатун механизми 218
– поршень 29-218
– сўриш клапани 218-222
– цилиндр 218-233
– хайдаш патрубкаси 226,236
Поташ 47,53
Потенциал энергия 90,91
Поғоналар сони 252
Поғонали полимерлаш 86,107
Пластификатор 105
Плунжерли насос
– плунжер 209,238
– сўриш клапани 218,222
Пропан 20,37,80
Пропан–пропилен 81,146,149
Пропадиен 63,74,77
Пропилен 67,82,122,782,783
Пропиленкарбонат 48
Пропил спирт 783
Пропион 783
Пресс 609
– икки шнекли 611
– ротацион 611
Пульпа 64
Пуркаб грануллаш 609
Пуркаш 613
Пуркагичлар
– вибрацион 617
– марказдан кочма 609
– механик 610
– пневматик 616
– сопло 617
Пўлат 641,647,672

Р

Радиацион деструкция 88,123
Радиацион куритиш 572
Радиант 642,674,684
Радиацион полимерлаш 108
Радикалли полимерлаш 108
Ранк эффекти 31
Реакторлар 625,632,670
– аралашиш 629
– даврий 635
– сикиб чикариш 629
– узлуксиз 635
– ярим узлуксиз 636
– хисоби 640
Реакция даражаси 618
Реактор–козон 660
Реакция тезлиги
– константаси 628
Ребиндер тенгламаси 578
Регенерация 29,46,55,60,72-77
Регенератор 45,51,58,60
Регенератив иссиклик алмашиниш 417
Редуцирлаш 67
Резина 610
Резервуар 651-655
– томчисимон 652
– шарсимон 652
– клапани 653
Рейнольдс критерийси 184,457
Ректизол жараёни 48
Ректификация 529-540
– жараёни 529,535-540
– иссиклик баланс 536
– моддий баланс 536
– флегма сони 536
Ректификацион колонна
– колонна 535-543
– дефлегматор 529,533,535,551
иситкич 540-552
– совуткич 540-552
– узлуксиз ишлайдиган 540
– хисоби 543
Релаксация 95
Релаксация вакти 95
Релаксацион ходиса 95
Реология 102
Реопексия 105
Ретант 349-370
Ретурбенд 646,648
Рецикли 782
Роторли компрессор 249
Рутений 780
Рух карбонати 55
Рух оксиди 55

С

Самарадор труба 429
Сарф коэффициенти 50
Сегмент 92,93,100
Селективлик 31,47,111

Селектив ўтказувчанлик 352
Сепаратор 298
– марказдан қочма 299
– тарелкали 304
Сесквигалоид 137
Силикагел 26,29
Силжувчанлик 96
Симплекс 191
Синергизм 124
Синдиотактик 85
Синиш коэффициенти 48,66
Синтез 777,782
Синтез–газ 69,75,77, 778,779
Сиртий конденсация 403
Сиртий таранглик 115
Сикиш жараёни 241-253
– иши 242
– истеъмол қуввати 242
– температураси 242
Скрубберлар 290
– Вентури 303
– ичи бўш 302
– насадкали 303
– кўпикли 304
Совитиш 688
– коэффициенти 689-695
– муз билан 694
– сув билан 693
– ҳаво билан 693
Совитиш машиналари
– абсорбцион 700
– инжекторли 701
– сув-аммиакли 703
Совитиш усуллари
– газларни кенгайтириб 691
– суюкликларни буғлатиб 690
Совуткич 697
Совуклик иш унумдорлиги 692-699
Совуклик элткичлар 697
– аммиак 698
– олтингугурт ангидрид 698
– оралик 698
– углерод диоксиди 698
– фреонлар 698
– хлорли метил 698
Совук тортиш 98
Сокатализатор 108
Солиштирма оғирлик 275
– иссиклик сиғим 42,66
Сомономер 112
Сополимер 83
Сополимерлаш 112
Сополимерлаш константаси 112
Сорбция 576
– изотермалари 577
Сорбент 25
Статистик полимер 83
Статистик ўрам 90
Стереоблокли 148
Стереотартиблилиги 147
Стереоспецификлик 148
Стефан-Больцман конуни 384
Стирол 112,113
Стретфорд усули 61
Сув буғи
– бирламчи 431
– иккиламчи 431
– иситувчи 436
Сувсизлантириш 609
Супердомен 101
Суспензия 114,116,127,138,141,146-161
Суюк ёкилғи 779
Суюклик
– зичлиги 193
– идеал 178
– иссиклик сиғими 243
– иссиклик ўтказувчанлиги 327
– насадкадан окиб чикиши 204
– пуркагич 641
– сарфи 175
– сиртий таранглиги 330
– сикиш 175
– совитиш ва иситиш 224
– тезлиги 175
– томчили 201
– узлуксизлиги 177
– узатиш 192
– кайнаши 212
– қовушоклиги 182
– ҳакикий 180
Сулфат кислота 54,59,60
Сулфинол жараёни 50
Сулфолен 50
Сулфолан 50
Суспензияда полимерлаш 116
Сўриш баландлиги 209

Т

Табиий газ 20-73, 776,777
Тайлокс жараёни 59
Танкер 777

Тантал 798
Тарелка
– балластли 498
– капсулали калпокча 498
– клапанли 498
– окимчали 499
– панжарали 501
– сони 515
– туннелли 500
– тешикли 501
– тўлкинсимон 504
– элаксимон 497
– кайта таксимлаш 491
– калпокчали 497
– элаксимон-калпокчали 504
– ҳакикий сони 515
– S–симон элементли 500
Тармокланган полимер 84
Тартибли 84
Тартибсиз 84
Таркалиш коэффициенти 461
Таянч 727
Такелаж 752
Тебранма элак 135
Теллер розеткаси 493
Тезкор гранулятор 617
Тезлик 25,91,146,175,267,390,462,616,658
Текстолит 803
Темир 780
Темир сульфнди 46
Темир оксиди 54
Температура
– аникловчи 391
– градиенти 376
– депрессияси 432
– майдони 375
– напори 428
– фарки 423
– ўтказувчанлик 378
– ўртача 392
– кайнаш 431
– курук термометр 576
– ҳўл термометр 576
Температура ўтказувчанлик 378
Температуравий коэффициент 632
Тенглама
– Бернулли 202,203
– Блазиус 194
– Боуман 401
– критериал 342
– масса бериш 465
– масса ўтказиш 467
– Тищенко 432
– гидродинамика дифференциал 180
– Дарси-Вейсбах 201,216
– Дубинин 556
– иссиклик ўтказиш 396
– иссиклик ўтказувчанлик 377
– Касаткин А.Г. 495
– конвектив иссиклик алмашиниш 386-394
– Ленгмюр 555
– масса ўтказиш 462
– Менделеев-Клапейрон 573
– Навье-Стокс 182
– окимнинг узлуксизлиги 178
– Планк 385
– Плановский 515
– Плановский ва Рудобашта 581
– Ребиндер 577
– Саламаха 516
– сарфнинг ўзгармаслиги 184
– Тодес 220
– фильтрлаш 281
– Фурье 378
– Фурье-Кирхгоф 388
– Эйлер 178
Теорема
– Кирпичев ва Гухман 582
Терефталли кислота 83
Термик деструкция 121
Термик каршилик 389
Термомембран жараён 349
Термомеханик 93
Термодесорбер 67
Тескари осмос 349
Тетрамер 87
Тетрафторэтилен 122
Технология 37-74
Технологик труба 725
Тиксотропия 104
Тиндиргич
– кўп каватли 272
– эмульсия ажратгич 273
– эшкак аралаштиргичли 272
Тиосульфат 44
Тирсак 727
Титан 404
Титан хлорид 139
Тишенко формуласи 432

Тозалаш даражаси
– газларни 264
– суюкликларни 264
– турли жинсли системаларни 263
Толуол 49
Томчи ушлагич 440
Торайгич 745
– конуссимон 746
Тошкўмир 27,79
Тошкўмир кора мойи 82
Триплекс-насос 219
Тример 142
Триэтаноламин 44
Трос 755
Туман 264
Турбина 39
Турбогазодувка 54,261
Турбодетандер 706
Турбокомпрессор 261,693
Турбокориштиргич 340
– дефлектор 340
– ротор 340
– сегмент 340
– фильтр 340
– электр юриткич 340
– копкок 340
Турбулент ҳаракат 33,186
– диффузия 463
Турбулизатор 501
Турли жинсли система 508
Турғун ва нотурғун окимлар 373
Тутун 263
Триэтилалюминий 126
Труба ва газ кувурлари
– бурама 427
– диаметрини ҳисоблаш 201
– силлик 248
– спиралсимон турбулаторли 213
– узунлиги 202
– гадир-будур 189
– ҳисоби 198
«Труба ичида труба» 392
Трубалар бўшлиғи 400
Трубалараро бўшлик 400
Трубаларни жойлаштириш усуллари
– квадрат томон ва чўккиларида 405
– концентрик айланалар бўйлаб 405
– тўғри олтибурчак кирра ва чўккиларида 405
Трубали ва пластинали электр фильтр
– электрод 305
– силкитувчи мослама 300
– тешикли панжара 308
– «тож» ҳосил килувчи электрод 308
– трубали электрод-анод 308
– чанг йиггич 307
Трубаларни тешикли панжарага зичлаш
– елимлаш 404
– кавшарлаш 404
– развальцовка 404
– пайвандлаш 404
– «портлатиб» зичлаш 404
– сальник билан зичлаш 404
Трубали реактор 638
Трубали экран 642
Трубали ўтхона 642
Тўйинган углеводород 127
Тўлиқ конверсияли 158
Тўлиқмас конверсияли 158
«Тўкма» зичлик 144
Тўрсимон полимер 784
Тўртхлорли титан 137

У

Уайт–спирт 149
Углеводород 31-74,778-782
Углерод 778,783
Углерод диоксиди 21
Углерод монооксиди 63
Углерод оксиди 777
Углерод сони 780
Углеродли пўлат 49-66
Узлуксизлик тенгламаси 177-205
Уксус 783
Уксус кислота 778
Ультра паст температура техникаси 688
Ультрафильтрлаш 349
Унумдорлик 201
Молекула уст 79
Утилизация 39
Уч боскичли насос 221
Уюрмавий
– эффект 627
– труба 636

Ф

Фавворасимон катламли
– гранулятор 612
Фаза

– дисперс 115
– дисперсион 115
– икки фазали оким 228
– коидаси 461
Фазавий мувозанат 461
Фазовий тўр 87
Фазалар коидаси 461
Фаол марказ 106
Фаолланган кўмирлар 23-74
Фланецли бирикма 727
Флегма 533
Флегма сони 536
Фибра 803
Фибрилла 101
Физик-кимёвий боғланган намлик 577
Фикентчер константаси 168
Фикнинг 1, 2-конунлари 463
Фильтр тўсик 279
– газлама 279-283
– енгли 290
– картон 279-284
– кварц кум 302
– керамика, говакли 301
– кокс 82,302
– металлокерамика 301
– пластмасса, говакли 301
– пресс 284
– сочилувчан материал 279
– тўр парда 279
– шағал 279
– шлак 302
– кум 279
– говакли полимер 279
Фильтрат 279
Фильтрлар 279
– барабанли 285
– вакуумли 285
– дискли 285
– енгли 290
– лентали 286
– нутч-фильтр 283
– патронли 301
– узлуксиз 285
– фильтр-пресс 284
– центрифуга 277
– кумли 283
– ҳисоби 296
Фильтрлаш 279
– вакти 280
– интенсивлаш 279
– кинетик тенглама 280
– константаси 282
Фильтрлаш турлари
– ковакни тўлдириш 280
– оралик 280
– чўкма ҳосил килиб 280
Фишер-Тропш синтези 779-783
Флюор–жараён 48
Флори гипотезаси 780
Фойдали иш коэффициенти 210-239
– адиабатик 136-242
– гидравлик 241-261
– изотермик 242
– механик 244
– насос 241
– узатиш 241
– эксергетик 718
Фойдали қувват 210
Форабсорбер 64
Формальдегид 782
Форполимеризатор 151
Фотокимёвий деструкция 123
Фотокимёвий полимерлаш 107
Фракцияли ҳайдаш 533
Фрейдлих изотермалари 555
Фреонлар 698
Фтал кислота 117
Фторли водород 769
Фторопласт 730
Фторопласт трубали иссиклик алмашиниш курилмаси 452
Фторфосген 769
Фугат 264
Фурье конуни 376

Х

Хемосорбция 460
Хинон 61
Хлорли метил 698
– водород 688
Хлороформ 49
Хлорсулфирланган полиэтилен 169
Хомашё 53
Хром оксиди 126

Ц

Цапфа 758
Центрифуга 263-277
– горизонтал 269

– фильтрловчи 269
– чўктирувчи 269
– ўта самарали 264
Центрифугалаш 263
– унумдорлиги 270
Цеолитлар 26-57
Цианли водород 28
Циглер–Натт катализатори 137,149
Цикллар
– Гейландт 706
– идеал машина 694
– Капица 715
– Карно 688
– каскадли 698
– Клод 705
– Линде 702
– ҳақиқий машина 694
Цикллаш 118
Циклонлар 134-290
– батареяли 290
– НИИОГаз 291
Циркуляцион труба 440

Ч

Чизикли полимер 84-94
Чанг 264
Чарм 734
Чақичсимон 64
Чегаравий қатлам 186-206
– назарияси 432
Чўкиш
– сиқиқ 265
– тезлиги 266
– эркин 265
Чўкма 264-277
Чўктириш 263
– каттиқ заррачаларни 264
– турли жинсли системаларни 264
Чўктиргич
– иш унумдорлиги 270
– кўп каватли 272
– узлукли 271
– узлуксиз ишлайдиган 267
– ярим узлуксиз ишлайдиган 271
Чўктириш камераси 270
Чумоли кислота 44
Чукур совитиш техникаси 688
Чўян 647

Ш

Шакл коэффициенти 266-269
Шакллантириш 154
Шарсимон девор 381
Шартли босим 725
Шартли диаметр 725
Шаффоф жисм 384
Шервуд-Ликов усули 583
Шестерняли насос 224-239
Шилов И.А. модели 536
Шип–паз 729
Шиша пластиклар 727
Шишасимон полимер 93
Шпилка 500
Шудринг нуктаси 575
Шукарев формуласи 463

Э

Эбулиоскопия 89
Эйлер дифференциал тенгламаси 178
Эквивалент диаметр 175,269
Экзотермик реакция 778
Экран 642
Экстра–буғ 431
Экструзия 609
Экструдат 610
Экструдер 612
Экструдер–гранулятор 139
Элаклар 166
Электр майдон потенциали 307
Электр фильтрлар
– пластинали 308
– трубали 308
– электр юриткич қуввати 285
– чиғирик 762
– ҳисоби 289,296,303,315
Электрод 62
Электродиализ 349
Электролит 352-354
Электрод
– пластинали 308
– трубали 307
– «тожли» 306
Электрокрекинг 62
Эмулгатор 161
Эмульсия 114
Эмульсияда полимерлаш 115
Энергетик баланс 181
Энергия 33-60
Энтальпия 375-378
Энтропия 688

– квадрат 730
– комбинациялашган 730
– фасонли 730
– ясси 730
– картон 730
– резина 731
– асбест 730
– полиэтилен 730
– алюминий 730
– мис 730
– латун 730
– қўрғошин 730
Қиррали иссиклик алмашиниш юзалари
– буйлама киррали 414
– гофрирланган киррали 414
– кўндаланг киррали 414
– спиралсимон киррали 448
– трапецидал шаклли кирра 414
– тўғри тўртбурчак шаклли 414
– учбурчак шаклли 414
Қиррали труба 411
Қобик–трубали иситкич 399
Қовушоклик
– аномал 103
– динамик 102
– кинематик 181
– ноньютон суюкликлар 196
– Ньютон суюкликлар 102-196
– силжиш 92
– суюклик 197
– эффектив 103
– ҳакикий 90-103
Қоида
– Бабо 432
– Вревский 532
– Дюринг 432
– Киреев 432
– ричаг 653
– фазалар 464
Қуйи молекула бирикма 106
Қонунлар
– Архимед 207
– Вревский 532
– Генри 38,49
– Кирхгоф 385
– Коновалов 531
– Ламберт 386
– Ньютон 102,104
– Ньютон–Петров 265
– пропорционаллик 217
– Рауль 529
– сакланиш (энергия) 181
– Стефан–Больцман 384
– Фик 463-464
– Фурье 376,377
Қоракуя 23,63,67,778
Қоракуя чўктиргич 64
Қувват 210
Қувватнинг захира коэффициенти 210
Қурилма
– диаметри 251,252,265
– гидравлик 54
– иссиклик алмашиниш 354-370
– кимёвий 625-673
– масса алмашиниш 462-479
– механик 606-619
– совитиш 688-700
Қуритиш 572-607
– давомийлиги 580
– диэлектрик 572
– жараёни 572
– жараён ишчи чизиғи 586
– иссиклик баланси 584
– кинетикаси 578
– конвектив 572-584
– контактли 572-584
– моддий баланс 583
– потенциали 576
– радиацион 572
– статикаси 576
– сублимацияли 589-597
– тезлиги 579
Қуритиш соҳаси 578
Қуритиш тезлиғининг эгри чизиғи 579
Қуритиш эгри чизиғи 577
Қуриткич насадкалари тури
– ағдарувчи, ёпиқ ячейкали 593
– ағдарувчи, секторли 593
– кўтарувчи-парракли 593
– парракли 593
– таксимловчи 593
Қуриткичлар 572
– барабанли 590
– жували 596
– камерали 590
– лентали 590
– мавҳум кайнаш катламли 594
– пурковчи 597
– сиртмокли 591
– сублимацияли 597

– тебранма, мавҳум кайнаш 592
– терморадиацион 599
– туннелли 590
– шахтали 591
– юкори частотали 599
– ҳисоби 599
Қуритувчи элткичлар
– тутун газлари 572-592
– ўта кизиган буғ 574
– ҳаво 572
Қуюклашган эритма 435-436
Қўрғошин 727
Қўшалок-трубали 409

F

Ғадир-будур 121,189,195
Ғилофли иситкич 414
Ғоваклилик 27
– жисм 27
– катлам 350-441
Ғоваксимон жисм тузилиши 421

X

Ҳаво 20,32,66
– ажратиш 25,115,133,151,238
– сарфи 25,60,67
Ҳаволи конденсатор 414
Ҳаво ортикчалиги 20
Ҳажмий
– сарф 175,203,244,479,546,604,671
– кенгайиш 387
Ҳайдаш 416
– дефлегмация билан 533
– жараёни 531
– моддий баланс 533-536
– молекуляр 543
– оддий 532
– сув буғи билан 533
– фракцияли 533
Ҳаракат
– ламинар 387
– турбулент 387
– ўтиш 391
Ҳаракат йўналишлари
– аралаш 315,399
– кесишиб ўтган 399
– параллел 399
– карама-карши 323,399
Ҳаракатга келтирувчи куч 51
– гидромеханик жараёнлар 263-336
– иссиклик алмашиниш жараёнлар 373
– кимёвий жараёнлар 501,612
– масса алмашиниш жараёнлар 460
Ҳакикий суюклик 180
Ҳакикий флегма сони 538
Ҳимояловчи таъсир вакти 556
Ҳисоб
– гидравлик 370
– иссиклик 452
– механик 621
– реактор 658
Ҳўл газголдер 653
Ҳўл термометр температураси 467

G

GTL 777,778,779,782

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР

1. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Ҳ.С., Закиров С.Г. Кимёвий технология асосий жараён ва курилмалар. – Т.: Шарк, 2003, 644 б.

2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1973, 752 с.

3. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. – М.: Химия, 1987, 496 с.

4. Технология пластических масс. / под.ред.В.В.Коршака. – М.: Химия, 1985, 560 с .

5. Юсупбеков Н.Р, Нурмухамедов Ҳ.С., Зокиров С.Г. ва бошкалар. Кимё ва озик-овкат саноатларининг асосий жараён ва курилмаларини хисоблаш ва лойихалаш. – Т.: Жахон, 2000, 231 б.

6. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С. Кимё ва озик-овкат саноатларнинг жараён ва курилмалари фанидан хисоблар ва мисоллар. – Тошкент: Nisim, 1999, 351 с.

7. Айнштейн В.Г., Гордонов Б.С. Псевдоожижение / под ред. А.П.Баскакова. – М.: Химия, 1991, 400 с.

8. Уайт Дж.Л., Чой Д.Д. Полиэтилен, полипропилен и другие полиолефины // пер. под ред. проф.Цобкалло Е.С. – С-Пб.: Профессия, 2006, 256 с.

9. Polypropylene. An A to Z reference / ed.J.Karger-Kocsis. Kluwer, 1999, 987 с.

10. Белокурова А.П., Агеева Т.А. Химия и технология получения полиолефинов // под ред.О.И.Койфмана. Иваново: Иван.гос.хим-технол.ун-т. –2011,126 с.

11. Багдасарьян Х.С. Теория радикальной полимеризации. – М.: Наука, 1996, 299 с.

12. Соколов Р.С. Химическая технология. Т.1-2. – М.: Владос, 2000, 814 с.

13. Нурмухамедов Х.С. Научные основы создания процессов и аппаратов для сушки и гранулирования зернисто-волокнистых материалов. – Дисс.... докт. тех. наук, – Ташкент: ТашХТИ, 1993, 440 с.

14. Скобло А.И., Молоканов Ю.К., Владимиров А.И., Щелкунов В.А. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии. – М.: Недра, 2000, 677 с.

15. Бродянский В. М. , Фраттер В.Ф., Михалек К. Эксергетический метод и его приложения. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 288 с.

16. Дытнерский Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии. Т. 1-2. – М.: Химия, 1995, 768 с.

17. Handbook of Polypropylene Composites / ed.H.G.Kanan – New York: Marcel Dekker Inc., 2003, 740 с.

18. Абросимов А.А. Экологические аспекты производства и применения нефтепродуктов. – М.: Барс, 1999, 732 с.

19. Машины и аппараты химических производств: Учеб. пособие для вузов / Доманский И.В., Исаков В.П., Островский Г.М. и др.; Под общ. ред. В.Н. Соколова - 2-е изд., перераб. и доп. – С.-Пб.: Политехника, 1992, 327с.

20. Николаев В.В., Бусыгина Н.В., Бусыгин И.Г. Основные процессы физической и физико-химической переработки газа. – М.: ОАО «Недра», 1998, 184 с.

21. Мишин В.М. Переработка природного газа и конденсата. – М.: Академия, 1999, 448 с.

22. Владимиров А.И., Щелкунов В.А., Круглов С.А. Основные процессы и аппараты нефтегазопереработки (краткий справочник). – М.: Нефть и газ, 1996, 155 с.

23. Поникаров И.И., Перелыгин О.А., Доронин В.Н., Гайнуллин М.Г. Машины и аппараты химических производств: – М.: Машиностроение, 1989, 368 с.

24. Идельчик И.Е. Аэрогидродинамика технологических аппаратов. – М.: Машиностроение, 1983, 351 с.

25. Варгафтик Н.Б. Теплофизические свойства веществ. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1956, 368 с.

26. Гухман А.А. Введение в теории подобия. – М.: Высшая школа, 1973, 295 с.

27. Амрож И. и др. Полипропилен. Перевод со словацкого В.А.Егорова под ред. В.И.Пилиповского и И.К.Ярцева. – Л.:Химия, 1967, 316 с.

28. Лащинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. – Л.: Машиностроение, 1970, 752 с.

29. Соколов В.Н., Доманский И.В. Газожидкостные реакторы. – Л.: Машиностроение, 1976, 214 с.

30. Буевич Ю.А., Минаев Г.А. Струйное псевдоожижение. – М.:Химия, 1984,136 с.

31. Баскаков А.П., Фролов В.Ф., Сажин Б.С. и др. Расчеты аппаратов кипящего слоя. Справочник. – М.: Химия, 1986, 352 с.

32. Крыжановский В.К., Бурлов В.В. Прикладная физика полимерных материалов. – СПб.: изд-во СПб ГТИ (ТУ), 2001, 262 с.

33. Дудник А.Н. Газофикация энергетических углей в кипящем слое и потоке с циркуляцией твердой фазой / Дисс… канд.техн.наук, Киев, 1995, 218 с.

34. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М.: Наука, 1978, 736 с.

35. Жужиков В.А. Фильтрование. – М.: Химия, 1984, 336 с.

36. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии. Под редакцией Айнштейна А.Г. Т.1-2. – М.: Логос, 2000, 1784 с.

37. Черкасский В.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры. – М.: Энергоатомиздат, 1984, 416 с.

38. Роев Г.А. Очистные сооружения. Охрана окружающей среды: Учеб. для вузов. – М.: Недра, 1993, 281 с.

39. Фильтры для жидкостей. Каталог НПО «НИИхиммаш». Фильтры периодического действия. Ч.2, кн. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1992, 44 с.

40. Электрогидраторы. Трехфазные сепараторы. Электроразделители. Каталог ВНИИнефтемаш. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1992, 7 с.

41. Лейтес И.Л., Сосна М.Х., Семенов В.П. Теория и практика химической энерготехнологии. – М.: Химия, 1988, 280 с.

42. Страус В. Промышленная очистка газов: Пер. с англ. – М.:Химия, 1981, 616 с.

43. Центробежные горизонтальные и вертикальные химические насосы с проточной частью из металла: Каталог. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1981, 92 с.

44. Оудиан Дж. Основы химии полимеров. – М.: Мир, 1974, 612 с.

45. Маликов З.М., Нуритдинов А.А., Ризаев А.А. Методика расчета эффективности центробежных пылеуловителей // Доклады АН РУз, 2012, №2, 32-34.

46. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена. – М.: Атомиздат, 1979, 416 с.

47. Калинин Э.К., Дрейцер Г.А., Ярхо С.А. Интенсификация теплообмена в каналах. – М.: Машиностроение, 1981, 205 с.

48. Дзюбенко Б.В., Дрейцер Г.А., Ашмантас Л.-В.А. Нестационарный теплообмен в пучках витых труб. – М.: Машиностроение, 1988, 240 с.

49. Щукин В.К., Халатов А.А. Теплообмен, массообмен и гидродинамика закрученных потоков в осесимметричных каналах. – М.: Машиностроение, 1982, 200 с.

50. Юдаев Б.Н. Теплопередача. – М.: Высшая школа, 1981, 319 с.

51. Кошкин В.К., Калинин Э.К. Теплообменные аппараты и теплоносители. – М.: Машиностроение, 1971, 200 с.

52. Кудинов В.А., Карташов Э.М. Техническая термодинамика.– М.: Высшая школа, 2000, 261 с.

53. Бажан П.И., Каневец Г.Е., Селиверстов В.М. Справочник по теплообменным аппаратам. – М.: Машиностроение, 1989, 366 с.

54. Таубман Е.И. Выпаривание. – М.: Химия, 1982, 328 с.

55. Эксергетические расчеты технических систем: Справочное пособие // Бродянский В.М., Верхивкер Г.П. и другие: - Киев: Наукова Думка, 1991, 360 с.

56. Чечеткин А.В. Высокотемпературные теплоносители. –М.:Энергия, 1971, 496 с.

57. Зокиров С.Г., Каримов К.Ф. Интенсификация теплообмена в каналах при течении вязких жидкостей // ЎзР ФА маърузалари, 1997, №7, 32-35 с.

58. Зокиров С.Г., Каримов К.Ф., Саттаров Т. Применение двухмерной шероховатости для увеличения теплоотдачи вязкой жидкости // Труды II Российской Национальной конференции по теплообмену. Интенсификация теплообмена. т.8. – М.: МЭИ, 1998, 114-117 с.

59. Dreytser G.A., Gomon V.L., Krayev V.M., Zakirov S.G. Studies of fouling channels with turbulence promoters // Proceeding of the 3rd European Thermal Sciences Conference, Heidelberg, Germany, 10-13 September, 2000.

60. Каримов К.Ф., Умаров У.Э. Выбор оптимального тепло-обменного аппарата по энергетическому к.п.д. // Техникавий, иктисодий ва фундаментал фанлар соҳасининг мухим масалалари. – Ташкент, 2000, №3, 91-93 с.

61. Сосуды и трубопроводы высокого давления. Справочник. / Е.Р.Хисматуллин, Е.М.Королев, В.И.Лифщиц. – М.:Машиностроение, 1990, 384 с.

62. Владимиров А.И. и др. Гидравлический расчет теплообменных аппаратов. – М.: Изд. ГАНГ им. И.М. Губкина, 1997, 58 с.

63. Головачев В.Л., Марголин Г.А., Пугач В.В. Справочник-каталог. Промышленная кожухотрубчатая теплообменная аппаратура. – М.: Изд. ИНТЭК ЛТД, 1992, 265 с.

64. Кожухотрубчатые теплообменные аппараты общего и специального назначения. Каталог ВНИИнефтемаш. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1991, 106 с.

65. Основы расчета и проектирования теплообменников воздушного охлаждения: Справочник / А.Н. Бессонный, Г.А. Дрейцер, В.Б. Кнтыщ и др.; Под общ. ред. В.Б. Кнтыща. – СПб.: Недра, 1996. 512 с.

66. Пластинчатые теплообменные аппараты. Каталог УкрНИИхиммаш. – М.: ЦИНТИ химнефтемаш, 1990, 51 с.

67. Стальные спиральные теплообменники. Каталог УкрНИИхиммаш. – М.: ЦИНТИ химнефтемаш, 1976, 22 с.

68. Теплообменные аппараты «труба в трубе». Каталог ВНИИнефтемаш. – М.: ЦИНТИ химнефтемаш, 1992, 23 с.

69. Трубчатые печи. Каталог АООТ «ВНИИнефтемаш». – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1998, 27 с.

70. Тимонин, А. С. Основы конструирования и расчеты химико-технологического и природоохранного оборудования [Текст] : справочник / А. С. Тимонин. т.1. – Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2002, 852 с.

71. Обливин А.Н., Прокофьев Н.С., Воскресенский А.К. и др. Процессы и аппараты производства плит и пластиков. – М.: Экология, 1991, 456 с.

72. Выпарные аппараты вертикальные, трубчатые общего назначения: Каталог УкрНИИхиммаша. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1979, 38 с.

73. Плановский А.Н., Муштаев В.И., Ульянов В.М. Сушка дисперсных материалов в химической промышленности – М.: Химия, 1979, 287 с.

74. Бесков В.С., Сафронов В.С. Общая химическая технология и основы промышленной экологии. – М.: Химия, 1999, 470 с.

75. Хэм Д. Сополимеризация. – М.: Химия, 1971, 616 с.

76. Аксельруд Г.А., Молчанов А.Д. Растворение твердых веществ.– М.: Химия, 1977, 272 с.

77. Справочник химика [Текст] / под ред. Б. П. Никольского, О. Н. Григорова, М. Е. Позина [и др.]. – Т. V. – 2-е изд. – М. : Химия, 1968, 996 с.

78. Гельперин Н.И., Носов Д.А. Основы техники фракционной кристаллизации. – М.: Химия, 1986. 304 с.

79. Дытнерский Ю.И. Баромембранные процессы. Теория и расчет.– М.: Химия, 1986, 272 с.

80. Кафаров В.В. Основы массопередачи. – М.: Высшая школа, 1979, 439 с.

81. Петлюк Ф.Б., Серафимов Л.А. Многокомпонентная ректификация. – М.: Химия, 1983, 304 с.

82. Шервуд Т., Пигфорд Р.Л., Уилки Ч. Массопередача.– М.: Химия 1982, 696 с.

83. Колонные аппараты. Каталог ВНИИнефтемаш –М.:ЦИНТИхимнефтемаш, 1992. - 26 с.

84. Сажин Б.С., Сажин В.Б. Научные основы техники сушки. – М.: Наука, 1997, 448 с.

85. Сушильные аппараты и установки. Каталог НИИхиммаш. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1992, 80 с.

86. Александров И.А. Массопередача при ректификации и абсорбции многокомпонентных смесей. – Л.: Химия, 1975, 320 с.

87. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной технологии. – М.: Химия, 1984, 591 с.

88. Рамм В.М. Абсорбция газов. – М.: Химия, 1976, 656 с.

89. Вальдберг, А. Ю. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Защита атмосферы / А. Ю. Вальдберг, Н. Е. Николайкина. – М. : Дрофа, 2008, 239 с.

90. Дытнерский, Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии. Учеб. для студ. химико-технол. спец. вузов : в 2-х частях / Ю. И. Дытнерский. – М. : Химия, 2002, кн. 1. – 368 с.; кн. 2. – 400 с.

91. Процессы и аппараты химической технологии Учеб. для студ. вузов / А. А. Захарова [и др.] ; под ред. А. А. Захаровой. – М. : Академия, 2006, 528 с.

92. Тимонин, А. С. Основы конструирования и расчеты химико-технологического и природоохранного оборудования Справочник / А. С. Тимонин. Т. 3. – Калуга: Изд. Н. Бочкаревой, 2002, 968 с.

93. Шур А.М. Высокомолекулярные соединения. – М.:Высшая школа, 1981, 657 с.

94. Тимофеев В.С., Серафимов Л.А. Принципи технологии основного и нефтехимического синтеза. – М.: Химия, 1992, 431 с.

95. Муштаев В.И., Тимонин А.С., Лебедев В.Я. Конструирование и расчет аппаратов со взвешенным слоем. – М.: Химия, 1992, 344 с.

96. Романков П.Г., Фролов В.Ф. Моссообменные процессы химической технологии (системы с дисперсной твердой фазой). – Л.: Химия, 1990, 384 с.

97. Рудобашта С.П., Капрташов Э.М. Диффузии в химико-технологических процессах. – М.: Химия, 1993, 209 с.

98. Горелик А.Г., Амитин А.В. Десублимация в химической промышленности. – М.: Химия, 1986, 272 с.

99. Поникаров И.И., Рачковский С.В., Поникаров С.И. Расчеты машин и аппаратов химических производств и нефтегазопереработки (примеры и задачи). – М.: Альфа-М, 2008, 720 с.

100. Рудобашта С.П. Массоперенос в системе с твердой фазой. – М.: Химия, 1980, 248 с.

101. Лыков М.В. Сушка в химической промышленности. – М.: Химия, 1976, 432 с.

102. Муштаев В.И. и др. Сушка в условиях пневмотранспорта. – М.: Химия, 1984, 230 с.

103. Классен П.В., Гришаев И.Г. Основы техники гранулирования. – М.: Химия, 1982, 272 с.

104. Классен П.В., Гришаев И.Г. Основные процессы технологии минеральных удобрений. – М.: Химия, 1990, 304 с.

105. Генералов М.Б., Классен П.В., Степанова А.Р., Шомин П.В. Расчет оборудования для гранулирования минеральных удобрений. – М.: Машиностроение, 1984, 192 с.

106. Классен П.В., Гришаев И.Г., Шомин И.П. Гранулирование.–М.: Химия, 1991, 240 с.

107. Казаков А.И., Классен П.В. // Химическая промышленность, 1986, №6, 357 с.

108. Лаптев А.Г., Фарахов М.И. Разделение гетерогенных систем в насадочных аппаратах. – Казань: Казан. Гос. энерг. университет, 2006, 342 с.

133. Луканин В.Н. и др. Теплотехника. – М: Высшая школа, 2003, 671 с.

134. Нурмухамедов Х.С., Нигмаджонов С.К., Абдуллаев А.Ш., Аскарова А.Б., Рамбергенов А.К., Каримов К.Г. Нефт ва кимё саноатлари машина ва курилмаларини хисоблаш ва лойихалаш. - Т: Фан ва технологиялар, 2008, 356 с.

135. Машины и аппараты химических производств: Примеры и задачи. / И.В.Доманский , В.П.Исаков, Г.М.Островский и др. Под ред. В.Н.Соколова – Л.:Машиностроение. 1982, 384 с.

136. Заминян А.А., Рамм В.М. Абсорберы с псевдоожиженной насадкой. – М.: Химия, 1980,184 с.

137. Евгрaщенко В.В. и др. Промышленная и санитарная очистка газов. – М.: ЦИНТхимнефтемаш, 1982, №2, 5-6 с.

138. Тарат Э.А., Мухленов И.П., Туболкин А.Ф. Пенный режим и пенные аппараты. – М. –Л.: Химия, 1977, 303 с.

139. Ковалев О.С. И др. Абсорбция и пылеулавливание в производстве минеральных удобрений. – М.: Химия, 1987, 208 с.

140. Хэм Д. Полимеризация виниловкх полимеров.–М.:Химия, 1972, 163 с.

141. Мавлонов Э.Т., Закиров С.Г., Нурмухамедов Х.С. Интенсивность теплообмена при обтекании спирально-накатанных труб аммиач. рассолом // Химическая промышленность, Москва, 2012, №9, 53-58 с.

142. Закиров С.Г., Мавлонов Э.Т., Сагдуллаев У.Х., Нурмухамедов Х.С., Худойбергенов Ш., Нуриллаева А.А. Карбонизационная колонна / Заявка на патент №IAP 20110539. - 15 с. – ил.5.

143. Закиров С.Г., Мавлонов Э.Т., Сагдуллаев У.Х., Нурмухамедов Х.С. Обобщение опытных данных по гидравлическому сопротивлению при течении жидкостей в каналах с плавно-очерченными спиральными турбулизаторами // Химическая промышленность, Санкт-Петербург, 2012, т.89, №9, 86-90 с.

144. Тангяриков Н.С., Мусулмонов Н.Х., Турабджанов С.М., Икрамов А.И., Прокофьев В.Ю. Каталитическая гидратация ацетилена и его производных. – Т., 2015, 160 с.

145. Веньков А. Предтеча пиролизной печи // Эксперт журнал. – Москва, 2012, №44, 826–829 с.

146. Yusupbekov N.R., Nurmuhamedov H.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. – Toshkent, Fan va texnologiyalar. 2015, 848 b.

147. Арутюнов В.С., Крылов О.В. Успехи химии, 2005, т.74, №6, с.1226-1245.

148. Fleisch A. Processing of the DGMK/SCI / Conf. «Synthesis Gas Chemistry», Dresden, Germany, October 2006, p.7-18.

149. Hafner A. Presentation for technology center of the EU-Russia Energy dialodue, Moscow April, 2004, p.17-23.

150. Rostrup-Nielsen J.R. In: Catalysis, Science and Technology. Eds. J.R.Anderson. M. Boudart, 1984, v.5, ch.2, Springer, Berlin.

151. Репер В.М. Катализ в C1-химии. Под ред.В.Кайма. – Л.:Химия, 1987, 295 с.

152. Справочник химика. М.-Л.: Издатинлит, 1962, т.1, 236 с.

153. Dry M.E. Appl. Catal. A: General , 1996, v.138, p.319.

154. Арутюнов В.С., Крылов О.В. Окислительные превращения метана. – М.: Наука, 1998, 350 с

155. Hoek A. Proc. of the DGMK/SCI / Conf. «Synthesis Gas Chemistry», Dresden, Germany, October 2006, p.75-87.

156. Zenarro R., Hugues F., Caprani R. Proc. of the DGMK/SCI / Conf. «Synthesis Gas Chemistry», Dresden, Germany, October 2006, p.101-108.

**Нурмухамедов Х.С., Темиров О.Ш.,
Туробжонов С.М., Юсупбеков Н.Р.,
Зокиров С.Ғ., Таджиходжаев З.А.**

ГАЗЛАРНИ ҚАЙТА ИШЛАШ ТЕХНОЛОГИЯСИ, ЖАРАЁН ВА ҚУРИЛМАЛАРИ

Тошкент – «Fan va texnologiya» – 2016

Муҳаррир: М.Ҳайитова
Тех. муҳаррир: М.Холмуҳамедов
Мусаввир: Д.Азизов
Мусаҳҳиҳа: Н.Ҳасанова
Компьютерда саҳифаловчи: Н.Рахматуллаева

**E-mail: tipografiyacnt@mail.ru Tel: 245-57-63, 245-61-61.
Нашр.лиц. A1№149, 14.08.09. Босишга рухсат этилди 22.04.2016.
Бичими 60x84 $^{1}/_{8}$. «Times Uz» гарнитураси. Офсет усулида босилди.
Шартли босма табоғи 106,75. Нашр босма табоғи 107,0.
Тиражи 500. Буюртма №59.**

«Fan va texnologiyalar Markazining bosmaxonasi» да чоп этилди.
100066, Тошкент шахри, Олмазор кўчаси, 171-уй.

ISBN 978-9943-998-81-0

FAN VA TEXNOLOGIYALAR

109. Казаков А.И., Классен П.В., Канн С.В. // Химическая промышленность, 1989, №2, 220-224 с.

110. Патент России №1724349, МКИ[4] F26B 1/04. Устройство для грануляции, изготовления гранул из вязкого материала. // Нурмухамедов Х.С., Агзамов Х.К., Классен П.В.–4 с.–ил. 3.

111. Тимонин, А. С. Основы конструирования и расчеты химико-технологического и природоохранного оборудования Справочник / А. С. Тимонин. Т. 2. – Калуга: Изд. Н. Бочкаревой, 2002, 1028 с.968 с.

112. Зиганшин М.Г., Колесник А.А., Посохин В.Н. Проектирование аппаратов пылеочистки. – М.: Экопресс-3М, 1998,505 с.

113. Патент РУз №2062. МКИ[5] F26B 3/084. Способ сушки хлопковых семян в циркуляционном псевдоожиженном слое // Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Нигмаджанов С.К., Зокиров С.Г., Сагитов А.М., Хайридинов Х.А., Классен П.В. – 5 с.

114. Патент РУз №2466. МКИ[5] A01C 1/00. Классификатор хлопковой рушанки // Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Нигмаджанов С.К., Зокиров С.Г., Зуфаров Р.Н., Хайридинов Х.А. –5 с. - ил 2.

115. Чохонелидзе А.Н., Галустов В.С., Холпанов Л.П., Приходько В.П. Справочник по распыливающим, ороситель[illegible] и каплеулавливающим устройствам. – М,: Энергоатомиздат, 2002, 608 с.

116. Патент РУз №2539. МКИ[5] B07B 4/00. Способ классификации хлопковой рушанки // Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Нигмаджанов С.К., Туйчиев И.С., Закирова Н.С. – 4 с.

117. Иванюков Д.В., Фридман М.Л. Полипропилен. – М.: Химия, 1974, 270 с.

118. Патент РУз №2905. МКИ[5] A23N 15/00. Аппарат «взрывного» действия для очистки овощей и маслосодержащих материалов // Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Нигмаджанов С.К., Туйчиев И.С., Абдуллаев А.Ш., Алиева К.К. и др. - 4 с. – ил. 3.

119. Голосов А.П., Динцес А.И. Технология производства полиэтилена и полипропилена. – М.: Химия, 1978, 216 с

120. Липатов Ю.С. Теплофизические и реологические характеристики полимеров. Справочник. – Киев: Наукова думка, 1977, 244 с

121. Ровкина Н.М., Ляпков А.А. Технологические расчеты процессах синтеза полимеров. Сборник задач и примеров. – Томск: изд-во ТПУ, 2004, 167 с.

122. Аскаров М.А. ва бошкалар. Полимерлар кимёси ва физикаси. – Т.: Ўзбекистон, 2004, 416 с.

123. Абсорбция и пылеулавливание в. Производстве минеральных удобрений / под ред. И.П.Мухленова. – М.: ЛГУ, 1980, 256.

124. Григорьев В.А., Павлов Ю.М., Аметистов Е.В. Кипение криогенных жидкостей. - М.: Энергия, 1977, 288 с.

125. Левш И.П. Тарельчатые абсорберы и скрубберы с псевдоожиженным (подвижным) слоем. – Т.: Узбекистан, 1969, 344 с.

126. Фастовский В.Г., Петровский Ю.В., Ровинский А.Е. Криогенная техника. – М.: Энергия, 1981, 236 с.

127. Холодильные компрессоры. Справочник / под ред. А.В.Быкова – М.: Колос, 1992, 302 с.

128. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию/ Г. С. Борисов, В. П. Брыков, Ю. И. Дытнерский и др. Под ред. Ю. И. Дытнерского, 2-е изд., перераб. и дополн. – М.: Химия, 1991, 496 с.

129. Справочник химика. Т.3. – М.-Л.: Химия, 1966, 544 с.

130. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по процессам и аппаратам химической технологии. – М.: Альянс, 2006, 576 с.

131. Пинчук Л.С., Струк В.А., Мышкин Н.К., Свириденок А.И. Материаловедение и конструкционные материалы. - Минск, Высшая школа, 1989, 461 с.

132. Кошмаров Ю.А. Теплотехника. - М.: Академкнига, 2006, 501 с.