



МАССА АЛМАШИНИШ ҚУРИЛМАЛАРИНИ ҲИСОБЛАШ ВА ЛОЙИҲАЛАШ

проф.Нурмухамедов Ҳ.С. таҳририяти остида

Тошкент – 2020

УЎК: 665.62 (075)

КБК 35.514

Г-14

Нурмухамедов Ҳ.С., Баракаев Н.Р., Джўраев Х.Ф., Авазов Ю.Ш., Мавлонов Э.Т., Нурибегов Б.Ч., Тожиев Р.Ж., Усманов Б.С., Худойбердиева Н.Ш., Сафаров Ж.Э., Шерқўзиев Д.Ш. Масса алмашиниш қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Abror print, 2021. - 473 бет.

ISBN 978–9943–998–81–0

Ушбу ўқув қўлланмада кимёвий технологиянинг масса алмашиниш жараёнлари, уларнинг қисқа назарияси ва типик қурилмалар конструкциялари, ҳамда уларни ҳисоблаш кетма-кетлиги баён этилган.

Мазкур ўқув қўлланма 5111000 - «Касб таълими», 5310100 - «Энергетика»; 5310900 - «Метрология, стандартлаштириш ва маҳсулот сифати менежменти»; 5311000 - «Технологик жараён ва ишлаб чиқаришни автоматлаштириш ва бошқариш»; 5314500 - «Ёғочни қайта ишлаш саноати машина ва жихозлари»; 5314700 - «Озиқ- овқат саноати машина жихозлари»; 5314900- «Совитиш, криоген техникаси ва мўътадиллаш тизимлари машина ва агрегатлари», 5320300 - «Технологик машина ва жихозлар»; 5320400 - «Кимёвий технология»; 5320500 - «Биотехнология»; 5321000-«Озиқ-овқат технологияси»; 5321300 - «Нефть ва нефть-газни қайта ишлаш технологияси»; 5321400 - «Нефть-газ-кимё саноати технологияси»; 5321800 - «Резинотехник маҳсулотлар ишлаб чиқариш технологияси»; 5322200 - «Газни чуқур қайта ишлаш технологияси»; 5322300 - «Пластмассани қайта ишлаш технологияси»; 5322400 - «Ёғлар, эфир мойлари ва парфюмерия-косметика маҳсулотлари технологияси»; 5322500 - «Бижғиш маҳсулотлари ва алкогольсиз ичимликлар технологияси»; 5322600 - «Виночилик технологияси»; 5322700 - «Консервалаш технологияси»; 5322800 - «Функционал овқатланиш ва болалар маҳсулотлари технологияси»; 5610100 - «Хизматлар соҳаси», 5630100 - «Экология ва атроф-муҳит муҳофазаси»; 5640200 - «Меҳнат муҳофазаси ва техника ҳавфсизлиги», ҳамда бошқа кимё, нефть-газ ва озиқ-овқат технология ва қурилмалари йўналишлари ва мутахассисликларида таълим олувчи бакалавр ва магистрантларга, ушбу саноатлар технолог ва инженер-техник ходимлари, докторантларига муҳандислик соҳасида билим ва кўникмалар берувчи китоб сифатида тавсия этилади.

Китобда 148 та жадвал, 169 та расм ва 72 та адабиётлар келтирилган.

УЎК: 665.62 (075)

КБК 35.514

Тақризчилар:

- Тошкент давлат техника университети,
техника фанлари доктори, профессор **Д.П.МУХИТДИНОВ**;
- ЎзЛИТИнефтегаз, техника фанлари доктори, профессор **Р.Ч. ЛИ**.

ISBN 978–9943–998–81–0

© “Нурмухамедов Ҳ.С.” - 2021

	МУНДАРИЖА	
	Кириш.	8
1.	Жараён ва қурилмалар фанининг мазмуни ва моҳияти	10
2.	Асосий технологик жараёнлар классификацияси	11
1 - боб. ГИДРАВЛИК ХИСОБ		
1.1.	Суюқлик хоссалари ва ҳаракат режимлари	14
1.2.	Асосий ҳисоблаш параметрлари.	16
1.3.	Қурилмаларни лойиҳалаш асослари	17
1.4.	Трубаларнинг гидравлик қаршилигини ҳисоблаш.	18
1.5.	Трубаларнинг оптимал диаметрини ҳисоблаш.	20
1.6.	Насадкали қурилмаларнинг гидравлик қаршилигини ҳисоблаш.	21
1.7.	Насос ва вентилятор ҳисоби	23
1.8.	Икки фазаги оқимларнинг гидродинамик параметрларини ҳисоблаш	37
1.9.	Газларни сиқиш ва узатиш	42
2 - боб. МАССА АЛМАШИНИШ ЖАРАЁН ВА ҚУРИЛМАЛАРИ		
	Масса алмашилиш колонналарини технологик ҳисоблаш учун умумий формулалар	47
2.1.	Масса алмашилиш асослари	49
2.2.	Мувозанат чизиғи ва фазалар коидаси	50
2.3.	Масса алмашилишнинг ўхшашлик критерий ва тенгламалари	51
2.4.	Молекуляр диффузия	51
2.5.	Турбулент диффузия	52
2.6.	Масса бериш	53
2.7.	Масса бериш ва утказиш орасидаги боғлиқлик	54
2.8.	Масса алмашилиш жараёнини ҳаракатга келтирувчи куч.	55
2.9.	Масса алмашилиш қурилмаларининг асосий ўлчамларини ҳисоблаш	58
2.10.	Абсорбция жараёни ва қурилмаларини ҳисоблаш формулалари ...	62
2.11.	Насадка ва тарелка конструкциялари	69
2.12.	Ректификация жараёни ва қурилмаларини ҳисоблаш формулалари .	82
2.13.	Ректификацион колонна ишчи баландлиги ва тарелкалар сонини ҳисоблаш	84
2.14.	Адсорбция жараёни ва қурилмаларини ҳисоблаш формулалари ...	87
2.14.1.	Адсорберлар конструкциялари	91
2.15.	Қуритиш жараёни ва қурилмаларини ҳисоблаш формулалари	93
2.16.	Рамзиннинг нам ҳаво I-х диаграммаси	94
2.17.	Қуриткичнинг моддий ва иссиқлик баланслари	98
2.18.	Экстракция жараёни ва қурилмаларини ҳисоблаш формулалари ...	101
2.18.1	Пурковчи экстрактор ҳисоби	102
2.18.2	Насадкали экстрактор ҳисоби	105
2.18.3	Элаксимон тарелкали экстрактор ҳисоби	107
2.19.	Кристаллизация жараёни ва қурилмаларини ҳисоблаш формулалари ..	110

2.19.1.	Кристалланиш усуллари	112
2.19.2.	Кристаллизаторлар конструкциялари	113
2.19.3.	Кристаллизатор ҳисоби	116
2.19.4.	Мавҳум қайнаш қатламининг баландлигини аниқлаш	118
3 - боб. МАССА АЛМАШИНИШ ҚУРИЛМАЛАР ҲИСОБИ		
3.1.	Насадкали абсорбер ҳисоби	120
3.2.	Тарелкали абсорбер ҳисоби	129
3.3.	Трубали абсорбер ҳисоби	134
3.4.	Насадкали ректификацион колонна ҳисоби	141
3.5.	Тарелкали ректификацион колонна ҳисоби	169
3.6.	Қўзғалмас насадка қатламли адсорбер ҳисоби	200
3.7.	Мавҳум қайнаш қатламли адсорбер ҳисоби	205
3.8.	Ҳаракатчан қатламли адсорбер ҳисоби	212
3.9.	Пурковчи экстрактор ҳисоби	222
3.10.	Ротор-дискли экстрактор ҳисоби	231
3.11.	Барабанли қуриткич ҳисоби	240
3.12.	Мавҳум қайнаш қатламли қуриткич ҳисоби	250
3.13.	Лентали қуриткич ҳисоби	257
3.14.	Пневматик труба-қуриткич ҳисоби	269
3.15.	Барабанли гранулятор-қуриткич ҳисоби	275
3.16.	Пурковчи қуриткич ҳисоби	278
3.17.	Спираль-уюрмали пневматик қуриткич ҳисоби	285
3.18.	Мавҳум қайнаш қатламли кристаллизатор ҳисоби	299
4 - боб. ҚУРИЛМА АСОСИЙ ҚИСМ ВА ДЕТАЛЛАРИНИНГ МЕХАНИК ҲИСОБИ		
4.1.	Технологик труба.	305
4.2.	Технологик трубалар шартли диаметри ва уларнинг стандарт қатори....	306
4.3.	Трубаларни танлаш	307
4.3.1.	Труба қувурларининг ҳисоби	309
4.4.	Труба қувурларининг ҳисоби	312
4.5.	Арматура конструкциялари	315
4.6.	Фланецли бирикма конструкциялари	319
4.6.1.	Фланецли бирикма ҳисоби	324
4.7.	Қистирма турлари ва материаллари.	326
4.8.	Обечайка қалинлигининг ҳисоби.	328
4.9.	Днишче қалинлигининг ҳисоби	330
4.10.	Таянчлар ҳисоби	334
4.11.	Тешикли панжара ҳисоби	337
4.12.	Компенсатор ҳисоби	338
4.13.	Люк ва лазлар	341
4.14.	Барабан ҳисоби	342
4.15.	Аралаштиргич ўқининг ҳисоби	344
4.16.	Болт ва шпилька ҳисоби	346
4.17.	Труба қувурларини синаш	349
4.18.	Труба қувурларини эксплуатация қилиш.	350
4.19.	Қурилмаларни шамол юкламасига ҳисоблаш.	350

4.20.	Қурилмаларни сейсмик юкламага ҳисоблаш	357
4.21.	Асосий конструкцион материаллар ва уларни танлаш	359
5 - боб. КУРС ЛОЙИХАНИ ГРАФИК БЕЗАШ		
5.1.	Тушунтириш хатининг таркиби	376
5.2.	Курс лойиҳа график қисмининг таркиби	376
5.3.	Умумий кўриниш чизмаларига қўйиладиган талаблар	378
	И Л О В А Л А Р	382
Чизма 1.	Насадкали абсорбер	383
Чизма 2.	Тарелкали абсорбер	384
Чизма 3.	Насадкали ректификацион колонна	385
Чизма 4.	Тарелкали ректификацион колонна	386
Чизма 5.	Ҳалқасимон қатламли адсорбер	387
Чизма 6.	Қўзғалмас қатламли адсорбер	388
Чизма 7.	Мавҳум қайнаш қатламли адсорбер	389
Чизма 8.	Ҳаракатчан қатламли адсорбер	390
Чизма 9.	Пурковчи экстрактор	391
Чизма 10.	Ротор-дискли экстрактор	392
Чизма 11.	Барабанли қуриткич	393
Чизма 12.	Мавҳум қайнаш қатламли қуриткич.	394
Чизма 13.	Лентали қуриткич	395
Чизма 14.	Пневматик труба-қуриткич	396
Чизма 15.	Барабанли гранулятор-қуриткич	397
Чизма 16.	Пурковчи қуриткич	399
Чизма 17.	Спираль-уюрмали пневматик қуриткич	400
Чизма 18.	Мавҳум қайнаш қатламли кристаллизатор	401
	Суюқлик, газ ва қаттиқ материалларнинг физик-механик ва иссиқлик хоссалари	
И0-жадвал	Ўлчов бирликлар орасидаги нисбатлар	405
И1-жадвал	Суюқлик ва сувли эритмалар зичликларининг температурага боғлиқлиги	407
И2-жадвал	Айрим суюқликларнинг зичлик ρ лари	408
И3-жадвал	Сувнинг физик хоссалари	408
И4-жадвал	Ҳавонинг физик хоссалари	408
И5-жадвал	Айрим органик суюқликларнинг физик хоссалари	409
И6-жадвал	40°С да айрим сувли эритмалар зичлиги ρ	410
И7-жадвал	Нормал шароитда айрим газ ва буғлар физик-кимёвий хоссалари . .	411
И8-жадвал	Айрим газларнинг физик хоссалари	413
И9-жадвал	Метал ва қотишмаларнинг зичлиги ρ ва иссиқлик ўтказувчанлик коэффициент λ лари	413
И10-жадвал	Айрим қаттиқ материаллар зичлиги ρ	414
И11-жадвал	Турли техник материалларнинг физик хоссалари	416
И12-жадвал	Суюқлик ва сувли эритмалар қовушқоқлик коэффициенти μ нинг температурага боғлиқлиги	419
И13-жадвал	Турли температураларда газ ва буғларнинг қовушқоқлик μ коэффициентлари	420

И14-жадвал	Сууюқлик ва сувли эритмалар сиртий таранглиги σ нинг температурага боғлиқлиги	421
И15-жадвал	Труба ички юзасининг нисбий ғадир-будурликлари	421
И16-жадвал	Труба девори абсолют ғадир-будурлиги Δ нинг ўртача қийматлари ..	422
И17-жадвал	Маҳаллий қаршиликлар коэффициент ξ лари	422
И18-жадвал	Маҳаллий гидравлик қаршилиқ коэффициент ξ лари	425
И19-жадвал	Ишқаланиш коэффициенти λ нинг сууюқлик ҳаракат режими ва девор ғадир-будурлигига боғлиқлиги	426
И20-жадвал	Тинч ҳолатдаги муҳитда яқка заррачанинг чўкишида Re ва Ly критерийларининг Ar критерийга боғлиқлиги	427
И21-жадвал	Лу критерийсининг Ag критерийси ва донадор қатлам ғоваклилиги ϵ га боғлиқлиги	428
И22-жадвал	Сууюқлик ва сувли эритмалар иссиқлик ўтказувчанлик коэффициент λ лари	429
И23-жадвал	$P_{абс}=1$ да газларнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентлари ...	429
И24-жадвал	Сууюқликларнинг ҳажмий кенгайиш коэффициент β лари	430
И25-жадвал	Сууюқлик ва сувли эритмалар ҳажмий кенгайиш коэффициенти β нинг температурага боғлиқлиги	430
И26-жадвал	Иссиқлик элткичларнинг тавсия этиладиган тезликлари	430
И27-жадвал	Сууюқлик ва сувли эритмаларнинг температура таъсирида ҳажмий кенгайиш β коэффициентлари	431
И28-жадвал	Конструкция материалларнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициент λ лари	432
И29-жадвал	Сууюқлик ва сувли эритмаларнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициент λ лари	432
И30-жадвал	Газ ва буғларнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициент λ лари. ...	433
И31-жадвал	Девор юзаси ифлосликларининг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициент λ ларининг ўртача қийматлари	434
И32-жадвал	Айрим сууюқликларнинг ўртача солиштирма иссиқлик сиғимлари ...	435
И33-жадвал	Иссиқлик бериш коэффициенти α нинг тахминий қийматлари	435
И34-жадвал	Тўйинган сув буғи хоссаларининг температурага боғлиқлиги	436
И35-жадвал	Айрим сууюқликларнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентлари .	437
И36-жадвал	Сууюқликларнинг иссиқлик сиғимларини аниқлаш номограммаси ...	438
И37-жадвал	Сууюқликлар учун Pr критерийсининг қийматлари	439
И38-жадвал	Атмосфера босимида қайнайдиган айрим сувли эритмалар концентрациялари	440
И39-жадвал	Температуралар -20 дан +100°C гача ўзгарганда тўйинган сув буғининг босими	441
И40-жадвал	Атмосфера босимида қайнайдиган сувли эритмалар таркиби	441
И41-жадвал	Атмосфера ва паст босимларда айрим органик бирикмаларнинг қайнаш температураси	442
И42-жадвал	Юқори босимда айрим органик бирикмаларнинг қайнаш температураси	443
И43-жадвал	20x2 мм трубаи ТН иситкич ва ХН совуткичларининг асосий характеристикалари	444
И44-жадвал	25x2 мм трубаи ТН, ТК иситкич ва ХН, ХК совуткичларининг асосий характеристикалари	444
И45-жадвал	25x2 мм трубаи ИН, ИК буғланиш ва КН, КК конденсаторларнинг асосий характеристикалари	445

И46-жадвал	Иссиқлик алмашиниш қурилмаларига қўйиладиган талаблар	446
И47-жадвал	Қобик трубади иситкич штуцерларининг шартли диаметрлари	446
И48-жадвал	Қобик трубади иситкичда сегмент тўсиқлар сони	447
И49-жадвал	Пўлатлар учун рухсат этилган кучланишлар	447
И50-жадвал	Айрим моддалар диффузия коэффициентлари	449
И51-жадвал	Атмосфера босимида бинар аралашмалар учун турли температура t ва мувозанат ҳолатида суюқлик x ва буғда y паст температура қайнайдиган компонент миқдори	450
И52-жадвал	Атмосфера босимида «сув-сирка кислота» аралашмасининг қайнаш температураси, суюқлик ва буғнинг мувозанат таркиблари	452
И53-жадвал	Атмосфера босимида «метанол-сув» аралашмасининг қайнаш температураси, суюқлик ва буғнинг мувозанат таркиблари	452
И54-жадвал	$p = 0,098$ МПа босимда «этанол-сув» аралашмасининг қайнаш температураси, суюқлик ва буғнинг мувозанат таркиблари	452
И55-жадвал	Атмосфера босимида «пропанол – бутанол » аралашмасининг қайнаш температураси, суюқлик ва буғнинг мувозанат таркиблари	453
И56-жадвал	Атмосфера босимида «хлороформ – бензол » аралашмасининг қайнаш температураси, суюқлик ва буғнинг мувозанат таркиблари	453
И57-жадвал	$P_{абс}=1$ да айрим бинар системалар учун суюқлик ва буғнинг мувозанат таркиблари	454
И58-жадвал	Насадка характеристикалари	455
И59-жадвал	Сувли эритмалари билан мувозанатда бўлган газлар учун Генри константаси	456
И60-жадвал	Тўйиниш чизигида сувнинг хоссалари	457
И61-жадвал	Қалпоқчали тарелка техник характеристикалари.	459
И62-жадвал	Элаксимон тарелка техник характеристикалари	460
И63-жадвал	Клапанли тарелка техник характеристикалар.	461
И64-жадвал	Суюқлик ва сувли эритмалар динамик қовушқоқлигининг температурага боғлиқлик номограммаси	462
И65-жадвал	Атмосфера босимида газлар динамик қовушқоқлигининг температурага боғлиқлик номограммаси	463
И66-жадвал	Тўйинган буғ босими p ва суюқликнинг қайнаш температураси t ни аниқлаш номограммаси	464
И67 -жадвал	Атмосфера босимида эриган моддалар массавий улушининг сувли эритмалар қайнаш температурасининг ортишига таъсири	465
И68-жадвал	Юқори температуралар соҳасида нам ҳаво учун $I - x$ диаграмма	466
И69-жадвал	Барабанли қуриткичда айрим материалларни қуритиш бўйича тажриба маълумотлари	467
И70-жадвал	Ёқилғиларнинг ёниш иссиқлиги	467
И71-жадвал	Қуритиш барабанида газнинг ишчи тезлигини танлашга оид	468
И72-жадвал	Барабанли қуриткичлар асосий характеристикалари	468
И73-жадвал	Мавҳум қайнаш қатламида айрим материалларни қуритиш бўйича тажриба маълумотлари	468
И74-жадвал	Барабанли қуриткичлар асосий асосий ўлчам ва параметрлари	469
И75-жадвал	25°C температурада электролитлар сувли эритмаларининг физик-кимёвий хоссалари	470
	АДАБИЁТЛАР	474

КИРИШ

Кимёвий технология ва атроф муҳитни ҳимоялашнинг кимёвий, масса алмашилиш ва бошқа жараёнларида температура режимини ҳосил қилиш ёки бир меъёрга ушлаб туриш учун ишчи муҳитдан иссиқлик энергиясини ажратиб олиш ёки унга узатиш даркор.

Саноат миқёсида бундай жараёнларни ўтказиш учун турли конструкцияли иссиқлик алмашилиш қурилмаларидан фойдаланади. Бу турдаги қурилмалар конструкцияси содда, эксплуатацияда ишончли ва иссиқлик алмашилиш юзаси 1000 м² гача бўлиши мумкин.

Иссиқлик алмашилиш қурилмаларини яратишда, одатда, қуйидаги муаммоларни ечиш зарур:

1. Қурилма иссиқлик юкласини аниқлаш;
2. Труба ичида ҳаракатланадиган элткични танлашни асослаш;
3. Керакли иссиқлик алмашилиш юзасини тахминий лойиҳавий ҳисоби;
4. Стандарт иссиқлик алмашилиш қурилмасини ва унда элткичларнинг ҳаракат йўналиш схемасини танлаш;
5. Танланган қурилмада иссиқлик ўтказиш кинетикасини ҳисоблаш ва юза бўйича зарур заҳира мавжудлигини текшириш;
6. Қурилма гидравлик қаршилигини ҳисоблаш;
7. Иссиқлик алмашилиш қурилма лойиҳалаш.

Ушбу китобда иссиқлик алмашилиш қурилмаларини иссиқлик, гидравлик, механик ва конструктив ҳисоблашларни бажаришнинг кетма-кетлиги келтирилган. Унда иситкич, совуткич, конденсатор ва буғлаткичлар конструкциялари, ҳамда элементлари (днишче, обечайка, фланец, таянч ва бошқалари) нинг стандарт ўлчамлари жадвалларда келтирилган.

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 «Кимёвий технология жараён ва қурилмалари» фанининг ўрни алоҳида.

Бу фан талабаларга умуммуҳандислик фани бўлиб, мутахассислик фанларни чуқур ўзлаштириш, жараён ва қурилмаларнинг самарадорлигини ошириш ва технологик қурилмалардан унумли фойдаланишни ўргатади.

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 юқори даражага кўтарилишига сабабчи бўлди.

Иқтисодиётнинг муҳим бўлган: автомобилсозлик, авиация, асбобсозлик, машинасозлик, электроника, қурилиш, замонавий хўжалик анжомлари ва бошқа соҳаларидаги техник юксалишнинг асоси – замонавий технология, самарадор қурилма ва машиналардир.

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

Охирги ўн беш йил ичида Ватанимизда бир неча йирик корхоналар: Шўртан газ-кимё мажмуаси қувватини ошириш учун реконструкция қилинмоқда, Қўнғирот сода заводи, Деҳқонобод калийли ўғитлар заводлари ишга туширилди ва узлуксиз равишда маҳсулот

чиқариб келмоқда. Ундан ташқари, мамлакатимизнинг Қорақалпоғистон ҳудудида дунёдаги энг йирик лойиҳалардан бири амалга оширилди, яъни «Устюрт газ-кимё мажмуаси» 2016 йили эксплуатацияга туширилди ва йилига 383 минг тонна полиэтилен ва 87 минг тонна полипропилен ишлаб чиқармоқда. Ўтган йили Бухоро вилоятида Қандим газни қайта ишлаш мажмуаси ишга туширилди. Қашқадарё вилоятида метандан суюқ ёқилғи олиш корхонаси жадал суръатлар билан барпо этилмоқда.

Ўзбекистонда нефть ва газ саноатларнинг ривожланиши шубҳасиз уларни тўлиқ қайта ишлашга асосланган. Маълумки, органик синтез учун газлар асосий хом-ашёдир ҳамда иссиқлик ва энергия манбаидир. Ҳозирги кунда полимерлар, пластмассалар, синтетик каучуклар, спиртлар, мотор ёқилғиларнинг айрим компонентлари, эритувчи, синтетик тола, турли смолалар ва бошқа моддалар газлардан, углеводородлардан олинмоқда.

Нефть-газни ва кимё саноатида туб ўзгаришлар рўй бериб, янги технологиялар амалда қўлланиб, ривожланиш жадал суръатларда бормоқда ва мамлакатимиз иқтисодиётининг ўсиш кўрсаткичларини юқори бўлишини таъминламоқда.

Ҳар бир жараёни ўрганишда унинг механизмига алоҳида эътибор бериш лозим.

Тавсия этилаётган дарслик фаннинг тасдиқланган дастурига биноан тузилган бўлиб, талабаларнинг физика, кимё, математика, термодинамика, иссиқлик ва совитиш техникаси, кимёвий технология жараён ва қурилмалари ҳамда бошқа фанлардан олган билимларини ҳисобга олган.

Ушбу дарслик замонавий техника ва унинг ривожланиш истиқболларини инобатга олган ҳолда малакали мутахассисларни сифатли тайёрлашда узлуксиз мукаммаллаштиришга хизмат қилади.

Дарсликнинг кириш қисмида фаннинг мазмуни, келиб чиқиши ва жараёнлар классификациялари берилган.

1-бобда машина, қурилма ва жихозларни гидравлик ҳисоблаш асослари келтирилган.

2-бобда иссиқлик алмашилиш жараёнлар назарияси, уни ташкил этиш усуллари ва қурилмаларига бағишланган. Ундан ташқари, ушбу бобда жараёнларни турли иссиқлик алмашилишда утган иссиқлик микдорини аниқлаш формулалари кўриб чиқилган. Шу билан бирга, бу бобда иссиқлик алмашилиш жараёнларини интенсивлаш усуллари, мосламалари ва перспектив иссиқлик алмашилиш қурилмалари келтирилган. Ушбу бобнинг якунида турли иссиқлик алмашилиш қурилмаларини ҳисоблашнинг кетма-кетлиги аниқ мисолларда ечиб курсатилган берилган.

3-бобда эритмаларни буглатиш усулида концентрлаш назарияси, усуллари ва уларни амалга оширувчи қурилмалар конструкциялари, ҳамда уларни ҳисоблаш аниқ мисолларда ечиб курсатилган.

4-бобда қурилма ва машиналарнинг асосий қисм ва деталларининг мустаҳкамлик ҳисоблари келтирилган.

5-бобда курс лойиҳани график безаш кўрсатилган.

Иловаларда бир нечта иссиқлик алмашилиш қурилмалар чизмаларининг намуналари, ҳамда суюқлик ва газларнинг физик-механик ва иссиқлик хоссалари келтирилган.

Китобнинг охирида каттик жисм, суюқлик ва газларнинг физик-механик, иссиқлик – физик хоссалари, глассарий, таянч суз ва иборалар, ҳамда адабиётлар руйхати берилган.

Кимёвий технология асосий жараён ва қурилмалар назарияси, ҳисоблаш эмпирик тенгламалари, қурилмалар конструкциялари ва деталлари тўғрисидаги тўлиқ маълумотлар қуйидаги дарсликлар ва ўқув қўлланмаларда батафсил келтирилган:

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

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

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

4. Нурмухамедов 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. Нурмухамедов Ҳ.С., Зокиров С.Ғ., Бабаев З.К. ва бошқалар. Гидравлика, гидромашина ва гидројуритмалар.–Т.: Фан ва технологиялар, 2012.–302 б.

6. Нурмухамедов 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. Нурмухамедов 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. – Т.: Fan va texnologiyalar, 2015.–848 b.

9. Нурмухамедов Ҳ.С., Темиров О.Ш., Туробжонов С.М. ва бошқалар. Газларни қайта ишлаш технологияси, жараён ва қурилмалари. – Т.: Фан ва технологиялар, 2016. – 856 б.

10. Нурмухамедов Ҳ.С., Аннаев Н.А., Бабаев З.К., Матчонов Ш.К. ва бошқалар. Иссиқлик алмашилиш қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. - Т.: Билик, 2018. - 316 б.

Ушбу дарслик ТошКТИ, БухМТИ, НамМТИ, УрДУ, ФарПИ ва ТошДТУ профессор-ўқитувчиларининг кўп йиллик самарали ишлаш тажрибасига таяниб ёзилган. Китобнинг кириш қисми, глоссарий ва 1-боби Ҳ.С.Нурмухамедов ва К.Ф.Каримов, 2-боби Нурибметов Б.Ч., Бабаев З.К. ва Матчонов Ш.К., 3-боби Баракаев Н.Р., Джураев Х.Ф., Худойберидиева Н.Ш. ва 4-боби Авазов Ю.Ш., Нурмухамедов Ҳ.С., Шеркузиев Д.Ш., Усмонов Б.С. ва дарсликнинг якунидаги таянч сўз ва иборалар Э.Т.Мавлонов ва 5-боби эса Ж.Э.Сафаров томонидан ёзилган.

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

Қўлёзманинг тақризчилари: ТошДТУ профессори, т.ф.д.С.Ғ.Зокиров ва ЎзЛИТИнефтегаз бўлим бошлиғи т.ф.д. Р.Ч. Ли ларга катта миннатдорчилик билдирамыз.

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

– қўлёзamani териш ва ундаги расмларни чизиш, ҳамда китобни бир неча маротаба қайтадан компьютерда чиқарган иқтидорли бакалавр Б.И.Рахимов га ўз миннатдорчилигимизни билдирамыз.

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

1. «Жараён ва қурилмалар» фанининг мазмуни ва моҳияти

«Жараён ва қурилмалар» бакалаврларни тайёрлашда умуммуҳандислик фани бўлиб, «Кимёвий технология», «Технологик машина ва жихозлар» ва купгина бошқа таълим йуналишларидаги махсус фанларни ўрганишга ўтишда энг муҳим вазифани бажарувчи фандир.

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

«Жараёнлар ва қурилмалар» фани ҳақидаги замонавий таълим кимё, физика, математика, механика, иссиқлик ва совуқлик техникаси, электротехника, кимёвий кибернетика, материалшунослик, саноат иқтисодиёти ва бошқа 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.

Кимё, озиқ-овқат, нефт ва нефт маҳсулотларини қайта ишлаш, фармацевтика ва халқ хўжалиги саноатларининг бошқа тармоқлари учун умумий бўлган жараёнлар ва қурилмалар **асосий жараёнлар ва қурилмалар** деб аталади.

Исталган кимёвий ёки бошқа технологик жараён, унинг турли услубларда ўтказилишидан қатъий назар, ўзаро бир-бирига боғлиқ типик технологик босқичлар мажмуасидан иборат.

«Жараён ва қурилмалар» курсида асосий жараёнларнинг назарияси, ушбу жараёнларни амалга оширадиган машина ва қурилмаларнинг тузилиш принциплари ва уларни ҳисоблаш услублари ўрганилади.

Маълумки, кимё, озиқ-овқат ва бошқа саноат технологиялари мураккаб ва қўпинча бир неча жараёнлардан ташкил топган бўлади.

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

Замонавий саноат ишлаб чиқариш жараёнларини лойиҳалашда «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 килинган жараён ва қурилмалардан саноат жараён ва қурилмаларига **масштаб** усулида ўтиш қонуниятлари ҳам ўрганилади. Бу қонуниятларни билиш, кўп тонналик саноат жараён ва қурилмаларини лойиҳалашга ёрдам беради ва зарур.

Лаборатория шароити ва кичик системаларда олинган тажрибавий натижалардан саноат ва катта кимёвий технологик системаларда фойдаланиш қонуниятлари **моделлаштириш** деб юритилади.

Моделлаштириш «жараён ва қурилмалар» фанининг муҳим вазифаларидан бири ва ажралмас қисми деб ҳисобланади. «Кимёвий технология ва биотехнология», «Озиқ-овқат маҳсулотлари технологияси», «Дон ва дон маҳсулотларини қайта ишлаш технологияси», «Нефт ва нефт маҳсулотларини қайта ишлаш технологияси», «Атроф муҳит муҳофазаси», «Касбий таълим» йўналишларидаги бакалаврлар кенг муҳандислик дунёқарашга эга мутахассислар бўлиши керак.

Ундан ташқари, улар жараёнларни технологик қурилмалар билан жиҳозлашнинг илмий принципларини тушуниши, қурилмаларни техник-иқтисодий характеристикаларини таҳлил қилиш, баҳолаш ва энг оптимал қурилмани танлаш, жараёнлар самарадорлигини ва тежамкорлигини ошириш омилларини аниқлаш, энергия сарфини ва маҳсулот таннархини камайтириш йўллари билишлари керак.

Ундан ташқари, бакалаврлар саноат самарадорлигини ошириш учун илмий тадқиқот усуллари мукамал билишлари зарур.

2. 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^{1*} – маълум натижага эришиш учун амалга ошириладиган кетма-кет ҳаракатларнинг мажмуаси ва йиғиндиси.

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

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

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

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

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

Уларга труба ва қурилмаларда газ ва суюқликларни узатиш, суюқликларни аралаштириш, эмульсия ва суспензияларни чўктириш, филтрлаш, центрифугалаш каби усулларида ажратиш, тескари осмос ва ультра-филтрлаш, 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, иссиқлик ва масса алмашилиш ҳамда кимёвий жараёнларнинг кинетик қонуниятлари қуйидаги умумий қонун кўринишида ифодаланиши мумкин: **жараённинг тезлиги ҳаракатлантирувчи кучга тўғри ва қаршиликка тескари пропорционал.**

Агар қаршиликка тескари катталики тезлик коэффиценти 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 суюқлик миқдори; F – қўндаланг кесим юзаси; τ – вақт; K_1 – жараён тезлик коэффиценти; ΔP – жараёни ҳаракатга келтирувчи куч (босимлар фарқи); R_1 – гидравлик қаршилиқ.

Иссиқлик алмашилиш жараёнлари – бу шундай жараёнларки, уларда, температураси юқори жисм (ёки муҳит) дан температураси паст жисмга иссиқлик ўтади. Уларга иситиш, пастеризация, стерилизация, совитиш, буғлатиш, конденсациялаш ва бошқалар киради. Иссиқлик алмашилиш жараёнларининг тезлиги иссиқлик ўтказиш қонунлари билан аниқланади ва қуйидаги кинетик тенглама орқали ифодаланади:

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

бу ерда, Q – ўтказилган иссиқлик миқдори; F – иссиқлик алмашилиш юзаси; K_2 – иссиқлик ўтказиш коэффиценти; R_2 – термик қаршилиқ; Δt – ўртача температуралар фарқи.

Масса алмашилиш ёки диффузион жараёнлар – бу шундай жараёнларки, бунда концентрацияси юқори фазадан концентрацияси паст фазага турли агрегат ҳолатларда масса ўтади. Бу жараёнларга абсорбция ва десорбция, ҳайдаш ва ректификация, адсорбция,

экстракциялаш, эриш, кристалланиш, намлаш, қуритиш, ион алмашилиш ва бошқалар киради.

Масса алмашилиш жараёнларнинг тезлиги масса ўтказиш қонунлари билан аниқланади ва қуйидаги кинетик тенглама орқали топилади:

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

бу ерда, M – ўтказилган масса миқдори; ΔC – жараёни ҳаракатга келтирувчи куч, ўртача концентрациялар фарқи; K_3 – масса ўтказиш коэффициентлари; R_3 – диффузион қаршилиқ.

Механик жараёнлар – бу шундай жараёнларки, уларда қаттиқ жисмларнинг фақат механик ўзаро таъсирида ўтади. Уларга қаттиқ, 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 жараёнинг тезлиги кимёвий кинетика қонунлари билан аниқланади ва қуйидаги тенглама ёрдамида ифодаланади:

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

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

Шундай қилиб, юқорида кўриб чиқилган ҳамма кинетик тенгламалар қуйидаги умумий кўринишга келтирилиши мумкин:

$$I = l \cdot x$$

бу ерда, I – жараёни ўтиш тезлиги; x – жараёни ҳаракатга келтирувчи куч, турли катталиклар фарқи (босим, температура, концентрация); l – ўтказувчанлик коэффициентлари, бирор жараён учун скаляр катталик бўлиб, қаршилиқка тескари катталик.

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

Кинетик тенгламалар таҳлили жараёни интенсивлашнинг умумий принципларини аниқлаш имконини беради.

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

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

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

1-боб. ГИДРАВЛИК ҲИСОБ



1.1. Суюқлик хоссалари ва ҳаракат режимлари

1. Солиштирма оғирлик γ ва зичлик ρ ўртасида ўзаро боғланиш қуйидаги тенглик билан ифодаланади:

$$\gamma = \rho \cdot g \quad (1.1)$$

2. Нисбий зичлик Δ деб модда зичлигининг ρ (солиштирма оғирлик γ) сув зичлиги ρ_c (солиштирма оғирлик γ_c) нисбатига айтилади ва у қуйидагича ёзилади:

$$\Delta = \frac{\rho}{\rho_c} \quad (1.2)$$

3. Суюқлик аралашмасининг ҳажми компонентлар ҳажмларининг йиғиндисига тенг деб қабул қилиб, унинг зичлигини ушбу формула ёрдамида ҳисоблаб топиш мумкин: x_1, x_2 - компонентларнинг массавий қисми;

$$\frac{1}{\rho_{ар}} = \frac{x_1}{\rho_1} + \frac{x_2}{\rho_2} + \dots \quad (1.3)$$

бу ерда x_1, x_2 - компонентларнинг массавий қисми; $\rho_{ар}, \rho_1, \rho_2$ - аралашма ва компонентларнинг зичлиги, кг/м³.

4. Худди шунга ўхшаш формула ёрдамида суспензия зичлигини топиш мумкин:

$$\frac{1}{\rho_{сус}} = \frac{x}{\rho_k} + \frac{1-x}{\rho_c} \quad (1.4)$$

5. Ҳар қандай газнинг исталган температура T ва босим P да ҳар қандай газнинг зичлигини қуйидаги формула орқали аниқлаш мумкин:

$$\rho = \rho_0 \cdot \frac{T_0 \cdot P}{T \cdot P_0} = \frac{M}{22,4} \cdot \frac{273 \cdot P}{T \cdot P_0} \quad (1.5)$$

бу ерда $\rho_0 = M/22,4$ нормал шароитда (0°C ва 760 мм.сим.уст.) газ зичлиги, кг/м³; M - моляр масса, кг; T - температура, К.

6. Газ аралашмасининг зичлиги эса қуйидаги тенгламадан топилади;

$$\rho_{ар} = y_1 \cdot \rho_1 + y_2 \cdot \rho_2 \quad (1.6)$$

8. Қурилмадаги абсолют босим қуйидаги формула орқали ҳисобланади:

$$P = P_{атм} + P_{ман} \quad (1.7)$$

$$P = P_{атм} - P_{вак} \quad (1.8)$$

бу ерда $P_{атм}$ - атмосфера босими, Па; $P_{ман}$ - манометрда ўлчанган босим, Па; $P_{вак}$ - вакуумметрда ўлчанган босим, Па.

9. Баландлиги h ва зичлиги ρ бўлган суюқликнинг босими ушбу ифода орқали аниқланади:

$$P = \rho \cdot g \cdot h \quad (1.9)$$

Ушбу ифодага асосланиб, босим ўлчов бирликлари орасидаги нисбатларни топиш мумкин: $1 \text{ атм.} = 760 \text{ мм.сим.уст.} = \rho g h = 13600 \cdot 9,81 \cdot 0,76 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па} = 1,03 \cdot 10^4 \text{ мм.сுவ.уст.} = 1,03 \cdot 10^4 \text{ кг} \cdot \text{к/м}^2 = 1,03 \text{ кг} \cdot \text{к/см}^2$.

10. Гидростатиканинг асосий тенгламаси ушбу кўринишга эга:

$$P = P_o + \rho \cdot g \cdot h \quad (1.10)$$

11. Динамик қовушқоқлик коэффициенти μ ни шу суюқлик зичлигига нисбати кинематик қовушқоқлик дейилади ва ν ҳарфи билан белгиланади:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (1.11)$$

12. Суюқликларнинг секундли ҳажмий сарф V ($\text{м}^3/\text{с}$) тенгламаси қуйидаги кўринишга эга:

$$V = w \cdot f \quad (1.12)$$

Массавий сарфи M ($\text{кг}/\text{с}$) эса қуйидагича аниқланади:

$$M = V \cdot \rho = w \cdot f \cdot \rho \quad (1.13)$$

13. Цилиндрсимон трубалар учун тенглама қуйидаги кўринишга эга:

$$V = 0,785 \cdot d^2 \cdot w$$

Берилган сарф ва қабул қилинган тезлик w бўйича труба диаметри ушбу тенгламадан топилади:

$$d = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot w}} \quad (1.14)$$

Цилиндрсимон ўзгарувчан кўндаланг кесим юзасидан оқаётган сиқилмайдиган суюқлик оқимининг узлуксизлик тенгламаси:

$$V = w_1 \cdot f_1 = w_2 \cdot f_2 = w_3 \cdot f_3 = \dots \quad (1.15)$$

14. Рейнольдс критерийси оқимнинг ҳаракат режимини характерлайди ва қуйидаги формула ёрдамида топилади:

$$Re = \frac{wd\rho}{\mu} \quad (1.16)$$

Тўғри ва текис юзага эга трубалар орқали ҳаракатланаётган оқимларга қуйидаги Рейнольдс критерийси сон қийматлари билан характерланади:

- $Re < 2320$ бўлса, ламинар режими;
- $2320 < Re < 10000$ ораликда ўткинчи соҳа;
- $Re > 10000$ бўлса, турғун турбулент режими.

Трубаларда оқаётган суюқликнинг ўргача $w_{\text{ўрт}}$ ва максимал w_{max} тезликлари орасидаги функцияси оқимнинг ҳаракат режимига боғлиқдир:

- ламинар режимидан $w_{\text{ўрт}} = 0,5 \cdot w_{\text{max}}$.
- турбулент режимидан $w_{\text{ўрт}} = (0,8-0,9) \cdot w_{\text{max}}$.

15. Суюқликлар ҳажмий сарфи нормал ўлчов диафрагмасида ушбу формулада аниқланади:

$$V = \alpha \cdot k \cdot f_o \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}} = \alpha \cdot k \cdot f_o \sqrt{\frac{2gH(\rho_m - \rho)}{\rho}} \quad (1.17)$$

бу ерда α - нормал диафрагманинг сарф коэффициентини; k - девор ғадир-будурлигини ҳисобга олувчи тузатиш коэффициентини; гидравлик силлик трубалар учун $k = 1$; $f_o = 0,785 \cdot d^2$ - диафрагма тешигининг юзаси; d_o - диафрагмага уланган дифманометрдаги суюқлик сатҳларининг фарқи; ρ_m - дифманометрдаги суюқлик зичлиги; ρ - трубада оқаётган суюқлик зичлиги.

16. Пито-Прандтль найчаси ёрдамида суюқликнинг тезлигини аниқлаш.

$$w_{\max} = \sqrt{\frac{2gH(\rho_m - \rho)}{\rho}}$$

Насос электр юриткичига талаб этиладиган қувват ушбу формуладан топилади:

$$N = \frac{V \cdot \Delta P}{1000\eta} = \frac{\rho \cdot g \cdot h \cdot V}{1000\eta} \quad (1.18)$$

бу ерда ΔP - тармоқнинг тўлиқ гидравлик қаршилиги ва у қуйидагича аниқланади:

$$\Delta P = \Delta P_T + \Delta P_{mk} + \Delta P_{ky} + \Delta P_{kuzh} \quad (1.19)$$

бу ерда ΔP_T - тезлик босими.

1.2. Асосий ҳисоблаш параметрлари

Конструкция материалларни танлашда ва машина ва қурилмалар элементларини мустаҳкамлик ҳисобини бажаришда асосий ҳисобланувчи параметрлар бу температура ва босимдир.

Температура одатда температура 2 хил бўлади:

- ишчи температура;
- ҳисобланган температура.

Ишчи температура t – бу нормал шароитда қурилмада кечаётган технологик жараёндаги қайта ишланаётган муҳит температураси.

Ҳисобланган температура t_p – бу конструкция материалнинг физик-кимёвий хоссалари ва рухсат этилган кучланишни аниқлаш температураси. Ушбу температура иссиқлик ҳисоби ёки синов натижалари асосида топилади.

Агар, юқорида қайд этилган усуллар ёрдамида ушбу температурани аниқлаб бўлмаса, унда ҳисобланган температура қийматини 20°C деб қабул қилиш тавсия этилади.

Босим. Кимё ва нефт-газ машина ва қурилмасозлигида жихоз ва ускуна, қурилма ва машиналарни герметиклигини синашда ишчи, ҳисобланган, шартли (номинал) ва синов босимлари мавжуд.

Ишчи босим P – бу максимал ортиқча ички ёки ташқи босим бўлиб, у муҳитнинг гидростатик босимини ҳисобга олмаган ва ҳимояловчи ёки бошқа бир мослама ишга тушганда қисқа муддатга босим ошиб кетишини инобатга олмаганда, иш жараёни нормал бораётган вақтда юзага келади.

Ҳисобланган босим P_p қуйидаги формуладан аниқланади.

$$P_p = P + P_z \quad (1.1)$$

бу ерда P_z – муҳитнинг гидростатик босими.

Агар $(P_z/P) 100\% \leq 5\%$, бўлса, у ҳолда $P_p = P$.

0,2 МПа дан ошмайдиган босимда ишловчи, пўлатдан ясалган қуйма идиш ва қурилмалар учун мўлжалланган босим 0,2 МПа га тенг деб қабул қилинади.

Синов босими P_{np} – тайёрланган ёки вақти-вақти билан эксплуатация жараёнида қурилма мустаҳкамлиги ва зичланишини текшириш ортиқча босими ёки максимал ортиқча босим бўлиб, у гидравлик (пневматик) синовлар вақтида ҳосил қилинади. Унинг миқдори ЎзР «Саноат ва тоғ конларидаги ишларни ҳавфсиз олиб боришни бошқариш назорат агентлиги» (Госгортехнадзор) қоидаларида чекланган. Босим остида ишлайдиган ҳамма қурилма ва идишлар юқорида қайд этилган агентликнинг қоидаларига риоя қилган ҳолатда лойиҳаланиши, тайёрланиши ва эксплуатация қилиниши керак.

Ушбу қоидалар қуйидаги ҳолатлар учун тегишли:

- 0,07 МПа дан юқори босимда эксплуатация қилинадиган идиш ва резервуарларга;

- температура 50°C да буғларининг босими 0,07 МПа дан ортмайдиган суюлтирилган газларни транспортировка қилиш цистерна ва бочкаларига;

- суюлтирилган газ, суяқлик ва сочилувчан материалларни босимсиз транспортировка қилиш, сақлаш учун цистерна ва идишлар. Лекин, уларни бўшатиш учун босими 0,07 МПа юқори газ қўлланилади;

- 0,07 МПа дан юқори босимда сиқилган суюлтирилган газларни сақлаш ва транспортировка қилиш учун мўлжалланган баллонларга.

Ушбу қоидалар қуйидаги ҳолатлар учун тегишли эмас:

а) буғ ва сув ёрдамида иситиш жихозларига;

б) ҳажми 25 литрдан кам бўлган идиш ва баллонларга;

в) нометал материаллардан ясалган идишларга;

г) трубасининг диаметри қандай бўлишидан қатъий назар трубали ўтхоналарга.

Шуни айтиш керакки, ноль градусдан паст температурада ишловчи қурилма ва элементлар учун P_u худди 20°C температурадагидек қабул қилинади. Қурилма ва идиш деворларининг температураси +200°C дан +400°C гача бўлганда, $P_n < 1,5$, +400°C дан юқори температурада эса, 2 мартадан ортиқ қиймати олинади.

Баландлиги 8 м дан юқори бўлган қурилма ва идишлар учун синов босими ишчи шароитдаги босимни ҳисобга олган ҳолда қабул қилинади, яъни P_u ни 1-1-жадвалдан аниқланади, бу ерда P ўрнига P_p олинади.

1-1 жадвал

1-2

Гидравлик синовлар ўтказиш шароитлари

Идишлар	Ишчи босим P , МПа	Синов босими P_u , МПа
Қуймадан ташқари, хамма идишлар	$< 0,5$	$\max\{1,5p[\sigma]_{20}/[\sigma]; 0,2\}$
	$\geq 0,5$	$\max\{1,25p[\sigma]_{20}/[\sigma]; (p+0,3)\}$
Қуйма идишлар	Босимга боғлиқ эмас	$\max\{1,5p[\sigma]_{20}/[\sigma]; 0,3\}$
Илова: $[\sigma]_{20}$ ва $[\sigma]$ – идиш ёки унинг элемент материаллари учун 20°C температурага ва ишчи температураларга мос келувчи кучланишлар.		

Вакуум остида ишлайдиган қурилмаларни одатда 0,2 МПа ортиқча ички босим остида синалади.

Идиш деворларининг мўлжалланган температураси t иссиқлик ҳисоблаш ёки синовлар натижалари орқали аниқланади. Ҳисоб ва синовлар ўтказиш мумкин бўлмаган шароитда эса: ноль градусдан юқори температурада $t_{max}(t_c)$, бу ерда t_c – муҳитнинг энг юқори температураси; ноль градусдан паст температураларда $t=20^\circ\text{C}$.

Шартли босим P_p – муҳит гидростатик босимини инобатга олмаган ҳолатдаги 20°C температурадаги ортиқча ишчи босим. Бу кўрсаткич қурилма элементларини стандартизация қилишда, масалан, фланецларни. Шартли босим қатори: 0,1; 0,25; 0,4; 0,6; 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,4; 10; 16; 20.

1.3. Қурилмаларни лойиҳалаш асослари

Биринчи критерий – бу иссиқлик алмашиниш қурилмасининг ишончли ишлашини таъминловчи мезон бўлиб, бир профилактик таъмирлашдан иккинчисигача белгиланган босимлар фарқи ва труба юзасида чўкиндилар қатламнинг ортишига қарамасдан мўътадил ишлашини ифодалайди.

Иккинчи критерий – бу қурилма ва жихозлар учун умумий бўлган шартларга иссиқлик алмашиниш қурилмаси ҳам жавоб бериши керак. Бу шартларга механик кучланишлар, юклаш, йиғиш, ишга тушириш, тўхтатиш ва авария ҳолати билан боғлиқ бўлган жараёнлар киради.

Танланган материал ва қурилма конструкцияси атроф муҳит ва элткичлар таъсирида коррозияга дучор бўлмаслиги таъминланиши даркор.

Учинчи критерий – бу вақти-вақти билан коррозия, эрозия, тебраниш ёки чарчашга дучор бўлган труба юзаларини тозалаш ёки алмаштириш, зичлаш қурилма ва унинг турли элементлари таъмирлаш бўйича талабларни ифодаловчи мезон.

Тўртинчи критерий – кўп секцияли беркитувчи клапанли лойиҳалаш афзалликларини инобатга олувчи мезон. Бундай ҳолат қурилмани бутунлай тўхтатмасдан, ҳар бир секцияни галма-гал таъмирлаш имконини беради.

Бешинчи критерий – юқорида келтирилган критерийларга мос келадиган қурилма нархи минимал бўлиши керак.

Қурилмани лойиҳалашда уни транспортировка қилишда диаметри, массаси ёки труба сортаменти, ҳамда зичлаш, заҳира трубаларни сақлаш ва кўрсатиш бўйича чеклашлар ўрнатилиши мумкин.

Мухандислик амалиётида иссиқлик алмашилиш қурилмаларини ҳисоблашнинг икки усулидан фойдаланилади: конструктив ва аниқловчи.

Конструктив иссиқлик ҳисоблашдан мақсад лойиҳаланаётган янги қурилма ишчи муҳитининг белгиланган сарфи ва температурасида зарур иссиқлик унумдорлигини таъминловчи иссиқлик алмашилиш юзасини аниқлашдир. Конструктив ҳисоблашлар мавжуд қурилмаларни эксплуатация қилиш тажрибаси ёки илмий-тадқиқот ва тажриба-конструкторлик ишланмалар, ҳамда ўтказилган синов натижаларига таяниб қурилманинг типи аниқланади. Ундан ташқари, янги қурилманинг конструктив схемаси, элткичларнинг ҳаракат йўналишлари ва конструктив элементларни тайёрлаш учун материаллар танланади. Айрим ҳолларда баъзи бир катталиклар олдиндан берилган бўлади. Масалан, труба диаметри ва узунлиги, элткичлар тезликлари, гидравлик қаршилик ва ҳ.

1.4. Трубалар гидравлик қаршиликларини ҳисоблаш

Трубалар гидравлик қаршиликларини ҳисоблашдан мақсад газ ва суюқликларни узатиш учун керакли энергия сарфини аниқлаш ва тегишли машина (вентилятор, насос, компрессор ва б.) ларни танлашдир.

Труба қувурларида напор (ёки босим)нинг йўқотилишига ишқаланиш қаршилиги ва маҳаллий қаршиликлар сабабчи бўлади.

Ишқаланиш қаршилиги (ёки узунлик бўйича қаршилик) – трубадан ҳақиқий суюқлик ҳаракат қилганда, ички ишқаланиш қаршилиги, унинг бутун узунлиги бўйича мавжуд (1-2 жадвал). Ички ишқаланиш кучининг катталиги суюқлик оқимининг режими (ламинар, турбулент, турбулентлик даражаси)га боғлиқ.

Маҳаллий қаршиликлар – суюқлик оқими тезлиги ва ҳаракат йўналиши қийматининг исталган ўзгаришидир. Уларга қуйидагилар: кескин ва аста-секин торайган ва кенгайган қисмлар, тирсаклар (1-3, 1-4, 1-5 жадваллар), жўмрак, ёпувчи ва ростловчи ускуна (вентил, задвижка, тиқинли кран И38-жадвал) ва бошқалар киради.

Ишқаланиш ва маҳаллий қаршиликларни енгилда, напорнинг йўқотилиши ушбу формуладан топилади:

$$h_{\text{иуқ}} = \left(\lambda \frac{l}{d_s} + \sum \xi_{\text{мк}} \right) \frac{w^2}{2g} \quad (1.2)$$

Агар, $\Delta P = \rho g h_{\text{иуқ}}$ ҳисобга олсак, умумий босимнинг йўқотилиши эса, қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$\Delta P_{\text{иуқ}} = \left(\lambda \frac{l}{d_s} + \sum \xi_{\text{мк}} \right) \frac{\rho w^2}{2} \quad (1.3)$$

бу ерда l ва d_s – труба узунлиги ва диаметри; ρ – суюқлик ва зичлиги; λ – ишқаланиш коэффиценти; w – оқим

тезлиги; бу ерда $\Sigma \xi_{\text{мк}}$ -махаллий қаршилиқлар йиғиндиси.
Эквивалент диаметр ушбу формуладан аниқланади:

$$d_{\text{э}} = 4S / \Pi, \quad (1.4)$$

бу ерда S – оқим қўндаланг кесим юзаси; Π – ҳўлланган периметр.

$$\lambda = \frac{B}{\text{Re}}$$

бу ерда B – қўндаланг кесим шаклига боғлиқ коэффициент, квадрат кесим учун $B=57$, думалоқ кесим учун $B=96$ ва ҳоказо. $\text{Re}=wd\rho/\mu$ - Рейнольдс сони; A – труба қўндаланг кесимида боғлиқ коэффициент.

Гидравлик силлиқ трубалар учун ($2320 < \text{Re} < 10^4$) гидравлик қаршилиқ коэффициенти Блазиуснинг эмпирик формуласидан:

$$\lambda = 0,316 \cdot \text{Re}^{-0,25} = \frac{0,316}{\sqrt[4]{\text{Re}}} \quad (1.5)$$

ёки Конаков формуласидан аниқланиши мумкин:

$$\lambda = \frac{1}{(1,8 \lg \text{Re} - 1,5)^2} \quad (1.6)$$

ғадир-будур трубалар учун гидравлик қаршилиқ коэффициенти ушбу функция қўринишида ифодаланади:

$$\lambda = f(\text{Re}, \Delta / d) \quad (1.7)$$

бу ерда $\varepsilon = \Delta / d$ – нисбий ғадир-будурлик.

1-2 жадвал

Ғадир-будурлик Δ нинг тахминий қийматлари

Трубалар	Δ , мм
Янги пўлат трубалар	0,06-0,10
Ишлатилган трубалар, озгина коррозияга учраган	0,10-0,20
Эски, ифлосланган пўлат трубалар	0,50-2
Янги чўян ва керамик трубалар	0,35-1
Эски чўян трубалар	1,4
Алюминий трубалар	0,015-0,06
Латун, қўргошин ва шиша трубалар	0,0015-0,01

Одатда, маҳаллий қаршилиқ коэффициенти ξ нинг қийматлари қаршилиқ тури ва суюқликнинг ҳаракат режимига боғлиқ.

Трубага кириш: ўткир қиррали - $\xi = 0,5$, с илликланган қиррали - $\xi = 0,2$.

1. **Трубадан чиқиш:** $\xi = 1$.

2. **Думалоқ қўндаланг кесимли тирсак:** $\xi = A \cdot B$. Бу ерда A коэффициент одатда φ бурчакка боғлиқ:

Бурчак φ , градуслар..... 20 30 45 60 90 110 130 150 180

A 0,31 0,45 0,60 0,78 1,0 1,13 1,20 1,28 1,40

Бу ерда B коэффициент труба букилиш радиуси R_o нинг труба ички диаметри d га нисбатига боғлиқ.:

R_o/d 1,0 2,0 4,0 6,0 15 30 50

B 0,21 0,15 0,11 0,09 0,06 0,04 0,03

3. **90° (угольник) бурчакли тирсак:**

Труба диаметри, мм 12,5 25 37 50 > 50

ξ 2,2 2 1,6 1,1 1,1

4. **Нормал вентиль (тўлиқ очик):**

Труба диаметри, мм ... 13 20 40 80 100 150 200 250 350

ξ 10,8 8,0 4,9 4,0 4,1 4,4 4,7 5,1 5,5

5. **Нормал вентиль (тўлиқ очик). $\text{Re} \geq 3 \cdot 10^5$**

Труба диаметри, мм 25 38 50 65 76 100 150 200 250

ξ 1,04 0,85 0,79 0,65 0,60 0,50 0,42 0,36 0,32

$Re < 3 \cdot 10^5$ да келтирилган ξ нинг қийматлари коэффициент k га кўпайтирилади:

Re	5000	10 000	20 000	50 000	100 000	200 000
k	1,40	1,07	0,94	0,88	0,91	0,93

6. **Тўсатдан кенгайиш.** Маҳаллий қаршилик коэффициентининг қиймати ξ кичик ва катта кўндаланг кесимлар нисбати F_1/F_2 ва Рейнольдс сони Re (кичик кўндаланг кесимдаги тезлик ва унинг эквивалент диаметри орқали ҳисобланган) каби параметрларга боғлиқ:

1-3 жадвал

Re	F_1/F_2					
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10
100	1,70	1,40	1,20	1,10	0,90	0,80
1000	2,00	1,60	1,30	1,05	0,90	0,60
3000	1,00	0,70	0,60	0,40	0,30	0,20
≥ 3500	0,81	0,64	0,50	0,36	0,25	0,16

7. **Тўсатдан торайиш.** Маҳаллий қаршилик коэффициентининг қиймати ξ худди тўсатдан кенгайишдаги каби топилади:

1-4 жадвал

Re	F_1/F_2					
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
10	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
100	1,30	1,20	1,10	1,00	0,90	0,80
1000	0,64	0,50	0,44	0,35	0,30	0,24
10 000	0,50	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
> 10000	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20

8. **Тройниклар.** Ушбу мосламада маҳаллий қаршилик коэффициентининг қиймати ξ тармоқдаги сарфнинг $Q_{\text{тарм.}}$ умумий сарф Q нисбатига боғлиқ.

1-5 жадвал

ξ	$Q_{\text{тарм.}}/Q$					
	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
Оқимнинг магистралга киришида						
$\xi_{\text{отс}}$	-1,2	-0,4	0,08	0,47	0,72	0,91
$\xi_{\text{и}}$	0,04	0,17	0,30	0,41	0,51	0,60
Оқимнинг магистралдан чиқишида						
$\xi_{\text{отс}}$	0,95	0,88	0,89	0,95	1,10	1,28
$\xi_{\text{и}}$	0,04	-0,08	-0,05	0,07	0,21	0,35

9. **Задвижка:**

Труба диаметри, мм.....	15-100	175-200	300 ва юқори
ξ	0,5	0,25	0,15

1.5. Труба қувурларининг оптимал диаметрини ҳисоблаш

Думалоқ кўндаланг кесимли трубанинг ички диаметри ушбу формуладан топилади:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot w}} \quad (1.8)$$

Одатда узатилаётган суюқлик сарфи берилган бўлади. Шу сабабли, асосий параметр тезлик w аниқланиши керак. Шунинг таъкидлаш лозимки, тезлик қанчалик катта бўлса, трубанинг диаметри шунчалик кичик бўлади, яъни уни монтаж ва таъмирлаш учун сарфлар, ҳамда нархи кам талаб этилади. Лекин, суюқлик тезлиги ўсиши билан трубада напорнинг

йўқотилиши ортади ва бундай ҳолат уни узатиш учун зарур бўлган босимлар фарқининг, яъни муҳитни ҳайдаш учун энергия сарфи кўпайишига олиб келади.

Суюқлик ёки газни узатиш учун жами сарфларнинг минимал миқдори техник-иқтисодий ҳисоблашлар асосида топилади. Суюқлик ва газларнинг қуйидаги тезликлари тавсия этилади:

Суюқлик

эркин ҳаракатланиши:

Қовушқоқ 0,1 - 0,5

Қовушқоқлиги қачик 0,5 - 1,0

Насос ёрдамида узатилганда:

Сўриш трубасида 0,8 - 2,0

Ҳайдаш трубасида 1,5 - 3,0

Газлар

Атмосфера босимида 2 - 4

Паст босимда (вентилятордан) 4 - 15

Юқори т босимда (компрессордан) 15 - 25

Буғлар

Ўта қизиган 30 - 50

Тўйинган, ушбу босимда, Па:

$> 10^5$ 15 - 25

$(1-0,5) \cdot 10^5$ 20 - 40

$(5-2) \cdot 10^5$ 40 - 60

$(2-0,5) \cdot 10^5$ 60 - 75

1.6. Насадкали қурилмалар гидравлик қаршилигини ҳисоблаш

Донадор қатлам орқали суюқлик ҳаракати даврида қатлам заррачалари орасидаги бўшлиқлар суюқлик билан тўлиб туради. Бунда, суюқлик қатламнинг заррачаларини, элементларини ювиб ва нотўғри шаклли каналлар орқали оқиб ўтади. Бундай ҳаракат гидродинамиканинг аралаш масаласини ташкил этади. Бу турдаги қурилмалар гидравлик қаршилиги, трубаларнинг қаршилиги формулалари орқали ҳисоблаш мумкин. Саноат миқёсида филтрлардаги чўкмалар, сорбент ва катализаторлар гранулалари, абсорбцион ва ректификацион колонналардаги насадкалар ва ҳоказолар қурилмаларда ғоваксимон ёки донадор қатламлар ҳосил қилади [4, 22, 20, 21, 23].

Бу турдаги қатламлар қаршилиги Δp_k ни қуйидаги тенгламадан ҳисоблаш мумкин:

$$\Delta p_k = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho w^2}{2} \quad (1.9)$$

бу ерда ρ - суюқлик зичлиги; λ - умумий қаршилик коэффиценти, ишқаланиш ва маҳаллий қаршиликлар таъсирини ифодалайди; l - қатлам каналларининг ўртача узунлиги; w - муҳитнинг каналлардаги ўртача ҳақақий тезлиги.

Газ ёки суюқликни қатлам орқали ҳаракатини гидродинамиканинг ички масаласи асосида таҳлил қилсак, (1.9) формулани қуйидаги ҳисоблашга қулай кўринишда ифодалаш мумкин:

$$\Delta p_c = \frac{\lambda \cdot H \cdot a \cdot \rho \cdot w_o^2}{8\varepsilon^3} \quad (1.10)$$

бу ерда H - қатлам баландлиги; a - солиштирма юза; ε - ғоваклилик; w_o - газ ёки суюқликнинг сохта теҳлиги.

λ нинг қийматлари ушбу тенгламадан аниқланади:

$$\lambda = \frac{133}{Re} + 2,34 \quad (1.11)$$

Бунда, Рейнольдс критерийси қуйидаги формуладан топилади:

$$Re = \frac{4w_o \cdot \rho}{a \cdot \mu} \quad (1.12)$$

Агар, солиштирма юза a нинг қиймати номаълум бўлса, (1.10) формула ўрнига гидродинамиканинг ташқи масаласи асосида келтириб чиқарилган формула ёрдамида ҳисоблаш мумкин:

$$\Delta p_c = \frac{3\lambda H(1-\varepsilon)\rho w_o^2}{4\varepsilon^3 d_\phi \Phi} \quad (1.13)$$

бу ерда d_ϕ -эквивалент диаметр; Φ - заррачанинг шакл омили $\Phi = F_{ш} / F_q$.

Рейнольдс критерийси ушбу ҳолат учун ушбу формула ёрдамида топилади:

$$Re = \frac{2}{3} \frac{\Phi}{(1-\varepsilon)} Re_0 \quad (1.14)$$

бу ерда

$$Re_0 = \frac{w_o d_q \rho}{\mu} \quad (1.15)$$

(1.10) ифодадан (1.13) га ва тескарисини ушбу нисбат орқали амалга ошириш мумкин:

$$a = \frac{6 \cdot (1-\varepsilon)}{\Phi \cdot d_x} \quad (1.16)$$

(1.11) тенглама ёрдамида ғоваклилиги бир текисда тақсимланган донатор қатламлар учун λ коэффиценти аниқланади. Рашиг халқаларидан таркиб топган қатлам орқали газ ёки буғларнинг ҳаракати даврида бўшлиқларнинг бир текисда жойлашиши бирмунча бузилади. Бундай ҳолатларда λ коэффиценти аниқлаш қуйидаги формулаларни қўллаш мумкин:

Ихтиёрий равишда жойлаштирилган халқалар учун:

$$Re < 40 \text{ да} \quad \lambda = \frac{140}{Re} \quad (1.17)$$

$$Re > 40 \text{ да} \quad \lambda = \frac{16}{Re^{0,2}} \quad (1.18)$$

Тартиб билан жойлаштирилган халқалар учун:

$$\lambda = \frac{A}{Re^{0,375}} \quad (1.19)$$

бу ерда

$$A = 3,12 + 17 \cdot \frac{d_\phi}{H} \cdot \left(\frac{d_\phi}{d_n} \right)^{1,37} \quad (1.20)$$

бу ерда d_ϕ и d_n – халқанинг ички ва ташқи диаметрлари; d_ϕ - исталган ғоваксимон ёки донатор қатламларнинг эквивалент диаметри бўлиб, ушбу формулада ёрдамида ҳисобланади:

$$d_\phi = \frac{4}{a} \quad (1.21)$$

Агар, λ коэффиценти (1.17), (1.18) ёки (1.19) формулалардан фойдаланиб аниқланса, (1.10) формула орқали куруқ насадка гидравлик қаршилигини ҳисоблаш мумкин:

Ихтиёрий равишда тўкилган заррачалар қатламининг ғоваклилиги $\varepsilon=0,4$. Шарсимон шаклга яқин заррачалар учун $\Phi=1$, куб шаклли жисмлар учун $\Phi=0,806$.

(1.10) ва (1.13) формулаларни оқимларнинг қўзғалмас қатламлар орқали ҳаракати даврида гидравлик қаршилиқларни ҳисоблаш учун қўллаш мумкин.

Мавҳум қайнаш қатламининг гидравлик қаршилигини ушбу формуладан топилади:

$$\Delta p_{nc} = H(1-\varepsilon) \cdot (\rho_T - \rho)g \quad (1.22)$$

бу ерда ρ_T - катламдаги каттик заррачалар зичлиги; ρ – муҳит зичлиги.

Мавҳум қайнаш тезлигига мос Рейнольдс критерийси $Re_{0,мк}$ квадрат тенгламани ечиш орқали аниқланади:

$$\frac{1,75}{\varepsilon^3 \Phi} Re_{0,мк}^2 + \frac{150(1-\varepsilon)}{\varepsilon^3 \Phi^2} Re_{0,мк} - Ar = 0 \quad (1.24)$$

Архимед критерийси куйидагича аниқланади:

$$Ar = \frac{gd_q^3}{\nu^2} \cdot \frac{\rho_3 - \rho}{\rho} \quad (1.25)$$

Шарсимон шаклга яқин заррачалар учун $Re_{мк}$ ушбу формуладан фойдаланилади:

$$Re_{0,мк} = \frac{Ar}{1400 + 5,22\sqrt{Ar}} \quad (1.26)$$

Мавҳум қайнаш тезлиги ушбу ифодадан топилади:

$$w_{мк} = \frac{Re_{0,мк} \cdot \mu}{d_3 \cdot \rho} \quad (1.27)$$

Заррачаларнинг эркин учиб чиқишига мос Рейнольдс критерийси $Re_{уч}$ куйидаги формуладан аниқланади:

$$Re_{0,уч} = \frac{Ar}{18 + 0,575\sqrt{Ar}} \quad (1.28)$$

Учиб чиқиш тезлиги ушбу ифодадан топилади:

$$w_{уч} = \frac{Re_{0,уч} \cdot \mu}{d_3 \cdot \rho} \quad (1.29)$$

Шундай қилиб, мавҳум қайнаш қатлами ушбу ораликда $w_{мк} < w_o < w_{уч}$ мавжуд бўлади. Мавҳум қайнаш қатламининг ғоваклилиги ушбу формуладан аниқланади:

$$\varepsilon = \left(\frac{18 Re_0 + 0,36 Re_0^2}{Ar} \right)^{0,21} \quad (1.30)$$

«Қурук» тарелкаларнинг гидравлик қаршилиги ΔP_c ушбу формуладан топилади:

$$\Delta p_c = \xi \cdot \frac{\rho w^2}{2} \quad (1.31)$$

бу ерда ξ - «қурук» тарелкаларнинг гидравлик қаршилик коэффициенти ; w - тешик ёки тиркишлардаги газ ёки суюқликнинг тезлиги.

1.7. Насос ва вентиляторлар ҳисоби

Кимё ва озик-овқат саноатларида барча тармоқларида суюқликлар горизонтал ва вертикал трубалар орқали узатилади. Электр юриткичнинг механик энергиясини суюқликнинг узатиши энергиясига айлантирувчи ва унинг босимини оширувчи ва гидравлик машиналар насослар деб аталади. Трубаларнинг бошланғич ва охириги нукталаридаги босимлар фарқи трубалардан суюқликнинг оқиши учун ҳаракатлантирувчи куч ҳисобланади.

Насослар асосан икки турга: динамик ва ҳажмий насосларга бўлинади. Динамик насосларда суюқлик ташқи куч таъсирида ҳаракатга келтирилади. Насос ичидаги суюқлик насосга кириш ва чиқиш трубалари билан узлуксиз боғланган бўлади. Суюқликка таъсир қиладиган кучнинг турига кўра, динамик насослар парракли ва ишқаланиш кучи ёрдамида ишлайдиган насосларга бўлинади. Саноатда суюқликларни сиқилган газ (ёки ҳаво) ёрдамида узатиш учун газлифтлар ва монтежюлар ҳам ишлатилади.

Насосларнинг асосий параметрлари - унумдорлик, напор ва қувватлари ҳисобланади.

Унумдорлик V (m^3/c) – бу суюқликнинг ҳажмий сарфи бўлиб, ҳайдаш қувури орқали насос ёрдамида узатилган суюқлик миқдорини билдиради.

Насос напори H (m) – бу насоснинг масса бирлигига эга бўлган суюқликка берган солиштирма энергиясидир.

Фойдали қувват N_ϕ (Вт) –напор H ва суюқлик массавий сарфи $\rho g V$ кўпайтмасига тенг миқдордаги суюқлик потенциал энергиясига айтилади:

$$N_\phi = \rho g V H \quad (1.32)$$

Насос ўқидаги қувват N_e ни аниқлаш учун фойдали қувватни насос фойдали иш коэффициентига бўлиш керак ва у насоснинг йўқотган энергиясини характерлайди:

$$N_e = \frac{N_\phi}{\eta_n} = \frac{\rho g V H}{\eta_n} \quad (1.33)$$

Насосда йўқотилган энергия конструкциянинг мукамаллиги, ишлатиш самарадорлиги ва насоснинг едирилишини ушбу формула ҳисобга олади:

$$\eta_n = \eta_v \cdot \eta_\Gamma \cdot \eta_{\text{мех}} \quad (1.34)$$

бу ерда, η_v – узатиш ф.и.к.; суюқликнинг клапан, сальник, ҳар хил тирқишлардан оқиб чиқиб кетишини ҳисобга олади, яъни $\eta_v = V/V_{\text{наз}}$ ҳақиқий унумдорликнинг назарий унумдорликка нисбатини характерлайди; η_Γ –гидравлик ф.и.к.; $\eta_\Gamma = H/H_{\text{наз}}$ – ҳажмий напорни назарий напорга нисбатини билдиради; $\eta_{\text{мех}}$ – механик ф.и.к.; подшипник, сальник ва бошқа элементларда ишқаланишга йўқотилган қувват.

Агар насоснинг ф.и.к. номаълум бўлса, қуйидаги жадвалда келтирилган маълумотлардан фойдаланиш мумкин:

1-6 жадвал

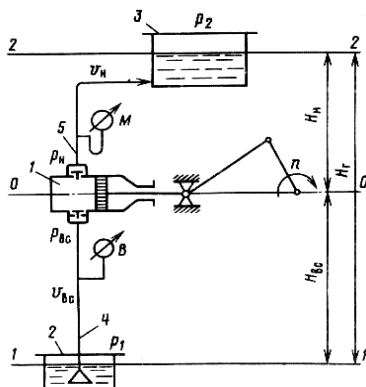
Насос тури	Марказдан қочма	Ўқли	Поршенли
η_n	0,4-0,7 (кичик ва ўртача сарф) 0,7-0,95 (катта сарф)	0,7-0,9	0,65-0,9

Электр юриткич истеъмол қилаётган қувват ёки номинал қуввати $N_{\text{эю}}$ ўқдаги

куватга қараганда кўпроқ, чунки электр юриткичдан насос ўқиғача энергияни узатиш муфтасида ва электр юриткич ўқида йўқотилишлар содир бўлади. Ушбу йўқотилишлар N_e тенгламасига узатма $\eta_{уз}$ ва электр юриткич ф.и.к. $\eta_{ю}$ ларини киритиш орқали инobatга олинади:

$$N_{\text{gio}} = \frac{N_e}{\eta_H \cdot \eta_{v3} \cdot \eta_{\text{gio}}} = \frac{\rho g V H}{\eta_V \cdot \eta_z \cdot \eta_{\text{Mex}} \cdot \eta_{v3} \cdot \eta_{\text{gio}}} \quad (1.35)$$

Узатманинг ф.и.к. кучланишни узатиш усулига боғлиқ. Марказдан қочма ва ўқли насосларда электр юриткич ўқи бевосита насос ўқи билан тўғридан-тўғри боғланган бўлгани учун $\eta_{yz} \approx 1$. Поршенли насосларда кўпинча тишли узатмалардан фойдаланилади. Шунинг учун $\eta_{yz} \approx 0,93-0,98$.



1.1-расм. Насос қурилмасининг схемаси.

Насос қурилмасининг тўлиқ фойдали иш
коэффициенти:

$$\eta = \frac{N_\phi}{N_{\text{sig}}} = \eta_H \cdot \eta_{y^3} \cdot \eta_{\text{sig}} \quad (1.36)$$

бу ерда, $N_{ю}$ – юриткич истеъмол куввати; $\eta_{уз}$ – узатиш ф.и.к.; $\eta_{ю}$ – юриткич ф.и.к.

Юриткичнинг ўрнатиш қуввати, насосни ишга тушириш ониди (вақтида)ги $N_{ю}$ ортиқча юкланишини инобатга олган ҳолда аниқланади.

Агар, электр юриткич ф.и.к. номаълум бўлса, уни номинал қувватга қараб қуйидаги жадвалдан танлаш мумкин.

1-7 жадвал

$N_{ном}$, кВТ	0,4-1	1-3	3-10	10-30	30-100	100-200	>200
$\eta_{по}$	0,7-0,78	0,78-0,83	0,83-0,87	0,87-0,9	0,9-0,92	0,92-0,94	0,94

$$N_{\nu D} = \beta \cdot N_{\exists \text{IO}} \quad (1.37)$$

бу ерда β - кувватнинг захира коэффициенти, бу электр юриткичнинг кувватига қараб 2,0 дан 1,1 гача олинади.

Электр юриткичининг қуввати қанча юкори бўлса, коэффициент β нинг қиймати шунча кичиклашади. Қувват N маълум бўлса, каталогдан насосга мос электр юриткич танланади; у N га тенг номинал $N_{ном}$ қувватга эга бўлиши шарт. Агар, каталогда бундай қувватли электр юриткич бўлмаса, шу қувватга яқин, лекин ундан каттароқ қувватли электр юриткич танланади. Суюқликларни узатиш учун зарур энергияни ҳисоблашда шуни назарда тутиш керакки, электр юриткичининг тармоқдан истеъмол қилаётган $N_{эю}$ қуввати номинал қувватдан кўпроқ, чунки электр юриткичининг ўзижда ҳам йўқотилишлар мавжуд:

$$N_{\text{HO}} = \frac{N_{\text{HOM}}}{\eta_{\text{HO}}} \quad (1.38)$$

бу ерда $\eta_{ю}$ – электр юриткич фойдали иш коэффиценти.

Насосни технологик схемага ўрнатилаётганда, шуни инобатга олиш керакки, сўриш баландлиги $H_{сyp}$ қуйидаги формулада ҳисоблаб топилган қийматдан катта бўлмаслиги керак (1.1-расм):

$$H_{сyp} \leq \frac{p_1}{\rho g} - \left(\frac{p_t}{\rho g} + \frac{w_{сyp}^2}{2g} + h_{йук..сyp.} + h_{3ax} \right), \quad (1.38)$$

бу ерда p_1 -узатилаётган суюқлик тўйинган буғининг ишчи температурадаги босими; $w_{сyp}$ -насоснинг сўриш патрубкисидаги суюқлик тезлиги; $h_{йук..сyp.}$ -насоснинг сўриш патрубкисидаги суюқлик напорининг йўқотилиши; h_{3ax} -кавитация бўлмаслиги учун зарур напор захираси (марказдан қочма насосларда).

Марказдан қочма насосларда унумдорлик маълум миқдорда ишчи ғилдирак каналларининг эркин кесим юзалари ёрдамида аниқланади.

Назарий унумдорлик ушбу тенглама ёрдамида ҳисобланади:

$$V = b_1 \cdot (\pi \cdot D_1 - \delta \cdot z) \cdot w_1 \cdot \sin \alpha_1 \quad \text{ёки} \quad V = b_2 \cdot (\pi \cdot D_2 - \delta \cdot z) \cdot w_2 \cdot \sin \alpha_2 \quad (1.39)$$

бу ерда w_1, w_2 - ишчи ғилдирагига кириш ва чиқишдаги нисбий тезликлари; α_1, α_2 - куракларнинг кириш ва чиқишдаги эгрилик бурчаклари; D - ғилдиракнинг ташқи диаметри; z - куракчалар сони; δ - куракчалар каллилиги; b_1, b_2 - ғилдирак куракларининг кириш ва чиқишдаги эни.

Энг содда поршенли насоснинг сарфи ушбуга тенг:

Агар поршень сиқиб чиқараётган суюқлик ҳажми $V = f \cdot S$ бўлса, унда бир йўлли насоснинг ўртача назарий унумдорлиги ($m^3/соат$):

$$V_H = f \cdot S \cdot n$$

бу ерда f – цилиндрнинг қўндаланг кесими, m^2 ; S – поршен йўли узунлиги, яъни бошланғич ва охириги ҳаракат нукталари орасидаги масофа; n – айланишлар частотаси, c^{-1} .

Икки йўлли бир поршенли насоснинг сарфи.:

$$V_H = (2F - f) \cdot S \cdot n \quad (1.40)$$

бу ерда f - шток қўндаланг кесимининг юзаси, m^2 .

Шестерняли насос унумдорлиги $V_{ш}$:

$$V_{ш} = 2 \cdot S \cdot b \cdot z \cdot n \quad (1.41)$$

бу ерда S – шестерня тишининг қўндаланг кесими юзаси, m^2 ; b – шестерня тишининг эни, m ; z -шестерня тишлари сони; n – айланишлар частотаси, c^{-1} .

Хайдаш режими учун 0-0 ва 2-2 кесимлари учун тузилган Бернулли тенгламаси (таққослаш текислиги деб насос ўқидан утган 0-0 текислиги олинади) қуйидагича ёзилади:

$$\frac{p_{уз}}{\rho g} + \frac{w_{уз}^2}{2g} = H_{уз} + \frac{w_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\rho g} + h_{узйук} \quad (1.42)$$

бу ерда, $p_{уз}$ – узатиш (хайдаш) босими; $w_{уз}$ – хайдаш қувуридаги тезлик; $H_{уз}$ – узатиш баландлиги; w_2 – 2-2 – кесимдаги юқори идишдаги суюқлик тезлиги; p_2 – хайдаш идишидаги босим; $h_{узйук}$ - хайдаш қувуридаги йўқотилиш.

Сўриш ва хайдаш қувурларидаги тезликка нисбатан пастки ва юқоридаги идишлардаги суюқлик тезлигининг ўзгариши жуда кичик бўлгани учун, улар нолга тенг ($w_1=0$; $w_2=0$).

(1.41) ва (1.42) тенгламаларни ҳисобга олиб насоснинг напорини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$H = \frac{P_{уз} - P_{суп}}{\rho g} = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + \frac{w_{суп}^2 + w_{уз}^2}{2g} + H_{суп} + H_{уз} + h_{суп.йук} + h_{уз.йук} \quad (1.43)$$

Сўриш билан ҳайдаш қувури ўзаро тенг бўлганда, ушбу тенгликни соддалаштириш мумкин бўлади, яъни $w_{суп} = w_{уз}$. Суюқликни геометрик узатиш баландлиги эса, $H_z = H_{суп} + H_{уз}$, бундан қуйидаги тенглама келиб чиқади:

$$H = \frac{P_1 - P_2}{\rho g} + H_{суп} + h_{йук} \quad (1.44)$$

бу ерда $h_{йук} = h_{суп} + h_{уз.йук}$ - босимнинг умумий йўқотилиши.

Агарда юқоридаги ва пастки идишдаги босимлар тенг бўлса, яъни $P_2 = P_1$, у ҳолда:

$$H = H_z + h_{йук} \quad (1.45)$$

(1.44) тенгламага биноан, насоснинг босими, суюқликни геометрик баландлик H_z кўтаришга, идишлардаги босимлар фарқини, сўриш ва ҳайдаш идишлардаги гидравлик қаршиликларни енгиласан сарф бўлади.

Горизонтал жойлашган қувур орқали сув узатилганда ($H_z = 0$), насос босими фақат қаршиликларни енгиласан учун сарфланади:

$$H = h_{йук} \quad (1.46)$$

Ишлаётган насоснинг босимини (напорини) вакуумметр H_v ва манометр H_m ларнинг кўрсаткичлари асосида аниқлаш мумкин:

$$H = H_m + H_v + h \quad (1.46a)$$

бу ерда h – манометр ва вакуумметрлар орасидаги масофа.

(1.43) тенгламадан сўриш баландлигини кўриб чиқсак:

$$H_{суп} = \frac{P_1 - P_{суп}}{\rho g} - \frac{w_{суп}^2}{2g} - h_{суп.йук} \quad (1.47)$$

w_1 тезлик қиймати $w_{суп}$ га нисбатан анча кичик бўлгани учун, $w_1 = 0$ деб қабул қилсак бўлади.

(2.83) тенгламадан шу нарса кўриниб турибдики, $P_{суп}$ камайиши билан сўриш баландлиги ортади. Суюқлик насос ичида қайнаб кетмаслиги учун, $P_{суп}$ қиймати суюқлик узатилаётган температурадаги сув буғи тўйиниш босими P_v дан катта бўлиши керак, яъни $P_{суп} > P_v$.

Шундай қилиб, сўриш баландлигининг чегаравий қийматини қуйидагича аниқлаймиз:

$$H_{суп} \leq \frac{P_{атм} - P_v}{\rho g} - \frac{w_{суп}^2}{2g} - h_{суп.йук} \quad (1.47a)$$

бу ерда $P_{атм}$ – атмосфера босими; $P_{атм} = P_1$.

Акс ҳолда, суюқлик насос ичида қайнаб кетади, ва интенсив буғ ҳосил бўлишга олиб келади. Буғ пуфакчалари суюқлик билан юқори босимли соҳага кирса, томчига айланиб, бўшлиқлар ҳосил қилади, гидравлик зарба шовқин бўлишига олиб келади, яъни кавитация ҳодисаси содир бўлади.

Маълумки, суюқликларнинг қайнаши – бу унинг тўйинган буғлари босимининг ташқи босим, яъни суюқлик устуни ёки ташқи босимга тенг ёки катта ($p > p_{суп}$) бўлгандаги шароитда содир бўлади. Қайнаш жараёнида ҳосил бўлган буғ босим ортиши билан конденсацияланади. Лекин, бир килограмм суюқлик эгаллаган ҳажм, буғ эгаллаб турган ҳажмга нисбатан бир неча юз ва минг баробар кам бўлади. Шунинг учун, конденсация рўй бераётган бўшлиқда вакуум ҳосил бўлади. Конденсацияда бўшаган бўшлиқни бир зумда суюқлик тўлдиради. Бунда гидравлик зарба ҳосил бўлади ва насос деталларининг емирилиши рўй беради ва натижада насоснинг ишчи органларида ўйилган чуқурчалар пайдо бўлади. Насос бундай режимда ишлаши унинг бузулишига олиб келади.

Юқорида қайд этилган ҳодиса, яъни паст босимли соҳаларда суюқликнинг қайнаш даврида газ пуфакча (ғовак) ларининг ҳосил бўлиши **кавитация** (инглизча – cavity, “бўшлиқ”, “ғоваклик”) деб номланади. Кавитация мавжуд режимларда насосларни эксплуатация қилиш унинг гидравлик ф.и.к. ва унумдорлигининг пасайишига олиб келади. Кавитация ҳодисаси эриган газлар десорбцияси ёки бирикмалар зичланиши йўқолган ҳолларда қурилмага ҳавонинг сўрилиши ($p_{суп}$ атмосфера босимидан паст бўлганда) оқибатида ҳам рўй бериши мумкин. Шунинг учун ҳам, насос унумдорлигини сўриш йўлидаги задвижка орқали амалга ошириш қатъиян маън этилади.

Кавитация бўлиши насос унумдорлигини пасайтиради, гидравлик зарба билан ишлаган насос, тез едирилади, коррозияга учрайди ва унинг тез бузилишига олиб келади.

Пропорционаллик қонуни. Марказдан қочма насосларнинг напори ва унумдорлиги насос ишчи қилдирагининг айланиш частотаси (сони)га боғлиқ бўлади. (1.43) тенгламага мувофиқ насос напори айланма тезлик квадратига боғлиқ, яъни $H \sim \omega^2$.

Агар айланишлар сони n_1 да напор H_1 бўлса, $n_2 \sim H_2$ бўлади деб хулоса қилсак, унда:

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{\omega'_2}{\omega''_2} \right)^2 = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2, \quad \text{яъни} \quad \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2 \quad (1.48)$$

(1.39) тенгламадан эса, насос унумдорлиги суюқлик ғилдирагидан ажралишдаги абсолют тезлигини радиал ташкил этувчисига пропорционал, яъни $V \sim C_{r2}$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{C'_{2r}}{C''_{2r}} = \frac{\omega'_2}{\omega''_2} = \frac{\pi \cdot D_2 \cdot n_1}{\pi \cdot D_2 \cdot n_2} = \frac{n_1}{n_2}; \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (1.49)$$

Насос талаб этадиган қувват эса, унумдорлик ва напорнинг кўпайтмасига пропорционал ва (1.39) тенгламаларга биноан қуйидаги кўринишни ҳосил қиламиз:

$$\frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^3 \quad (1.50)$$

(1.48) - (1.50) тенгламалар пропорционаллик қонуни тенгламалари дейилади. Бироқ бу тенгламаларни тахминий ҳисоблар учун ишлатиш мумкин. Аниқ ҳисоблар учун эса, насос ишчи қилдирагини айланишлар частотаси билан фойдали иш коэффициентини инобатга олиниши керак. Шуни қайд этиб ўтиш керакки, пропорционаллик қонунини, насоснинг айланишлар сони бир-биридан 2 баробаргача фарқ қилгандагина қўллаш мумкин.

Марказдан қочма насослар учун

$$h_{зак} = 0,3 \cdot (Q \cdot n^2)^{2/3} \quad (1.51)$$

бу ерда n - ўқнинг айланиш частотаси, c^{-1} .

Поршенли насослар учун (сўриш йўлида ҳаволи қалпоқ бўлганда):

$$h_{\text{зах}} = 1,2 \frac{l}{g} \cdot \frac{f_1}{f_2} \cdot \frac{u^2}{r} \quad (1.52)$$

бу ерда l - насоснинг сўриш патрубкисидаги суюқлик устунинг баландлиги (қалпоқ ичидаги суюқликнинг эркин юзасидан ҳисобланади); f_1, f_2 - поршень ва труба қўндаланг кесимларининг юзаси; u – айланма тезлик; r - кривошип радиуси.

Рухсат этилган сўриш баландлигини аниқлаш учун 1-8 жадвалда келтирилган маълумотлардан фойдаланиш мумкин.

1-8 жадвал

Поршенли насосларнинг рухсат этилган сўриш баландлиги

$n, 1/c$	Сув температураси, °C						
	0	20	30	40	50	60	70
0,834	7,0	6,5	6,0	5,5	4,0	2,5	0
1,00	6,5	6,0	5,5	5,0	3,5	2,0	0
1,50	5,5	5,0	4,5	4,0	2,5	1,0	0
2,00	4,5	4,0	3,5	3,0	1,5	0,5	0
2,50	3,5	3,0	2,5	2,0	0,5	0	0
3,00	2,5	2,0	1,5	1,0	0	0	0

Вентиляторлар. Газларни сиқиш даражаси 1,15 да узатиш учун мўлжалланган машина вентилятор деб аталади. Саноат миқёсида марказдан қочма ва ўқли вентиляторлар энг кенг тарқалган машиналар қаторига киради. Ҳосил қиладиган босимига қараб вентиляторлар 3 гуруҳга бўлинади: паст босимли - <981 Па; ўртача босимли - 981-2943 Па; юқори босимли - 2943-11772 Па. Марказдан қочма вентиляторлар уччала гуруҳли, ўқли вентиляторлар эса – паст босимли, камдан-кам ҳолларда ўртача босимли бўлади.

Вентиляторларда босим кичик бўлгани учун газнинг термодинамик ҳолатини инобатга олмаслик ҳам мумкин. Шу сабабли, буларга сиқилмайдиган муҳитлар учун машиналар назариясини қўллаш мақсадга мувофиқ.

Вентиляторнинг зарур напори (м.газ уст.) ушбу формуладан топилади:

$$H = \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + h_n \quad (1.53)$$

бу ерда p_1 - сўриш патрубкисидаги босим; p_2 - ҳайдаш патрубкисидаги босим; h_n - сўриш ва ҳайдаш патрубкаларидаги жами напорнинг йўқотилиши.

Марказдан қочма вентиляторларнинг ф.и.к $\eta_n=0,6-0,9$, ўқлиники эса $\eta_n=0,7-0,9$. Агар вентилятор ўқи ва электр юриткич бевосита бирлаштирилган бўлса $\eta_{вз}=1$, камарли узатмада эса $\eta_{вз}=0,92$.

Марказдан қочма насосларнинг техник характеристикалари

Марка	Q , м ³ /соат	H , м.суюқ.уст	n , 1/с	"	Электр юриткич		
					тип	N , кВт	$\eta_{\text{ю}}$
X2/25 X8/18	$4,2 \cdot 10^{-4}$ $2,4 \cdot 10^{-3}$	25 11,3 18	50 48,3	- 0,40	АОЛ-12-2 АО2-31-2 BAO-31-2	1,1 3 3	- - 0,82
X8/30	$2,4 \cdot 10^{-3}$	17,7 24 30	48,3	0,50	АО2-32-2 BAO-32-2	4 4	- 0,83
X20/18	$5,5 \cdot 10^{-3}$	10,5 13,8 18	48,3	0,60	АО2-31-2 BAO-31-2	3 3	- 0,82
X20/31	$5,5 \cdot 10^{-3}$	18 25 31	48,3	0,55	АО2-41-2 BAO-41-2	5,5 5,5	0,87 0,84
X20/53	$5,5 \cdot 10^{-3}$	44 53	48,3	0,50	АО2-52-2 BAO-52-2	13 13	0,89 0,87
X45/21	$1,25 \cdot 10^{-2}$	13,5 17,3 21	48,3	0,60	АО2-51-2 BAO-51-2	10 10	0,88 0,87
X45/31	$1,25 \cdot 10^{-2}$	19,8 25 31	48,3	0,60	АО2-52-2 BAO-52-2	13 13	0,89 0,87
X45/54	$1,25 \cdot 10^{-2}$	32,6 42 54	48,3	0,60	АО2-62-2 АО2-71-2 АО2-72-2	17 22 30	0,88 0,88 0,89
X90/19	$2,5 \cdot 10^{-2}$	13 16 19	48,3	0,70	АО2-51-2 АО2-52-2 АО2-62-2	10 13 17	0,88 0,89 0,89
X90/33	$2,5 \cdot 10^{-2}$	25 29,2 33	48,3	0,70	АО2-62-2 АО2-71-2 АО2-72-2	17 22 30	0,88 0,90 0,90
X90/49	$2,5 \cdot 10^{-2}$	31,4 40 49	48,3	0,70	АО2-71-2 АО2-72-2 АО2-81-2	22 30 40	0,88 0,89 -
X90/85	$2,5 \cdot 10^{-2}$	56 70 85	48,3	0,65	АО2-81-2 АО2-82-2 АО2-91-2	40 55 75	- - 0,89
X160/29/2	$4,5 \cdot 10^{-2}$	20 24 29	48,3	0,65	BAO-72-2 АО2-72-2 АО2-81-2	30 30 40	0,89 0,89 -
X160/49/2	$4,5 \cdot 10^{-2}$	33 40,6 49	48,3	0,75	АО2-81-2 АО2-82-2 АО2-91-2	40 55 75	- - 0,89
X160/29	$4,5 \cdot 10^{-2}$	29	24,15	0,60	АО2-81-4	40	-
X280/29	$8 \cdot 10^{-2}$	21 25 29	24,15	0,78	АО2-81-4 АО2-82-4 АО2-91-4	40 55 75	- - 0,92
X280/72	$8 \cdot 10^{-2}$	51 62 72	24,15	0,70	АО-101-4 АО-102-4 АО-103-4	125 160 200	0,91 0,92 0,93
X500/25	$1,5 \cdot 10^{-1}$	19 25	16	0,80	АО2-91-6 АО2-92-6	55 75	0,92 -
X500/37	$1,5 \cdot 10^{-1}$	25 31,2 37	16	0,70	АО-102-6 АО-103-6	125 160	0,92 0,93

Кўп босқичли марказдан қочма насосларнинг техник характеристикалари

Насос типи	Q , м ³ /с	H , м суюқ.уст.	n , 1/с	η_n	N_n , кВт
ПЭ 65-40	$1,8 \cdot 10^{-2}$	440	50	0,65	108
ПЭ 65-53	$1,8 \cdot 10^{-2}$	580	50	0,65	143
ПЭ 100-53	$2,8 \cdot 10^{-2}$	580	50	0,68	210
ПЭ 150-53	$4,2 \cdot 10^{-2}$	580	50	0,70	305
ПЭ 150-63	$4,2 \cdot 10^{-2}$	700	50	0,70	370
ПЭ 250-40	$6,9 \cdot 10^{-2}$	450	50	0,75	370
ПЭ 250-45	$6,9 \cdot 10^{-2}$	500	50	0,75	410

Ўқли насосларнинг техник характеристикалари

Насос типи	Q , м ³ /с	H , м суюқ.уст.	n , 1/с	η_n
ОГ6-15	0,075	4,6	48,3	0,78
ОГ8-15	0,072	11,0	48,3	0,80
ОГ6-25	0,175	3,4	24,15	0,83
ОГ8-25	0,160	8,0	24,15	0,86
ОГ6-30	0,300	4,4	24,15	0,83
ОГ8-30	0,290	11,0	24,15	0,86
ОГ6-42	0,550	4,2	16	0,84
ОГ8-42	0,525	9,9	16	0,86
ОГ6-55	0,900	4,1	12,15	0,84
ОГ8-55	0,900	10,0	12,15	0,86
ОГ6-70	1,530	4,3	9,75	0,84
ОГ8-70	1,480	10,4	9,75	0,86
ОВ5-47	0,70	4,5	12,15	0,85
	0,90	8,0	12,15	0,85
ОВ8-47	0,70	11,0	16	0,86
ОВ5-55	1,45	11,0	16	0,85
ОВ6-55	0,94	4,5	12,15	0,84
	1,25	7,5	16	0,84
ОВ8-55	1,18	17,0	16	0,86
ОВ5-70	2,25	11,0	12,15	0,84
ОВ6-70	1,55	4,7	9,75	0,83
	1,90	7,3	12,15	0,83
ОВ8-70	1,85	16,0	12,15	0,86

Эслатма 1. Ушбу насослар таркибида қаттиқ фаза миқдори 0,3% ва температураси 35°C дан ошмаган сув (ёки қовушқоқлиги ва кимёвий фаоллиги бўйича сув га ўхшаши суюқликлар) ни узатиш учун мўлжалланган. 2. ОГ - ўқи горизонтал жойлаштирилган; ОВ - вертикал ўқли.

1-9...1-16 жадвалларда кимё саноатида қўлланиладиган насосларнинг техник характеристикалари келтирилган. 1-9...1-12 жадвалларда берилган напор ва унумдорлик қийматлари оптимал ф.и.к га мос келади.

1-12 жадвал

Ўқли циркуляцион насосларнинг техник характеристикалари

Насос типи	Q, м ³ /с	H, м.суюқ.уст	n, 1/с	Электр юриткич		
				тип	N _н , кВт	η _ю
ОХ2- 23Г	0,111	4,5	24,1	АО2-62-4	17	0,89
ОХ6-34ГА	0,278	4,5	24,5	АО2-81-4	40	-
ОХ6-34Г	0,444	4,5	24,5	АО2-82-4	55	-
ОХ6-46Г	0,693	4	16,4	МА-36-51 /6	100	0,91
ОХ6-54 Г	0,971	4,5	16,3	АО-102-6М	125	0,92
ОХ6-70ГС-1	1,75	4,5	12,2	АО (ДА 30) 12-35-8	200	-
ОХ6-70ГС-2	2,22	4,5	12,2	АО (ДА 30) 12-55-8	250	-
ОХ6-87Г-1	2,22	3,5-4,5	9,8	АО (ДА 30) 13-55-10	320	-
ОХ6-87Г-2	2,78	3,5-4	9,8	АО (ДА 30) 13-55-10	320	-

Эслатма. Ушбу насослар температуре 150°C ва зичлиги 1500 кг/м³гача бўлган агрессив суюқликларни циркуляция қилиш учун мўлжалланган (насос ОХ6-46Г - 106 °С гача, насос ОХ6-87Г 2 - 137 °С гача).

1-13 жадвал

Уюрмавий насослар (кичик унумдорлик) техник характеристикалари

Насос типи	Q, м ³ /с	H, м суюқ.уст.	n, 1/с	η _н
ВС-0,5/18	0,00040	24	24,15	0,38
	0,00050	18		
	0,00058	12		
ВК 1/16	0,00080	22	24,15	0,25
	0,00100	16		
	0,00106	14		
ВК-1,25/25	0,00110	29	24,15	0,27
	0,00125	25		
	0,00140	21		

Эслатма. Таркибида қаттиқ заррача йўқ ва температураси 85°C юқори бўлмаган сув ва бошқа суюқликларни узатиш учун режаслаштирилган.

1-14 жадвал

Унумдорлиги ростланадиган плунжерли насослар характеристикалари

Насос тури	Q, м ³ /с	H, м.суюқ.уст.	Электр юриткич			
			тип	n, 1/с	N, кВт	η _ю
НД 630/10	1,75·10 ⁻⁴	100	ВАО-21-4	25	1,1	0,76
НД 1000/10	2,78·10 ⁻⁴	100	АО2-31-4	25	2,2	-
НД 1600/10	4,45·10 ⁻⁴	100	АО2-32-4	25	3,0	-
			ВАО-32-4	-	3,0	0,82
НД 2500/10	6,95·10 ⁻⁴	100	АО2-32-4	25	3,0	-
			ВАО-32-4	-	3,0	0,82
ДК-64	1,75·10 ⁻⁴	630	ВАО-21-4	25	3,0	0,82
ХТр 10/100	2,78·10 ⁻⁴	1000	ВАО-82-2	-	55	-

Эслатма. 1. Ушбу насослар температураси 200°C гача бўлган нейтрал ва фаол суюқликларни қадоқлаб узатиш учун мўлжалланган. 2. Жадвалда максимал унумдорлик ва напорлар қийматлари келтирилган.

1-15 жадвал

Марказдан қочма вентиляторлар техник характеристикалари

Насос типи	Q , м ³ /с	ρgH , Па	n , 1/с	η_n	Электр юриткич		
					ТИП	N_n , кВт	$\eta_{ю}$
В-Ц14-46-5К-02	3,67	2360	24,1	0,71	A02-6I-4	13	0,88
	4,44	2450			A02-62-4	17	0,89
	5,55	2550			A02-71-4	22	-
В-Ц14-46-8К-02	5,28	1770	16,15	0,73	A02-62-6	13	0,88
	6,39	1820			A02-71-6	17	0,90
	7,78	1870			A02-72-6	22	0,90
В-Ц14-46-8К-02	6,94	2450	16	0,70	A02-82-6	30	-
	9,72	2600			A02-82-6	40	-
	11,95	2750			A02-91-6	55	0,92
В-Ц12-49 8-01	12,50	5500	24,15	0,68	4A280S4	110	-
	15,25	5600			4A280M4	132	-
	18,0	5700			4A315S4	160	-
ЦП-40-8К	1,39-6,95	1470-3820	26,65	0,61	-	-	-
Кичик унумдорли вентиляторлар							
марка	Q , м ³ /с	ρgH , Па	n , 1/с	марка	Q , м ³ /с	ρgH , Па	n , 1/с
Ц1-181,5	0,050	618	46,7	Ц1 -1450	0,402	2450	46,7
Ц1-354	0,098	967	46,7	Ц1-2070	0,575	1280	46,7
Ц1-690	0,192	1500	46,7	Ц1-4030	1,120	2840	46,7
Ц1-1000	0,278	1110	46,7	Ц1-8500	2,360	3280	46,7

1-16 жадвал

Газодувкалар техник характеристикалари

Марка	Q , м ³ /с	ρgH , Па	n , 1/с	Электр юриткич		
				тип	N_n , кВт	$\eta_{ю}$
ТВ-25-1,1	0,833	10 000	48,3	A02-71-2	22	0,88
ТВ-100-1,12	1,67	12 000	48,3	A02-81-2	40	-
ТВ-150-1,12	2,50	12 000	48,3	A02-82-2	55	-
ТВ-200-1,12	3,33	12 000	48,3	A02-91-2	75	0,89
ТВ-250-1,12	4,16	12 000	49,3	A02-92-2	100	0,91
ТВ-350-1,06	5,86	6 000	48,3	A02-82-2	55	-
ТВ 450-1,08	7,50	8 000	49,5	A2-92-2	125	0,94
ТВ-500-1,08	8,33	8 000	50,0	BAO-315S-2	132	-
ТВ-600-1,1	10,0	10 000	49,4	A3-315M-2	200	-
РГН-1200А	0,167	30 000	16,7	A02-62-6	13	-
2А-34	0,630	80 000	25,0	4A250-S443	75	-
ТВ-42-1,4	1,0	40 000	48,3	A02-82-2	55	-
ТВ 50-1,6	1,0	60 000	49,3	A02-92-2	100	-
ТВ-80-1,2	1,67	20 000	48,3	A02-82-2	55	-
ТГ 170 1.1	2,86	28 000	49,3	A02-92-2	100	-
ТГ-300-1,18	5,0	18 000	50,0	BAO-315M-2	160	-

Эслатма. $\rho gH \leq 1200$ Па бўлган газодувкалар юқори босимли вентилятор деб ҳисоблаш керак; газодувки с $\rho gH \leq 1800$ Па бўлган газодувкаларни компрессорлар деб ҳисоблаш зарур.

Мисол 1-1. Ортиқча босими 0,1 МПа бўлган қурилмага усти очиқ идишдан температураси 20°C бўлган сувни узатиш учун насос ҳисоблансин ва танлансин. Сув сарфи $1,2 \cdot 10^{-2}$ м³/с. Сувни кўтариш баландлиги 15 м. Сўриш линиясида труба қувурининг узунлиги 10 м, ҳайдаш линиясида 40 м. Ҳайдаш линиясида иккита 120° ли, ўнта 90° ли

бурилишлар ва иккита кентиль ўрнатилган. Сўриш линиясида эса иккита вентиль, тўртта 90° ли бурилишлар мавжуд.

Сув тўлдирилган идиш устидан 4 м баландликка насос ўрнатиш мумкинлиги текширилсин.

а) Труба қувурини танлаш.

Сўриш ва ҳайдаш линияларида бир хил тезлик, яъни 2 м/с ни қабул қиламиз. Унда, (1.8) формуладан труба қузури диаметрини аниқлаймиз:

$$d = \sqrt{4 \cdot 1,2 \cdot 10^{-2} / 3,14 \cdot 2} = 0,088 \text{ м}$$

Труба қувурининг коррозия сезиларли эмас деб қабул қиламиз.

б) Ишқаланиш ва маҳаллий қаршиликлар туфайли йўқотилишларни топамиз. Бунинг учун Рейнольдс критерийсини ҳисоблаймиз:

$$Re = \frac{wd\rho}{\mu} = \frac{2 \cdot 0,088 \cdot 998}{1,005 \cdot 10^{-3}} = 174800$$

Ушбу сон қийматда суюқлик ҳаракати турбулент. Труба қувурининг абсолют ғадир-будурлигини $\Delta=2 \cdot 10^{-4}$ м деб қабул қиламиз. Унда,

$$e = \frac{\Delta}{d} = \frac{0,0002}{0,088} = 0,00227$$

Сўнг ушбу қийматларни оламиз:

$$\frac{1}{e} = 441; \quad 560 \frac{1}{e} = 247000; \quad 10 \cdot \frac{1}{e} = 4410; \quad 4410 < Re < 247000$$

Шундай қилиб, труба қузурида аралаш ишқаланиш режими мавжуд бўлгани учун, гидравлик қаршилик коэффиценти λ ни ушбу формуладан ҳисоблаб топамиз:

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(e + \frac{68}{Re} \right) = 0,11 \cdot \left(0,00227 + \frac{68}{174800} \right)^{0,25} = 0,11 \cdot 0,00266^{0,25} = 0,025$$

Маҳаллий қаршилик коэффицентларининг йиғиндисини топамиз.

Сўриш линиясида:

1) трубага кириш (ўткир қиррали): $\xi_1=0,5$;

2) нормал вентиль учун: $d=0,076$ м да $\xi=0,6$; $d=0,1$ м да $\xi=0,5$; экстраполяция қилиб, $d=0,088$ м учун $\xi=0,55$.

Тузатиш коэффиценти $k=0,925$ учун $\xi=0,51$.

3) бурилишлар: коэффицент $A = 1$ коэффицент $B = 0,09$; $\xi=0,009$.

Сўриш линиясидаги ҳамма маҳаллий қаршилик коэффицентларининг йиғиндиси:

$$\Sigma \xi = \xi_1 + 2\xi_2 + 4\xi_3 = 0,5 + 1,02 + 0,36 = 1,88$$

Сўриш линиясида напорнинг йўқотилиши (1.2) формуладан топилади:

$$h_{н.вс.} = \left(\lambda \frac{l}{d} + \Sigma \xi \right) \cdot \frac{w^2}{2g} = \left(0,025 \frac{10}{0,088} + 1,88 \right) \frac{2^2}{2 \cdot 9,81} = 0,962 \text{ м}$$

Хайдаш линиясида:

1) 120° бурилиш: $A = 1,17$; $B = 0,09$; $\xi = 0,105$.

2) 90° бурилиш: $\xi_2 = 0,09$;

3) нормал венти́ллар: $d = 0,088$ м учун $\xi = 4,0$, $d = 0,1$ м учун $\xi = 4,1$, $d = 0,088$ м учун $\xi = 4,04$.

4) трубадан чиқиш: $\xi_4 = 1$;

Хайдаш йўлидаги ҳамма маҳаллий қаршилиқлар йиғиндиси:

$$\Sigma \xi = 2\xi_1 + 10\xi_2 + 2\xi_3 + \xi_4 = 2 \cdot 0,105 + 10 \cdot 0,09 + 2 \cdot 4,04 + 1 = 10,02$$

Хайдаш йўлида йўқотилган напор:

$$h_{n.наз.} = \left(0,025 \frac{40}{0,088} + 10,02 \right) \frac{2^2}{2 \cdot 9,81} = 4,396 \text{ м}$$

Напорнинг умумий йўқотилиши:

$$h_n = h_{n.ес.} + h_{n.наз.} = 0,962 + 4,396 = 5,358 \text{ м}$$

в) Насосни танлаш.

Насосга зарур напорни қуйидаги формуладан топамиз:

$$H = \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + h + h_n = \frac{0,1 \cdot 10^6}{998 \cdot 9,81} + 15 + 5,358 = 30,6 \text{ м.сுவ.уст.}$$

Бундай напорни белгиланган иш унумдорликда бир босқичли марказдан қочма насос таъминлайди (1-9 жадвал). Ихчамлиги, ф.и.к. юқорилиги ва турли электр юриткичлар билан комбинациялаш қулайлиги, ҳамда саноат миқёсида кенг тарқалгани учун ушбу насоснинг бошқа кўрсаткичларини кўриб чиқамиз.

Насоснинг фойдали қувватини (1.32) формуладан топамиз:

$$N_n = 998 \cdot 9,81 \cdot 0,012 \cdot 30,6 = 3595 \text{ Вт} = 3,595 \text{ кВт}$$

$\eta_{пер} = 1$ ва $\eta_n = 1$ (ўртача унумдорликка эга насос учун) деб қабул қилиб, (1.34) формула ёрдамида электр юриткич ўқидаги қувватни аниқлаймиз:

$$N = \frac{N_n}{\eta_n \cdot \eta_{уз}} = \frac{3,595}{0,6 \cdot 1} = 6 \text{ кВт}$$

1-9 жадвалдан берилган напор ва унумдорлик бўйича Х45/31 русумли марказдан қочма насосни танлаймиз. Оптимал ишлаш шароитида насоснинг кўрсаткичлари қуйидагича:

$$Q = 1,25 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3 / \text{с};$$

$$H = 31 \text{ м};$$

$$\eta_n = 0,6$$

Насос қуввати $N = 13$ кВт, электр юриткич ф.и.к. $\eta_{эю} = 0,89$ ва айланиш частотаси $n = 48$ с⁻¹ ли номинал қувватга эга бўлган А02-52-2 русумли электр юриткич ўрнатилган.

г) Чегаравий сўриш баландлигини аниқлаш: (1.40) формула ёрдамида кавитацияга бўлган напор захирасини ҳисоблаймиз:

$$h_3 = 0,3 \cdot (0,012 \cdot 48,3^2)^{2/3} = 2,77 \text{ м}$$

Тўйинган сув буғи босимининг жадвалидан 20°C температурада унинг босими $p_t = 2,35 \cdot 10^3$ Па эканлигини топамиз [26]. Атмосфера босими $p = 10^5$ Па, сўриш патрубканинг диаметри труба қувурининг диаметрига тенг деб қабул қиламиз.

Унда (1.38) формуладан қуйидагини аниқлаймиз:

$$H_{ec} \leq \frac{10^5}{998 \cdot 9,81} \cdot \left(\frac{2,35 \cdot 10^3}{998 \cdot 9,81} + \frac{2^2}{2 \cdot 9,81} + 0,962 + 2,77 \right) = 6,04 \text{ м}$$

Шундай қилиб, $6,04 > 4$ бўлгани учун насосни 4 м баландликка ўрнатиш мумкин.

Мисол 1-2. Адсорбернинг остидан ҳавони узатиш учун вентилятор ҳисоблансин ва танлансин. Ҳаво сарфи $V = 0,825 \text{ м}^3/\text{с}$, температураси 20°C. Атроф муҳитдаги ҳаво ва адсорбент қатлами устидаги босим атмосфера босимига тенг. Сорбент заррачаларининг зичлиги $\rho_m = 800 \text{ кг/м}^3$, ўртача ўлчами $d_v = 0,00205 \text{ м}$, шакл омили $\Phi = 0,8$. Қўзғалмас сорбент қатламининг баландлиги 0,95 м, ғоваклилиги $\varepsilon = 0,4$. Адсорбер ички диаметри $D = 1,34 \text{ м}$. Ҳавони сўриб олиш штуцеридан адсорбергача 20 м. Труба қувурида 4 та 90° ли тирсак ва 1 та задвижка ўрнатилган.

Қатлам ҳолатини аниқлаймиз.

Курилмада ҳавонинг сохта тезлиги:

$$w_0 = 4V / \pi D^2 = 4 \cdot 0,825 / (3,14 \cdot 1,34^2) = 0,584 \text{ м/с}$$

Архимед критерийсини (1.25) формула ёрдамида топамиз:

$$Ar = \frac{(0,00205)^3 \cdot 1,206 \cdot 9,81 (800 - 1,206)}{(1,85 \cdot 10^{-5})^2} = 2,38 \cdot 10^5$$

Re_{mk} ни (1.26) формула ёрдамида аниқлаймиз:

$$Re_{mk} = \frac{2,38 \cdot 10^5}{1400 + 5,22 \sqrt{2,38 \cdot 10^5}} = 126$$

Мавҳум қайнаш бошланиши тезлигини (1.27) формула ёрдамида ҳисобланади:

$$w_{mk} = \frac{126 \cdot 1,85 \cdot 10^{-5}}{0,00205 \cdot 1,206} = 0,943 \text{ м/с}$$

Шундай қилиб, $w_0 < w_{mk}$ ва қатлам қўзғалмас ҳолатда бўлади. Қатламдаги Рейнольдс сонини (1.14) орқали топамиз:

$$Re = \frac{2 \cdot 0,8}{3(1 - 0,4)} \cdot \frac{0,584 \cdot 0,00205 \cdot 1,206}{1,85 \cdot 10^{-5}} = 69,4$$

Коеффициент λ қийматини (1.11) ёрдамида ҳисобланади:

$$\lambda = 133/69,4 + 2,34 = 4,26$$

Қатлам гидравлик қаршилиги (1.13) формуладан топилади:

$$\Delta p_c = \frac{3 \cdot 4,26 \cdot 0,95(1 - 0,4) \cdot 1,206 \cdot 0,584^2}{4 \cdot 0,8 \cdot 0,4^3 \cdot 0,00205} = 7137 \text{ Па}$$

Адсорбер газ тақсимлаш панжараси ва бошқа ёрдамчи мосламаларининг гидравлик қаршилиги қатлам қаршилигининг 10% ни ташкил этади. Унда, қурилма гидравлик қаршилиги қуйидагига тенг бўлади: ниқланади

$$\Delta p_a = 7137 \cdot 1,1 = 7850 \text{ Па}$$

Труба қувирида ҳавонинг тезлигини $w=15$ м/с деб қабул қиламиз. Унда труба қувирунинг диаметри (1.8) формуладан аниқланади:

$$d = \sqrt{4 \cdot 0,825 / 3,14 \cdot 15} = 0,266 \text{ м}$$

Труба қувиридаги оқим учун Рейнольдс сони қуйидагига тенг:

$$\text{Re} = \frac{15 \cdot 0,266 \cdot 1,206}{1,85 \cdot 10^{-5}} = 260100$$

Труба эксплуатацияда бўлган деб қабул қиламиз. Унда $\Delta=0,15$ мм.

$$e = \frac{1,5 \cdot 10^{-4}}{0,266} = 5,64 \cdot 10^{-4} \qquad \frac{1}{e} = 1773$$

$$10 \frac{1}{e} = 17730 \qquad 560 \frac{1}{e} = 993000$$

$$17730 < \text{Re} = 260100 < 993000$$

Шундай қилиб, коэффициент λ ни аралаш ишқаланиш соҳаси учун ушбу формула ёрдамида қилиш мақсадга мувофиқ:

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(e + \frac{68}{\text{Re}} \right) = 0,11 \cdot \left(0,000564 + \frac{68}{260100} \right)^{0,25} = 0,0186$$

Маҳаллий қаршилик коэффициентлар қийматларини топамиз:

1) трубага кириш (ўткир киррали): $\xi_1 = 0,5$;

2) задвижка: $d=0,266$ м ли учун $\xi_2 = 0,18$

3) тирсак: $\xi_3 = 1,1$

4) трубадан чиқиш: $\xi_4 = 1$

Маҳаллий қаршилик коэффициентлар йиғиндис:

$$\Sigma \xi = 0,5 + 0,18 + 4 \cdot 1,1 + 1 = 6,08$$

Труба қувурининг гидравлик қаршилиги:

$$\Delta p_{II} = \left(0,0186 \frac{20}{0,266} + 6,08 \right) \frac{1,206 \cdot 15^2}{2} = 1015 \text{ Па}$$

Вентилятор таъминлаши керак бўлган ортиқча босим:

$$\Delta p = \Delta p_a + \Delta p_{II} = 7850 + 1015 = 8865 \text{ Па}$$

Шундай қилиб, ўртача босимли вентилятор зарур. Фойдали қувват (1.32) формула орқали аниқланади:

$$N_{\phi} = \rho g V H = V \cdot \Delta p = 8865 \cdot 0,825 = 7313 \text{ Вт} = 7,313 \text{ кВт}$$

$\eta_{пер}=1$ ва $\eta_n=0,6$ деб қабул қилиб, (1.34) формула ёрдамида қувватни ҳисоблаймиз:

$$N = \frac{7,313}{0,6} = 12,2 \text{ кВт}$$

Олинган натижалар асосида ТВ-25-1,1 русумли турбогазодувка танлаймиз (1-8 ва 1-9 жадваллар). Унинг характеристикалари қуйидагича:

- $Q = 0,833 \text{ м}^3 / \text{с}$;
- $\Delta p = \rho g H = 10000 \text{ Па}$;
- электр юриткич АО2-71-2;
- $N = 22 \text{ кВт}$;
- $\eta_{ог} = 0,88$.

1.8. Икки фазали оқимлар гидродинамик параметрларини ҳисоблаш

Кимёвий технологиянинг кўпчилик жараёнларида - абсорбция, ректификация, экстракция ва бошқаларда икки фазали оқимлар, чунончи, барботаж, юпқа қатламда суюқликлар ҳаракатланади [12].

Мисол 1-3. Эркин барботаж учун, яъни суюқлик қатлами орқали алоҳида пуфакчалар эркин сузиб чиқиш жараёнида пуфакча диаметри ушбу формуладан топилади:

$$d_n = \sqrt[3]{\frac{6d_0\sigma}{g(\rho_{жс} - \rho_z)}} \quad (1.54)$$

бу ерда d_0 - пуфакча ҳосил бўлаётган тешик диаметри;

Вақт бирлигида тешикчада ҳосил бўлаётган пуфакчалар сони:

$$n = \frac{6V}{\pi d_n^3}$$

бу ерда V – газ ҳажмий сарфи.

Занжирли барботаж даврида пуфакча диаметри ушбу формулада ҳисобланади: ламинар режим учун:

$$d_n = \sqrt[4]{\frac{108 \cdot \mu_{жс} \cdot V}{\pi \cdot g(\rho_{жс} - \rho_z)}}$$

турбулент режим учун

$$d_n = \sqrt[5]{\frac{72 \cdot \rho_{жс} \cdot V^2}{\pi^2 \cdot g \cdot (\rho_{жс} - \rho_z)}}$$

Суюқликда пуфакча ҳаракатини, яъни ламинар ва турбулент режимни ажратиб турувчи Рейнольдс критерийсининг қиймати $Re=9$ га тенг.

Рейнольдс критерийсининг сон қиймати қуйидагича аниқланади:

$$Re_n = \frac{w_n \cdot d_n \cdot \rho_{жс}}{\mu_{жс}}$$

бу ерда w_n - пуфакчанинг сузиб чиқиш тезлиги ушбу формуладан топилади:
ламинар режим учун:

$$w_n = \frac{d_n^2 (\rho_{жс} - \rho_{г}) g}{18 \mu_{жс}}; \quad (1.55)$$

турбулент режим учун

$$w_n = 0,70 \sqrt{\frac{d_n (\rho_{жс} - \rho_{г}) g}{\rho_{жс}}}. \quad (1.56)$$

Пуфакчанинг эркин сузиб чиқишининг занжирли барботажга ўтишига оид газ сарфининг критик қийматлари ушбу формуладан аниқланади:

$$\text{ламинар режим учун:} \quad V_{кр} = \sqrt{\frac{0,03 \sigma^4 \cdot d_0^4}{\mu_{жс}^3 (\rho_{жс} - \rho_z) g}}; \quad (1.57)$$

турбулент режим учун

$$V_{кр} = \sqrt[6]{\frac{20 \sigma^5 d_0^5}{\rho_{жс}^3 (\rho_{жс} - \rho_z)^2 g^2}} \quad (1.58)$$

Барботаж даврида босимнинг йўқотилиши Δp_6 қуйидаги қийматлардан йиғилади:

$$\Delta p_6 = \Delta p_{\sigma} + \Delta p_{CT} + \Delta p_n \quad (1.59)$$

бу ерда $\Delta p_{\sigma} = 4\sigma / d_{0n}$ - сиртий таранглик кучларини енгиш учун зарур босим; $\Delta p_{CT} = h \rho_{жс} g$ - қурилмадаги h баландликка эга суюқликнинг устунинг босими; Δp_n - тешик қаршилигини енгиш учун сарфланган босим йўқотилиши.

Барботаж даврида фазалараро юза суюқлик ҳажмидаги пуфакчалар юзаларининг йиғиндисини орқали топилади:

эркин барботаж учун

$$F = \frac{6V}{w_{II} \cdot d_{II}} \cdot h \quad (1.60)$$

занжирли барботаж учун

$$F = \pi d_{II} h \quad (1.61)$$

Юқорида келтирилган формулаларни фақат пуфакчалар диаметри ≤ 1 мм бўлганда қўллаш тавсия этилади. Йирик пуфакчалар сузиб чиқиш даврида деформацияланади ва эллипссимон ва ярим сферик шакли олиб, спиралсимон ҳаракат қилади. Катта тезликда пуфакчалар бир-бирига қўшилаб йириклашади ва тешик маълум бир масофада бузулади ва кўпикка айланади. Кўпикда пуфакчалар ўлчами турлича бўлади. Уларни ифодалаш учун ўртача ҳажмий-юзавий диаметр ишлатилади $d_{cp} = 6\varepsilon/a$ (бу ерда ε - кўпикдаги газ миқдори, a - солиштирма юза).

Мисол 1-4. Якка тешикдан чиқаётган пуфакчаларнинг контакт юзасини қуйидаги маълумотлар асосида аниқлаш зарур: тешик диаметри $d_o=2 \cdot 10^{-5}$ м; қурилмада суюқлик қатламининг баландлиги $h=0,5$ м; газ сарфи $V=3 \cdot 10^{-8}$ м³/с; газ зичлиги $\rho_g=1,2$ кг/м³; суюқлик зичлиги $\rho_{жс}=1000$ кг/м³; суюқлик қовушқоқлиги $\mu_{жс}=1 \cdot 10^{-3}$ Па·с; сиртий таранглик $\sigma=0,07$ Н/м.

(1.57) ва (1.58) формулалар ёрдамида барботаж турини аниқлаймиз:

$$V_{кр} = \sqrt[3]{\frac{0,3(0,07)^4 (2 \cdot 10^{-5})^4}{(1 \cdot 10^{-3})^3 (1000 - 1,2) \cdot 9,81}} = 2,27 \cdot 10^{-7} \text{ м / с}$$

$$V_{кр} = \sqrt[6]{\frac{20(0,07)^5 (2 \cdot 10^{-5})^5}{1000^3 (1000 - 1,2)^2 \cdot 9,81^2}} = 3,21 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3 / \text{с}$$

Белгиланган газ сарфи критик тезликдан кичик бўлгани учун эркин барботаж ҳолати мавжуд бўлади.

(1.54) формула ёрдамида пуфакча диаметрини аниқлаймиз:

$$d_{II} = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 2 \cdot 10^{-5} \cdot 0,07}{9,81 \cdot (1000 - 1,2)}} = 9,27 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

пуфакча сузиб чиқиш тезлиги:

$$w_{II} = 0,7 \sqrt{\frac{9,27 \cdot 10^{-4} (1000 - 1,2) \cdot 9,81}{1000}} = 6,67 \cdot 10^{-2} \text{ м / с}$$

Критерий Рейнольдсн Re ҳисоблаймиз:

$$Re_{II} = \frac{6,67 \cdot 10^{-2} \cdot 9,27 \cdot 10^{-4} \cdot 1000}{10^{-3}} = 61,8$$

Шундай қилиб, пуфакчалар турбулент $Re_n > Re_{н.кр.}$ сузиб чиқмоқда ва (1.56) формула тўғри танланган.

(1.60) формуладан контакт юзасини топамиз:

$$F = \frac{6 \cdot 3 \cdot 10^{-8}}{6,67 \cdot 10^{-2} \cdot 9,27 \cdot 10^{-4}} = 1,45 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Суюқликнинг юпқа қатламли ҳаракати. Вертикал деворда оғирлик кучи таъсири суюқликнинг юпқа қатламда ҳаракатланганда 3 та режим мавжуд бўлиши мумкин [1]: текис юзали ламинар ҳаракат ($Re_{ю.к.} < 30$), текистўлқинсимон юзали ламинар ҳаракат ($Re_{ю.к.} \cong 30-160$), турбулент ҳаракат ($Re_{ю.к.} > 160$). Суюқлик юпқа қатлами учун Рейнольдс критерийси ушбу $Re_{ю.к.} = 4\Gamma / \mu_{жс}$ формуладан топилади (бу ерда Γ – суюқликни пуркашнинг чизиқли зичлиги).

Ламинар режимда суюқлик юпқа қатламининг ўртача тезлиги $w_{ю.к.}$ ва унинг қалинлиги $\delta_{ю.к.}$ қуйидаги тенгламалар орқали аниқланади:

$$w_{юк} = \sqrt[3]{\Gamma^2 g / 3\mu_{жс} \rho_{жс}} \quad (1.62)$$

$$\delta_{\text{юк}} = \sqrt[3]{3\Gamma\mu_{\text{жс}} / \rho_{\text{жс}}^2 g} \quad (1.63)$$

Турбулент режимда суюқлик юпқа қатламининг ўртача тезлиги $w_{\text{ю.к.}}$ ва унинг қалинлиги $\delta_{\text{ю.к.}}$ қуйидаги эмпирик тенгламалар орқали аниқланади [14, 15]:

$$w_{\text{юк}} = 2,3 \cdot \left(\frac{g}{\rho_{\text{жс}}} \right)^{1/3} \cdot \frac{\Gamma^{7/15}}{\mu_{\text{жс}}^{2/15}} \quad (1.64)$$

$$\delta_{\text{юк}} = 0,433 \cdot \frac{\mu_{\text{жс}}^{2,15} \cdot \Gamma^{8/15}}{g^{1/3} \cdot \rho_{\text{жс}}^{2/3}} \quad (1.65)$$

Ҳисоблаш формулаларини соддалашт ириш учун юпқа қатлам қалинлиги ўрнига келтирилган қалинлик $\delta_{\text{к}}$ ни қўллаш мумкин:

$$\delta_{\text{к}} = \left(\frac{\mu_{\text{жс}}^2}{g \cdot \rho_{\text{жс}}^2} \right)^{0,33} \quad (1.66)$$

(1.62)-(1.65) тенгламаларни юпқа қатламли суюқлик ёнида газ ҳаракатланса ва унинг тезлиги < 3 м/с бўлганда қўллаш мумкин.

Бу турдаги қурилмарда гидравлик қаршилик ушбу формуладан топилади:

$$\Delta p = \xi \frac{\ell}{d_{\text{экв}}} \cdot \frac{\rho_{\text{г}} \cdot w_{0\text{г}}^2}{2} \quad (1.67)$$

бу ерда $w_{0\text{г.}}$ газнинг суюқликка нисбатан тезлиги; $w_{0\text{г.}} = w_{\text{г.}} \pm w_{\text{ю.к.}}$ (плюс ва минус ишоралар тегишли равишда қарама-қарши ва параллел ҳаракатларга оид).

Қаршилик коэффиценти ξ ушбу эмпирик тенгламалардан аниқланади.

Қарама-қарши ҳаракат:

$$Re_{0\text{г.}} < Re_{0\text{г.кр}} \quad \text{да} \quad \xi = \frac{86}{Re_{0\text{г.}}} \quad (1.68)$$

$$Re_{0\text{г.}} < Re_{0\text{г.кр}} \quad \text{да} \quad \xi = \frac{0,11 + 0,9(w_{\text{юк}} \mu_{\text{ж}} / \sigma)^{2/3}}{0,16} \quad (1.69)$$

Рейнольдс критерийси ушбу формуладан ҳисобланади:

$$Re_{0\text{г.}} = \frac{w_{0\text{г.}} \cdot d_{\text{экв}} \cdot \rho_{\text{г}}}{\mu_{\text{г}}}$$

$Re_{0\text{г.кр}}$ нинг критик қиймати ушбу формуладан топилади:

$$Re_{0\text{г.кр.}} = \left[\frac{86}{0,11 + 0,9(w_{\text{юк}} \cdot \mu_{\text{ж}} / \sigma)^{2/3}} \right]^{1,19} \quad (1.70)$$

Насадкали колонналарда ишчи тезлик, гидравлик қаршилик ва бошқа гидродинамик параметрлар қуйидаги ишларда келтирилган [5,8,28].

Мисол 1-5. Юпқа қатламли трубади вертикал қурилмада газ ва суюқлик қарама-қарши ҳаракатланганда гидравлик қаршилик аниқлансин. Бошланғич маълумотлар: труба узунлиги $l=2$ м; ички диаметри $d=0,02$ м; трубалар сони $n=1000$; суюқлик сарфи $L=0,3$ кг/с;

зичлиги $\rho_{жс}=1000 \text{ кг/м}^3$; қовушқоқлиги $\mu_{жс}=5 \cdot 10^{-4} \text{ Па}\cdot\text{с}$; сиртий таранглик $\sigma=0,067 \text{ Н/м}$; газ сарфи $G=0,05 \text{ кг/с}$; зичлиги $\rho_{жс}=1 \text{ кг/м}^3$; динамик қовушқоқлиги $\mu_s=2 \cdot 10^{-4} \text{ Па}\cdot\text{с}$.

(1.67) формуладаги ҳамма параметрларни топамиз. Газ тезлиги:

$$\mu_{\Gamma} = \frac{4G}{\rho_{\Gamma} n \pi d^2} = \frac{0,05 \cdot 4}{1 \cdot 1000 \cdot 3,14 \cdot 0,02^2} = 1,594 \text{ м/с}$$

Юпқа қатлам учун $Re_{ю.к.}$ ни аниқлаймиз. Бунинг учун аввал параметр Γ ни ҳисоблаймиз:

$$\Gamma = L / 100 \pi d = 0,3 / 100 \cdot 3,14 \cdot 0,02 = 0,0477 \text{ кг/(с}\cdot\text{м)}$$

$$Re_{юк} = \frac{4 \cdot 0,0477}{5 \cdot 10^{-4}} = 382$$

Шундай қилиб, юпқа қатламнинг ламинар режими учун (1.62) формулани қўлаш мумкин:

$$w_{юк} = \sqrt[3]{\frac{0,0477^2 \cdot 9,81}{3 \cdot 5 \cdot 10^{-4} \cdot 1000}} = 0,246 \text{ м/с}$$

Газнинг нисбий тезлиги

$$w_{оз} = 1,594 + 0,246 = 1,84 \text{ м/с}$$

(1.63) формула ёрдамида оқиб тушаётган юпқа қатлам қалинлигини аниқлаймиз:

$$\delta_{юк} = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 0,0477^2 \cdot 5 \cdot 10^{-4}}{1000 \cdot 9,81}} = 1,96 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

Эквивалент диаметрни труба ички диаметрига тенг деб олсак бўлади, яъни $d_s=0,02 \text{ м}$.

Гидравлик қаршилик коэффиценти ξ ни ҳисоблаш учун формула танлаш учун (1.70) формуладан $Re_{о.з.}$ ва $Re_{о.з.кр}$ ларни ҳисоблаймиз:

$$Re_{оз.кр} = \left[\frac{86}{0,11 + 0,9(0,246 \cdot 5 \cdot 10^{-4} / 0,067)^{2/3}} \right]^{1,19} = 2414$$

$$Re_{оз} = \frac{1,84 \cdot 0,02}{2 \cdot 10^{-5}} = 1840$$

$Re_{о.з.} < Re_{о.з.кр}$ бўлгани учун (1.68) формуладан фойдаланамиз. Унда $\xi = 86 : 1840 = 0,0467$

Курилманинг гидравлик қаршилиги:

$$\Delta p = 0,0467 \frac{2}{0,02} \cdot \frac{1 \cdot 1,84^2}{2} = 7,7 \text{ Па}.$$

Томчи учиб чиқишининг сабаби иккита: майда томчиларнинг учиб чиқиш тезлиги газникига қараганда кичик. Учиб чиқиш тезлигини аниқлаш учун (1.28) ва (1.29) формулалардан фойдаланиш мумкин. Учиб чиқаётган зарачаларнинг (асосий) қисмини ҳосил бўлаётган даврда катта кинетик энергия олган йирик томчилар ташкил этади. Томчининг учиб чиқишининг қиймати тўкнашиш мосламаси, фазаларнинг ҳаракат тезлиги, газ (буғ) ва суюқликнинг физик-кимёвий хоссалари ва бошқа омилларга боғлиқ бўлиб, эмпирик формулалар ёрдамида топилади. Барботажли масса алмашилиш қурилмаларида томчининг учиб чиқиш тезлигини ҳисоблаш формулалари қуйидаги ишларда келтирилган [3,8,9]. Буғлатиш қурилмаларида томчиларнинг учиб чиқиши ушбу монографияда берилган [12].

Юпқа қатламли абсорбцион қурилмаларда газ фазасининг тезли жуда юқори бўлгани учун томчиларнинг учиб чиқиши фазаларнинг параллел ҳаракатида салмоқли.

Фазаларнинг юқорига қараб параллел ҳаракатидаги томчиларнинг учиб чиқиши қуйидаги шарт бажарилганда бошланади:

$$\omega_{\Gamma} \mu_{\text{ж}} / \sigma \geq (164 / \text{Re}_{\text{пл}})^5 \quad (1.71)$$

Томчининг учиб чиқиши ушбу тенгламадан аниқланиши мумкин:

$$q / \Gamma = 0,039 \text{Re}_{\text{пл}}^{0,45} (\omega_{\Gamma} \mu_{\text{ж}} / \sigma)^{0,38} \quad (1.72)$$

Мисол 1-6. Қуйидаги маълумотлар асосида юқорига ҳаракатланаётган юпқа қатламли абсорбердан учиб чиқаётган томчилар миқдори аниқлансин: суюқликни пуркаш зичлиги $\Gamma=0,05$ кг/(м·с); суюқлик қовушқоқлиги $\mu_{\text{жс}}=1 \cdot 10^{-3}$ Па·с; сиртий фаоллик $\sigma=0,05$ Н/м; газ тезлиги $w_z=20$ м/с.

(1.71) нисбатнинг тўғрилигини текширамиз:

$$\text{Re}_{\text{пл}} = 4\Gamma / \mu_{\text{жс}} = 4 \cdot 0,05 / 1 \cdot 10^{-3} = 200.$$

$$\left(\frac{164}{\text{Re}_{\text{пл}}} \right)^5 = \left(\frac{164}{200} \right)^5 = 0,37 \quad \frac{\omega_{\Gamma} \mu_{\text{ж}}}{\sigma} = \frac{20 \cdot 1 \cdot 10^{-3}}{0,05} = 0,4$$

Шундай қилиб, (1.71) нисбат тўғри ва қурилмадан томчиларнинг учиб чиқиши кузатишмоқда. Томчиларнинг нисбий учиб чиқиш тезлиги (1.72) формуладан аниқланади:

$$q / \Gamma = 0,039 \cdot 200^{0,45} \cdot 0,4^{0,38} = 0,299$$

1.9. Газларни сиқиш ва узатиш

Насослар асосан икки турга: динамик ва ҳажмий насосларга бўлинади. Динамик насосларда суюқлик ташқи куч таъсирида ҳаракатга келтирилади. Насос ичидаги суюқлик насосга кириш ва чиқиш трубалари билан узлуксиз боғланган бўлади. Суюқликка таъсир қиладиган кучнинг турига кўра, динамик насослар парракли ва ишқаланиш кучи ёрдамида ишлайдиган насосларга бўлинади. Саноатда суюқликларни сиқилган газ (ёки ҳаво) ёрдамида узатиш учун газлифтлар ва монтежюлар ҳам ишлатилади.

Газларни сиқиш ёрдамида уларни қувурларда ва қурилмаларда ҳаракати таъминланади ва вакуум ҳосил қилинади. Бундан ташқари, ҳаво ва газларни сиқиш,

уларни аралаштириш, суюқликларни пуркаш учун ишлатилади. Кимё саноатида қўлланиладиган босим миқдорлари 10^{-3} дан 10^8 Н/м² (10^{-8} ... 10^3 атм) гача бўлади.

Газларни узатиш ва сиқиш учун мўлжалланган машиналар компрессор машиналари дейилади.

Компрессор машинаси ҳосил қиладиган охириги босим P_2 нинг, газни сўрилиш пайтидаги босим P_1 га нисбати сиқиш даражаси деб номланади.

Сиқиш кўрсаткичининг қиймати 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 қочма, ўқли ва бошқа машиналарга бўлинади.

Поршенли машиналарда газларни сиқиш ҳажмининг камайиши ҳисобига амалга ошади. Бунда поршеннинг илгарилама-қайтма ҳаракати туфайли газнинг босими оширилади.

Роторли машиналарда газларни сиқиш эксцентрик жойлашган роторнинг айланиши туфайли ҳажмнинг камайиши оқибатида ҳосил бўлади.

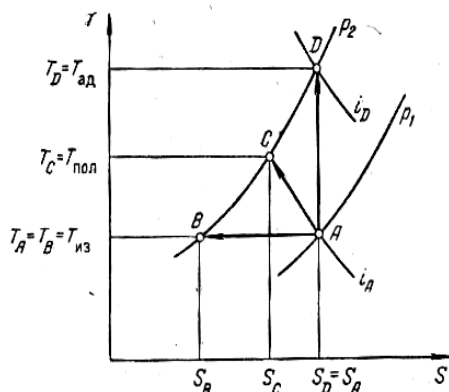
Марказдан қочма машиналарда ишчи ғилдиракнинг айланишида ҳосил бўладиган инерция кучлари ёрдамида газ сиқилади.

Ўқли машиналарда ишчи ғилдирак ва йўналтирувчи қурилма узунлиги бўйлаб, газ ҳаракатланганда унинг сиқилиши содир бўлади.

Вакуум-насос сифатида ҳар қандай компрессордан фойдаланиш мумкин. Фақат вакуум-насос билан компрессор орасида фарқ шундаки, вакуум-насосда сўриш босимнинг атмосфера босимидан сезиларли кам бўлса, узатиш эса атмосфера босимидан кўпроқ бўлади. Поршенли компрессорлар кам миқдордаги газларни катта босимларгача (0,5 ... 20 МПа ва ундан юқори) сиқишда ишлатилади. Турбокомпрессорлар эса, катта миқдордаги газларни нисбатан паст босимларда (0,15...1,5 МПа) узатиб беришга мўлжалланган.

Газларни сиқиш жараёни. Газни сиқиш жараёнидаги охириги босими атроф-муҳит билан иссиқлик алмашинишга боғлиқ. Назарий жиҳатдан фақат иккита ҳолат бўлиши мумкин:

- 1) Изотермик жараён – газни сиқиш жараёнида ҳосил бўлаётган иссиқликнинг ҳаммаси атроф муҳитга ажратиб олинади ва газнинг температураси ўзгармас бўлиб туради;
- 2) Адиабатик жараён – бунда атроф муҳит билан иссиқлик алмашиниш умуман йўқ ва сиқиш жараёнида иссиқлик газнинг ички энергиясини оширишга сарфланади ва натижада унинг температураси кўтарилади.



1.2-расм. T-S диаграммада газни сиқиш жараёнини тасвирлаш.

Лекин, одатда газни сиқиш жараёнида ҳажм ва босим ўзгариши билан унинг температурасининг ўзгаришига олиб келади ва ҳосил бўлаётган иссиқликнинг 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 $T_A = \text{const}$ чизиги бўйлаб ўтказилган AB тўғри кесма билан ифодаланади (1.2-расм).

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 $S_A = \text{const}$ чизиги бўйлаб ўтказилган AD тўғри чизиқ билан тасвирланади.

Газни p_1 босимдан p_2 гача сиқиш даврида политропик жараён юз беради ва у AC қия чизиғи билан характерланади.

Агар, бошланғич босим p_1 ва охиригиси p_2 маълум бўлса газни сиқиш учун сарфланган солиштирма иш l аналитик усулда ҳам аниқланиши мумкин:

изотермик жараён учун

$$l_{из} = p_1 v_1 \ln \frac{p_2}{p_1} \quad (1.85)$$

адиабатик жараён учун

$$l_{ад} = \frac{k}{k-1} p_1 v_1 \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] \quad (1.86)$$

политропик жараён учун

$$l_{пол} = \frac{m}{m-1} p_1 \cdot v_1 \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{m-1}{m}} - 1 \right] \quad (1.87)$$

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 қиймати газнинг табиати, хоссалари ва атроф муҳит билан иссиқлик алмашилиш 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 иссиқликни газни совитиш йули билан ажратиб олинади.

Сиқиш жараёнидан сунг газнинг температураси T_2 қуйидагича аниқланади:

изотермик жараён учун

$$T_2 = T_1 \quad (1.88)$$

адиабатик жараён учун

$$T_2 = T_1 \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \quad (1.89)$$

политропик жараён учун

$$T_2 = T_1 \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{m-1}{m}} \quad (1.90)$$

Газни сиқиш учун компрессор сарфлаётган назарий қувват N_n (Вт) ушбу формула ёрдамида топилади:

$$N_n = V \rho l \quad (1.91)$$

бу ерда V – компрессорнинг ҳажмий сарфи, м³/с; ρ - газ зичлиги, кг/м³.

Агар, компрессорнинг ҳажмий иш унумдорлиги ва газнинг зичлиги сўриш шароити, (яъни $V=V_1$ ва $\rho=\rho_1=1/v_1$) ҳамда (1.85)...(1.89) тенгламаларни ҳисобга олсак, газни компрессорда сиқиш жараёнида сарфланаётган қувватни аниқлаш мумкин:

изотермик жараён учун

$$N_{н.из} = p_1 V_1 \ln \frac{p_2}{p_1} \quad (1.92)$$

адиабатик жараён учун

$$N_{н.ад} = \frac{k}{k-1} p_1 V_1 \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] \quad (1.93)$$

политропик жараён учун

$$N_{н.пол} = \frac{m}{m-1} p_1 V_1 \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{m-1}{m}} - 1 \right] \quad (1.94)$$

Компрессор ўқидаги қувват $N_е$ ни қуйидаги тенглама орқали ҳисоблаб топилади:

$$N_е = \frac{\rho V L}{\eta_v \eta_{мех}}$$

бу ерда η_v – ҳажмий коэффициент, суюқликни клапан, турли тиркишлардан оқиб чиқиб кетишини ҳисобга олади; $\eta_{мех}$ – компрессорнинг механик фойдали иш коэффициенти, механик ишқаланишни енгиш учун сарфланадиган энергияни ҳисобга олади.

Электр юриткич қуввати $N_{ю}$ компрессор ўқидаги қувват $N_е$ дан катта, чунки юриткичнинг ўзида ва узатмада маълум миқдорда қувват йўқотилади:

$$N_{ю} = \frac{N_е}{\eta_{дв} \eta_{уз}}$$

бу ерда $\eta_{ю}$ ва $\eta_{уз}$ – электр юриткич ва узатманинг фойдали иш коэффициентлари.

Юриткич керакли қуввати $N_{ю}$ одатда 10...15% заҳира билан қабул қилинади, яъни

$$N_{ю} = (1,1-1,15) \cdot N_{дв}$$

Адиабатик фойдали иш коэффициентнинг $\eta_{ад}$ қиймати бирга яқин бўлиб, 0,93...0,97 га тенгдир. Изотермик фойдали иш коэффициенти $\eta_{из}$ сиқилиш даражасига қараб, 0,64...0,78 қиймат оралиғида бўлади. Механик фойдали иш коэффициенти $\eta_{мех}$ кўпинча 0,85...0,95 оралиқдаги қийматга тенг.

Вентилятор ўқидаги N_e қувват ушбу тенгламадан аниқланади.

$$N_e = \rho Q H g / \eta_e \quad (1.95)$$

бу ерда η_e – вентилятор фойдали иш коэффициенти бўлиб, узатиш коэффициенти η_v ва механик фойдали иш коэффициенти $\eta_{мех}$ ларнинг кўпайтмаси орқали аниқланади.

Поршенли компрессорлар сиқилиш босқичи сонига қараб бир, икки ва кўп босқичли, ишлаш принципи бўйича эса, оддий ва икки томонлама ҳаракатли бўлади. Компрессорнинг газни бирор оралиқ ёки охириги босимгача сиқувчи қисмига сиқилиш босқичи дейилади.

Поршен цилиндрида ўнгга ва чапга кривошип-шатун механизми ёрдамида илгариларга - қайтма ҳаракат қилади. Компрессорларда поршен цилиндр деворига зич қилиб ўрнатилади ва уни икки қисмга бўлиб туради. Поршен чапдан унга илгариларга ҳаракат қилганда, сўриш клапани очилади ва цилиндр газга тўлади. Поршен орқага қайтганда эса, цилиндридаги газнинг сиқилиши натижасида босим ортади ва ҳайдаш қуввурига узатилади. Маълумки, газ сиқилганда унинг температураси ортади. Оддий поршенли компрессорларда поршеннинг бир марта тўлиқ, бориб-келишида бир марта сўриш ва узатиш бўлади. Икки томонлама поршенли компрессорларда иккита сўриш ва иккита узатиш бўлади (1.3-расм).

Бир босқичли компрессорлар горизонтал ва вертикал ҳолда тайёрланади. Горизонтал компрессор икки томонлама, вертикали эса - бир томонлама бўлади.

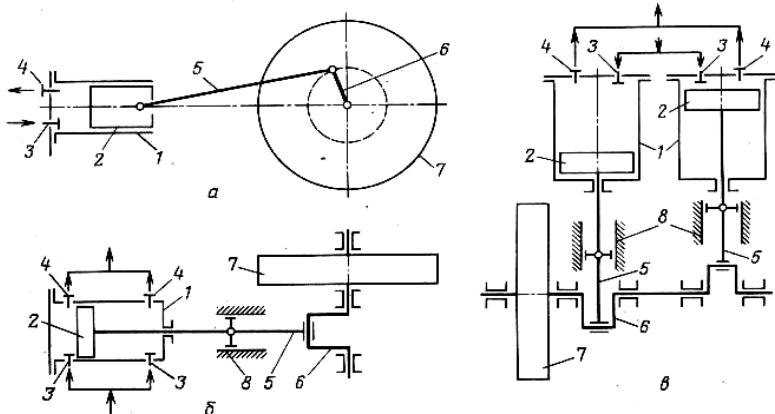
Бир босқичли, бир томонлама горизонтал компрессорда (1.3а-расм) поршень 2 цилиндр 1 да ҳаракатланади. Цилиндр бир томонидан сўриш 3 ва узатиш 4 клапанлари ўрнатилган қопқоқ билан ёпилган. Ўқда эса, кривошипдан ташқари маховик 8 ўрнатилган.

Поршень чапдан ўнгга ҳаракатланганда, цилиндр ичида, яъни қопқоқ билан поршень орасида, сийракланиш ҳосил бўлади. Сўриш линиясида босимлар фарқи ҳосил бўлгандан сўнг, цилиндрда клапан 3 очилади ва цилиндрга газ киради. Поршень ўнгга қараб ҳаракат қилганда эса, сўриш клапани ёпилади, цилиндр ичидаги газ поршень ёрдамида, маълум босим p_2 гача сиқилади ва клапан 4 очилгандан сўнг газ узатиш қувирига берилади. Бундан сўнг цикл яна қайтарилади.

Бир босқичли икки томонламали компрессорда (1.3б-расм) иккита сўриш ва иккита узатиш клапанлари бор. Бу компрессорларнинг тузилиши мураккаб, лекин унумдорлиги оддий компрессорга нисбатан икки марта кўп.

Сиқилган газни совитиш учун цилиндр, баъзида эса қопқоқда ҳам сув учун ғилоф қилинади.

Юқорида кўриб чиқилган компрессорларнинг унумдорлигини ошириш учун улар кўп цилиндрли қилиб тайёрланади. 1.3в-расмда икки цилиндрли компрессор кўрсатилган. Бир



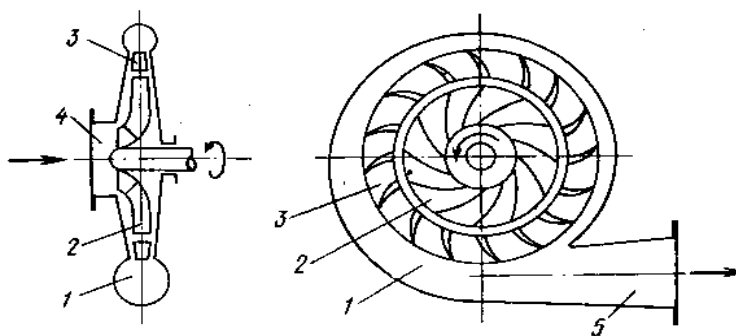
1.3-расм. Оддий поршеньли компрессор:

- а-бир цилиндрли, бир томонлама ҳаракатланувчи;
- б-бир цилиндрли, икки томонлама ҳаракатланувчи;
- в-икки цилиндрли, бир томонлама ҳаракатланувчи.
- 1-цилиндр; 2-поршень; 3-сўриш клапани; 4-ҳайдаш клапани;
- 5-шатун; 6-кривошип; 7-маховик; 8-крейцкопф.

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 кўпроқ бўлади. Ундан ташқари, улар кам жой эгаллайди, поршень ва цилиндрлари эса кам едирилади (горизонтал компрессорларда оғирлик кучи таъсирида поршень ва цилиндрнинг бир томони кўпроқ едирилади).

Икки босқичли горизонтал компрессорлар одатда бир цилиндрли дифференциал поршеньли қилиб тайёрланади (1.3в-расм). Аввал газ поршень 2 нинг чап томонида цилиндр 1 да сиқилади, сўнг совуткич 9 орқали цилиндрнинг бошқа томонидан киради ва керакли p_2 босимгача сиқилади.

Турбогазодувкалар. Бир босқичли турбогазодувкалар (1.4-расм) юқори босимли вентиляторга ўхшаш бўлиб, газларни $3 \cdot 10^4$ Па босимгача сиқади. Спирал кўринишидаги қобик 1 да ғилдирак 2 айланади, ғилдиракнинг куракчаларида ичкарига йўналтирувчи мосламаси 3 жойлашган ва унда газнинг кинетик энергияси босимнинг потенциал энергияга айлантирилади. Сиқилган газ турбогазодувкалар патрубкиси 5 орқали чиқади.



1.4-расм. Турбогазодувка схемаси.

- 1 - қобик; 2 - ишчи ғилдирак; 3 - йўналтирувчи мослама;
- 4 - сўриш патрубкиси; 5 - ҳайдаш патрубкиси.

Кўп босқичли турбогазодувкаларда битта ўққа бир нечта куракчали ғилдираклар (3...4 та) ўрнатилади. Бунда газ босқичлар орасида совутилмайди. Кўп босқичли турбогазодувкаларда ғилдираклар диаметри ўзгармайди энига эса, биринчисидан охирига қараб, камайиб боради. Бу билан ҳар бир босқичда сиқиш даражаси ортиб боради. Ўқнинг айланишлар сони ва куракчалар тузилиши ўзгартирилмайди. Турбогазодувкаларда сиқиш даражаси 3...3,5 дан ортмайди.

Турбокомпрессорлар тузилиши бўйича худди турбогазодувка конструкцияси каби, фақат улар юқори сиқиш даражасини таъминлайди. Ундан ташқари, уларда ғилдираклар сони анча кўп бўлади. Ғилдираклар диаметри ва эни биринчи ғилдиракка нисбатан аста-секин камайиб боради. Кўп ҳолларда турбокомпрессор ғилдираклари секцияланиб, 2 ёки 3 қобикқа жойлаштирилади. Ҳар бир қобикда ғилдираклар диаметри турлича бўлса, лекин қобик ичидаги ғилдираклар диаметри бир хил, эни эса ҳар хилдир. Одатда, бир қобикдан иккинчисига ўтаётган сиқилган газ махсус совуткичларда температураси пасайтирилади. Турбокомпрессорларда максимал эришиш мумкин бўлган босим 2,5...3,0 МПа.

2-бoб. МАССА АЛМАШИНИШ ЖАРАЁН ВА ҚУРИЛМАЛАРИ



Масса алмашиниш колонналарини технологик ҳисоблаш учун умумий формулалар

Масса алмашиниш жараёнлари кимё, нефт-газ кимёси, нефт-газни қайта ишла ва бошқа соҳаларда кенг қўламда қўлланилади. Масса алмашиниш қурилмаларининг тузилиши, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари қуйидаги адабиётларда батафсил келтирилган [4,5].

Бу жараёни амалга оширувчи қурилмаларда абсорбция, адсорбция, ректификация, экстракция, қуриштириш ва кристаллизация каби масса алмашиниш содир бўлади. Юқорида қайд этилган ҳар бир жараён ўзига хослиги билан ажралиб тургани учун уларни технологик ҳисоблаш учун ягона ҳисоблаш формулалари йўқ бўлгани учун, ҳар бир қурилма ҳисобига алоҳида ёндашиш даркор. Аммо, айрим формулалар қўпчилик масса алмашиниш қурилмаларига қўллаш мумкин.

Колоннанинг умумий баландлиги ишчи қисми $H_{раб}$, сепарацион қисми $H_{сен}$ ва куб (пастки) қисм $H_{куб}$ баландликларининг йиғиндисидан сифатида топилади:

$$H = H_{раб} + H_{сен} + H_{куб} \quad (a)$$

Тарелкали масса алмашиниш қурилмалари учун:

$$H_{раб} = (n_t - 1)H_t \quad (б)$$

бу ерда n_t - колоннадаги тарелкалар сони; H_t - между тарелкалараро масофа, м. Айрим тарелкалар учун H_t нинг тавсия этиладиган қийматлари иловада келтирилган (И61...И63-жадваллар).

Насадкали колонналар учун $H_{раб}$ - насадка баландлиги, агар насадка суюқликни қайта тақсимлаш тарелкаси билан бирга ўрнатилган бўлса, унда $H_{раб}$ – бу насадка ва насадкалараро бўшлиқ баландликларининг йиғиндисидан, м.

Колоннадаги тарелкалар сони:

$$n_t = \frac{n_{см}}{\eta}$$

бу ерда $n_{см}$ - концентрация ўзгариш поғоналарини сони; η - тарелка ф.и.к..

Колонна диаметри. Колоннанинг минимал диаметри сарф тенгласидан аниқланади:

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4V}{\pi w}}, \quad (в)$$

бу ерда V - буғ (газ) ҳажмий сарфи, м³/с; w – колонна қўндаланг кесимида бўйича буғ (газ) тезлиги, м/с.

Буғ (газ) тезлиги одатда газлар учун рухсат этилган чегаравий тезлик, яъни текилиб қолиш тезлигининг 70...80% миқдорида қабул қилинади. Вакуум остида ишлайдиган колонналарда босим йўқотилишларни камайтириш мақсадида ишчи тезлик чегаравий тезликнинг 50...70% миқдорида қабул қилиш тавсия этилади. Ҳар доим колонна диаметри минимал диаметрдан кўпроқ қилиб, стандарт қатордан колонна диаметрини танлаймиз. Айрим махсус ҳолатларда, колоннанинг юқори қисми диаметрини ва пастки қисми диаметрларини алоҳида ҳисоблаш мақсадга мувофиқдир.

Турли масса алмашиниш колонналар учун рухсат этилган чегаравий тезликни ҳисоблаш учун умумий формула бўлмагани ҳар бир қурилмага ушбу тезликни алоҳида ҳисоблаш ёки уни бу турдаги колонналарни кўп йиллик эксплуатациясидан келиб чиққан ҳолатда тузилган йўриқномалар асосида ишчи тезлик танланади.

Қуйилиш трубкали тарелканинг умумий гидравлик қаршилигини ушбу тенгламадан топилади:

$$\Delta P = \Delta P_{\text{сyx}} + \Delta P_{\text{ж}} + \Delta P_{\sigma} \quad (\Gamma)$$

Қуруқ тарелка гидравлик қаршилиқ

$$\Delta P_{\text{сyx}} = \xi \rho_{\text{п}} \frac{w^2}{2} \quad (\Delta)$$

бу ерда $\rho_{\text{п}}$ – тарелка тешиклари ва куйилиш патрубккаларида бўғ зичлиги, м/с; ξ - қуруқ тарелка гидравлик қаршилиқ коэффициенти (қалпоқчали тарелка учун диаметри $D_{\text{к}}$, м, $\xi = 1,73 D_{\text{к}}^{-0,25}$, S-симон тарелка учун $\xi = 4$, клапанли тарелка учун $\xi = 3,6$, элаксимон ва бошқа тешикли тарелкалар учун $\xi = 1,7$, панжарали тарелка учун $\xi = 1,4$;
- тарелкадаги суюқлик қатламининг қаршилиги:

$$\Delta P = h_{\text{гж}} \rho_{\text{гж}} g \quad (\epsilon)$$

бу ерда $h_{\text{гж}}$ - тарелкадаги бўғ ёки газ-суюқлик қатламининг баландлиги, м; $\rho_{\text{гж}}$ - тарелкадаги бўғ ёки газ-суюқлик қатламининг зичлиги, кг/м³; g - ускорение свободного падения, м/с²;
- сиртий таранглик туфайли ҳосил бўлган гидравлик қаршилиқ:

$$\Delta P_{\sigma} = \frac{4\sigma}{d_{\text{эKB}}}, \quad (\text{ж})$$

бу ерда σ – суюқлик сиртий таранглиги, Н/м; $d_{\text{эKB}}$ - газ ёки бўғ ҳаракати учун тешиқ эквивалент диаметри, м.

Газнинг насадка орқали ҳаракатининг гидравлик қаршилигига унинг шакли, газ хоссалари ва пуркаш интенсивлиги таъсир қилади. Уни ҳисоблашдан аввал қуруқ насадка гидравлик қаршилиги аниқланади:

$$\Delta P_{\text{сyx}} = \xi \frac{H_{\text{раб}} a w^2}{8 \epsilon^3} \rho_{\text{г}}, \quad (\text{з})$$

бу ерда $H_{\text{раб}}$ - насадка баландлиги, м; a - насадка солиштирма юзаси, м²/м³; w - газ тезлиги, м/с; ϵ - насадка ғоваклилиги, м³/м³; $\rho_{\text{г}}$ - газ фаза зичлиги, кг/м³; ξ – қуруқ насадка қаршилиқ коэффициенти (насадка шаклига боғлиқ):

- тартиб билан таҳланган насадкалар учун

$$\xi = \xi_{\text{тр}} + \xi_{\text{м}} \frac{d_{\text{эKB}}}{l}, \quad (\text{и})$$

бу ерда $\xi_{\text{тр}}$ 0,053 – ишқаланиш қаршилиги коэффициенти; l - насадка қатламининг баландлиги, м; $d_{\text{эKB}}$ – насадка эквивалент диаметри, м; $\xi_{\text{м}}$ – маҳаллий қаршилиқ коэффициенти ва у куйидагига тенг:

$$\xi_{\text{м}} = \frac{A}{\epsilon^2} - \frac{A+B}{\epsilon} + B, \quad (\text{к})$$

бу ерда A, B – насадка турига боғлиқ коэффициентлар.

<i>Насадка тури</i>	<i>A</i>	<i>B</i>
Трубкалар, блокли насадка	4,2	3,9
Ватарли насадка	0,52	-0,67
- бетартиб таҳланган, эгарсимон ва шарсимонлар учун:		

$$\xi_m = \frac{133}{Re_r} + 2,34; \quad (л)$$

- халқасимон учун

$$\xi = \frac{140}{Re_r} \text{ при } Re \leq 40; \quad (м)$$

$$\xi = \frac{16}{Re_r^{0,2}} \text{ при } Re \leq 40. \quad (н)$$

Суюқлик билан ювилиб турган насадка гидравлик қаршилиги:

$$\Delta P_{op} = \Delta P_{cux} \cdot 10^{bv}, \quad (о)$$

бу ерда ***b*** – насадка турига боғлиқ коэффициент (2-1 жавдал); $\nu = \frac{DL_o}{0,785D^2}$ - насадкани суюқлик билан пуркаш зичлиги, $m^3/(m^2 \cdot c)$; ***L_o*** – суюқлик ҳажмий сарфи, m^3/c ; ***D*** – диаметр, ***m***.

2-1 жавдал

Насадки тури ва ўлчамига боғлиқ коэффициент *b* нинг қийматлари

Насадка	Элемент ўлчами, мм	<i>b</i>
Рашиг халқалари (тартибли)	50	25
Рашиг халқалари (тартибсиз)	15	53
	25	51
	50	35
Паль халқалари	50	35
«Инталлокс» эгари	25	33
	50	28
Берль эгари	25	35

2.1. Масса алмашилиш асослари

Бир ёки бир неча компонентларни бинар ёки мураккаб аралашмаларда бир фазадан иккинчи фазага ўтишида рўй берган жараёнлар **масса алмашилиш** жараёни деб юритилади (масалан, газдан газга, суюқликдан газга, қаттиқ жисмдан суюқлик ёки газга). Одатда, компонентларнинг бир фазадан иккинчисига ўтиши молекуляр ёки турбулент диффузия орқали содир бўлади. Шунинг учун, бу жараёнлар **диффузион жараёнлар** деб аталади.

Масса алмашилиш жараёнлари фаол компонент ва инерт ташувчи фазалар билан характерланади. Фаол компонент – бу фазадан фазага ўтувчи масса, инерт ташувчиларнинг миқдори эса, жараён давомида ўзгармайди.

Масса алмашилиш жараёнини ҳаракатга келтирувчи куч – концентрациялар фарқи.

2.2. Мувозанат чизиги ва фазалар қоидаси

Мувозанат ҳолатига эришиш йўналишида модданинг бир фазадан иккинчисига ўтиш жараёнига масса ўтказиш дейилади.

Масса алмашиниш жараёнида энг камида 3 та модда иштироқ этади: 1) биринчи фазани ташкил этувчи модда; 2) иккинчи фазани ташкил этувчи модда; 3) бир фазадан иккинчисига ўтган тарқалувчи модда.

Масса алмашиниш жараёнида мувозанат ҳолатларини аниқлашда **фазалар қоида**сидан фойдаланилади:

$$\Phi + C = K + 2 \quad (2.1)$$

бу ерда, Φ – фазалар сони; C – эркинлик даражаси сони; K – системадаги компонентлар сони.

Бу қоидага биноан, мувозанат ҳолатларини ҳисоблашда параметрларнинг (босим, температура, концентрация) нечтасини ўзгартириш имконияти борлигини аниқлаш мумкин.

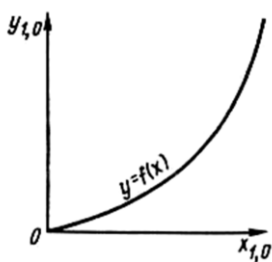
Биринчи фазани – G , иккинчисини – L ва тарқалувчи массани – M билан белгилаб оламиз. Ҳамма масса алмашиниш жараёнлари қайтар, шунинг учун модда G фазадан L га ва тескари йўналишда ўтиши мумкин.

Даставвал, тарқалувчи модда фақат G фазада ва y концентрацияли бўлсин. Бошланғич даврда L фазада тарқалувчи модда йўқ бўлса, унда фазадаги концентрацияси $x = 0$.

Агар фазаларни аралаштириб юборадиган бўлсак, унда тарқалувчи модда G фазадан L фазага ўтади. L фазада тарқалувчи модда M бўлиши билан тескари ўтиш бошланади, яъни L фазадан G фазага. Маълум вақтгача, G фазадан L га ўтаётган тарқалувчи модда заррачаларининг сони M , L фазадан G фазага ўтаётгандан кўпроқ бўлади.

Лекин бирор фурсатдан сўнг, M модданинг тўғри ва тескари ўтиш тезликлари тенглашади. Системанинг бундай ҳолати **фазавий мувозанат** дейилади. Мувозанат пайтида x нинг маълум қийматига бошқа фазадаги тегишли аниқ бир қийматли мувозанат концентрацияси y_M тўғри келади. Худди шундай, y нинг маълум қийматига тегишли мувозанат концентрацияси x_M мос келади. Мувозанат пайтида фазалардаги тарқалувчи компонент концентрациялари ўртасида умумий боғлиқлик қуйидаги кўринишга эга:

$$\bar{y}_p = f_1(\bar{x}); \quad \bar{x}_p = f_2(\bar{y}) \quad (2.2)$$



Ушбу тенгламалар графикда мувозанат чизиги билан ифодаланади ва масса алмашиниш жараёнининг турига қараб тўғри ёки эгри чизикли кўринишда бўлади. 2.1-расмда газ фазасидаги мувозанат концентрациясининг суяқ фазадаги концентрация билан боғлиқлиги берилган.

Мувозанат пайтидаги фазалар концентрацияларининг нисбати **тарқалиш коэффициент**и m деб номланади.

$$m = \frac{y_M}{x}$$

2.1-расм. $p=\text{const}$ ва $t=\text{const}$ даги мувозанат диаграмма.

Одатда, кўпчилик эритмалар учун мувозанат чизиги тўғри чизик шаклида бўлади. Тарқалиш коэффициентининг қиймати ўзгармас бўлиб, мувозанат чизигининг қиялик бурчаги тангенсига тенгдир.

Турли-туман масса алмашиниш жараёнларига оид қонунларнинг аниқ турлари тегишли бобларда кўриб чиқилади.

Мувозанат боғлиқликлар жараён йўналиши билан бирга, бир фазадан иккинчисига тарқалувчи модда ўтиш тезлигини ҳам аниқлаш имконини беради.

Мувозанат ва ҳақиқий концентрациялар орасидаги фарқ масса алмашиниш жараёнларини ҳаракатга келтирувчи кучи деб ҳисобланади.

Масса алмашиниш жараёнларининг тезлик коэффиценти ва ҳаракатга келтирувчи кучини ҳисоблаш масса ўтказиш кинетикасининг асосий масаласидир.

Масса ўтказишнинг асосий тенгламаси кинетиканинг умумий тенгламасидан келтириб чиқарилиши мумкин.

Ушбу тенгламага биноан, масса алмашиниш жараёнларининг тезлиги ҳаракатга келтирувчи кучга тўғри ва жараён диффузион қаршилигига тескари пропорционалдир.

Агар диффузион қаршилик тескари катталикини $K = 1/R$ (бу ерда R – диффузион қаршилик) деб белгиласак, ушбу тенгламага эга бўламиз:

$$\frac{dM}{F \cdot d\tau} = K \cdot \Delta C \quad (2.3)$$

бу ерда, M – бир фазадан иккинчисига ўтган масса миқдори, кг; F – масса ўтказиш юзаси, м²; τ – жараён давомийлиги, с; K – масса ўтказиш коэффиценти.

Кўриниб турибдики, $dM/Fd\tau$ ажратиб турувчи юза бирлигига тўғри келадиган масса ўтказиш тезлигидир.

Демак, агар $K=\text{const}$ бўлса, бутун масса алмашиниш юзаси учун

$$M = K \cdot \Delta C \cdot F \cdot \tau$$

$$M = K_y \cdot F \cdot \Delta y_{yp} \cdot \tau \quad \text{ёки} \quad M = K_x \cdot F \cdot \Delta x_{yp} \cdot \tau \quad (2.4)$$

(2.4) 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 коэффиценти, вақт бирлиги ичида ҳаракатга келтирувчи куч бирга тенг бўлганда, уларни ажратиб турувчи юза бирлигидан ўтган масса миқдорини характерлайди. (2.4) тенгламани ташкил этувчи параметрлар birlikларига қараб, масса ўтказиш коэффиценти куйидаги ўлчов бирлигига эга бўлади: м/с; кг/(х.к.к.б.·м²·с); кмоль/(х.к.к.б.·м²·с).

2.3. Масса алмашинишнинг 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 (Фикнинг 1- қонуни), масса бериш (Ньютон – Шукарев қонуни) ва масса ўтказувчанлик қонунлари ҳисобланади.

2.4. Молекуляр диффузия қонуни (Фикнинг 1- қонуни).

Молекула, атом, ион ва коллоид заррачаларнинг хаотик ҳаракати натижасида моддаларнинг тарқалиши **молекуляр диффузия** деб номланади. Маълумки, моддалар ҳар доим концентрацияси юқори зонадан концентрацияси паст зонага қараб тарқалади. Ушбу қонунга биноан, диффузия йўли билан тарқалган модда миқдори концентрациялар градиенти, диффузион оқим йўналишидаги перпендикуляр ажратувчи юза ва жараён давомийлигига тўғри пропорционалдир:

$$dM = -D \frac{\partial c}{\partial n} F d\tau \quad \text{ёки} \quad M = -D \frac{dc}{dn} F \tau \quad (2.5)$$

бу ерда, dM – диффузия йўли билан тарқалган масса миқдори; D – диффузия коэффиценти; $\partial c / \partial n$ концентрациялар градиенти; F – диффузия ўтаётган юза; $d\tau$ – диффузия давомийлиги.

Диффузия коэффициентини, 1 м^2 ажратувчи юза орқали 1 соат давомида 1 м ораликдаги концентрациялар фарқи 1 га тенг бўлганда тарқалган модда миқдорини характерлайди.

Тенгламадаги «минус» ишора молекуляр диффузия жараёнида концентрация камайиб боришини ифодалайди.

(2.5) тенгламадаги диффузия коэффициентининг ўлчов бирлигини аниқлаймиз:

$$[D] = \left[\frac{M \cdot dn}{dc \cdot F \cdot \tau} \right] = \left[\frac{\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{м}^3}{\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}} \right] = \left[\frac{\text{м}^2}{\text{с}} \right]$$

Молекуляр диффузия коэффициентини ўзгармас физик катталик бўлиб, модданинг диффузия йўли билан қўзғалмас муҳитга кириш қобилиятини характерлайди. Ушбу коэффициент жараённинг гидродинамикасига боғлиқ эмас. Лекин тарқалувчи модда ва муҳитнинг иссиқлик-диффузион хоссалари, температура ва босимга боғлиқдир, яъни температура ошиши ва босим пасайиши билан унинг қиймати ортади.

Одатда, диффузия коэффициентининг қийматлари адабиётлардан ёки қуйидаги формулалардан аниқланади:

газлар учун:

$$D = 4,35 \cdot 10^{-2} \frac{T^2}{P(V_A^{0,33} + V_B^{0,33})} \sqrt{\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B}} \quad (2.6)$$

суюқликлар учун:

$$D = \frac{8,2 \cdot 10^{-12} T}{\mu \cdot V_a^{0,33}} \left[1 + \left(\frac{3V_B}{V_A} \right)^{0,66} \right] \quad (2.7)$$

бу ерда, T – температура, К; P – босим, Па; V_A ва V_B – жараёнда иштирок этувчи моддалар моль ҳажми, $\text{см}^3/\text{моль}$; M_A ва M_B – моддаларнинг молекуляр массаси, $\text{кг}/\text{кмоль}$; μ – динамик қовушқоқлик, $\text{мПа} \cdot \text{с}$; A ва B – модданинг табиатига боғлиқ тажрибавий константа.

Диффузия коэффициентини системанинг агрегат ҳолатига боғлиқ. Газлар учун D нинг қийматлари $(0,1 \dots 1,0) \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$. Суюқликларнинг диффузия коэффициентини тўрт даражага паст бўлади. Маълумки, температура ортиши билан D ортади, босим ошиши билан эса – камаяди.

Газлардаги диффузия коэффициентини концентрацияга умуман боғлиқ эмас. Лекин суюқликларда эса, диффузия коэффициентини концентрацияга боғлиқлиги бор. Пахта ёғининг нормал шароитда экстракцион бензиндаги диффузия коэффициентини $D = 0,71 \cdot 10^{-5} \text{ см}^2/\text{с}$; газнинг бошқа бир газдаги тарқалиш диффузия коэффициентини $\sim 0,1 \dots 1,0 \text{ см}^2/\text{с}$; газнинг суюқликлардаги диффузия коэффициентини $10^4 \dots 10^5$ мартаба кам бўлиб, тахминан $1 \text{ см}^2/\text{суткага}$ тенг.

Хулоса қилиб айтганда, молекуляр диффузия жуда секин ўтадиган жараёндир.

2.5. Турбулент диффузия

Турбулент тебраниш таъсирида оқимнинг ҳаракатида бир фазадан иккинчисига модданинг тарқалиши **турбулент диффузия** деб номланади.

Турбулент диффузия тезлиги оқимнинг турбулентлик даражасига, жараённинг гидродинамик режимига боғлиқдир. Исталган фазада турбулент диффузия йўли билан тарқалган модданинг миқдори ушбу тенгламадан топилади:

$$dM = -\varepsilon_d \frac{\partial c}{\partial n} \cdot dF \cdot d\tau$$

ёки

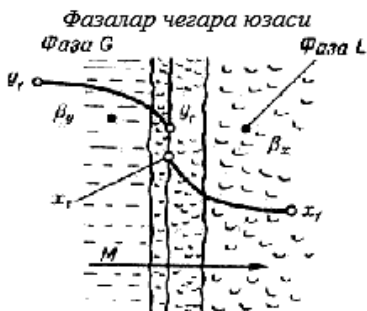
$$M = -\varepsilon_d \frac{dc}{dn} F \cdot \tau \quad (2.8)$$

бу ерда, ε_d – турбулент диффузия коэффициенти.

(2.8) тенгламадан ε_d – аниқлаймиз

$$[\varepsilon_d] = \left[\frac{M \cdot dn}{dc \cdot F \cdot \tau} \right] = \left[\frac{\kappa z \cdot m \cdot m^3}{c \cdot m^2 \cdot \kappa z} \right] = \left[\frac{m^2}{c} \right]$$

Турбулент диффузия коэффициенти вақт бирлиги ичида концентрация градиенти бирга тенг бўлганда ажратувчи юза бирлигидан турбулент диффузия йўли билан тарқалган модданинг миқдорини билдиради ва жараёнинг гидродинамик режимига боғлиқ. Бу ерда гидродинамик режим деганда оқимнинг тезлиги ва турбулентлик масштаби назарда тутилади.



2.2-расм. Масса бериш тенгламасига оид.

2.6. Масса бериш

Ушбу қонун қаттиқ жисмлар эришини ўрганиш пайтида рус олими Шукарев томонидан аниқланган. Бу қонунга биноан, фазаларни ажратиб турувчи юзадан бирор фаза ядросига ёки тескари йўналишда масса бериш йўли билан ўтган модда миқдори фазалар концентрацияси фарқи, фаза ва жараён

давомийлигига тўғри пропорционалдир.

Диффузион чегаравий қатлам назариясига асосан тарқалувчи модда суюқлик оқими ядросидан фазаларни ажратувчи юзага суюқлик конвектив оқимлари ва молекуляр диффузия йўли билан ўтади. Кўрилатган системада оқим ядроси ва чегаравий диффузион қатламлар бор (2.2-расм). Фаза ядросида модданинг тарқалиши асосан суюқлик ёки газ оқими билан амалга оширилади. Оқимларнинг турбулент ҳаракати даврида тарқалувчи модда концентрацияси ўзгармас бўлади. Чегаравий диффузион қатламга яқинлашган сари модданинг турбулент тарқалиши камаяди ва молекуляр диффузия ҳисобига масса бериш улуши ортади.

Бунда, тарқалувчи модданинг концентрация градиенти ҳосил бўлади ва фазаларни ажратувчи чегарага яқинлашиб борган сари, унинг қиймати ошиб боради. Шундай қилиб, чегаравий диффузион қатлам 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 тарқалаётган модда миқдори M бўлсин. Агар фазалар ядросидаги моддалар концентрациясини y_f ва x_f деб, фазаларни ажратиб турувчи юзадаги концентрацияларни эса – y_u ва x_u деб белгиласак, унда масса бериш жараёнида ўтган модда миқдорларини қуйидаги тенгламалардан аниқлаш мумкин:

$$dM = \beta_y (y_f - y_u) \cdot F d\tau; \quad dM = \beta_x (x_u - x_f) \cdot F d\tau \quad (2.9)$$

бу ерда, β_y, β_x – конвектив ва молекуляр оқимлар билан модда узатилишини характерловчи масса бериш коэффициентлари; $y_u = y_m$ ва $x_u = x_m$ деб қабул қилинади.

Масса бериш коэффициентининг ўлчов бирлиги қуйидагича:

$$[\beta] = \left[\frac{M}{(y_f - y_u) \cdot F \cdot \tau} \right] = \left[\frac{\kappa \mathcal{Z} \cdot M^3}{\kappa \mathcal{Z} \cdot M^2 \cdot c} \right] = \left(\frac{M}{c} \right)$$

Масса бериш коэффициентлари вақт бирлигида жараёни ҳаракатга келтирувчи кучи бирга тенг бўлганда, юза бирлигидан фазаларни ажратувчи юзадан фазанинг ядросига ёки тескари йўналишда ўтган модда миқдорини характерлайди.

Масса бериш коэффициентлари фазаларнинг зичлиги, қовушқоқлиги ва бошқа хоссаларига, суяқлик 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 суяқликлар учун β нинг қийматини тажриба йўли билан топиш мумкин.

Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, масса бериш коэффициентлари физик маъноси бўйича масса ўтказиш коэффициентидан фарқ қилса ҳам, лекин бир хил ўлчов бирлигига эга.

2.7. Масса ўтказиш ва бериш коэффициентлари ўртасидаги боғлиқлик

Ишчи ва мувозанат концентрациялари орасида чизикли боғлиқлик шароитида, бирор G фазадан L фазага масса ўтказиш жараёнини кўриб чиқамиз (7.4-расм). Фазаларни ажратувчи чегарада мувозанат ҳолатига эришилади деб қабул қиламиз.

G фазадан фазаларни ажратувчи чегаравий юзага тарқалган модда миқдори ушбу тенгламадан топилади:

$$dM = \beta_y \cdot (y - y_u) \cdot dF$$

Фазаларни ажратувчи чегаравий юзадан L фаза ядросига берилган модда миқдори эса қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$dM = \beta_x (x_u - x) \cdot dF$$

Мувозанат концентрация $y_m = m \cdot x$ эканлиги маълум бўлгани учун, L фазадаги концентрация x ни G фазадаги мувозанат концентрацияси орқали ифодалаш мумкин:

$$dM = \beta_x (x_u - x) \cdot dF = \frac{\beta_x}{m} (y_{m,u} - y_m) \cdot dF$$

бундан:

$$y_{m,u} - y_m = \frac{dM \cdot m}{\beta_x dF}; \quad y - y_u = \frac{dM}{\beta_y dF}$$

Юқорида келтирилган охирги икки тенгламаларнинг чап ва ўнг томонларининг йиғиндиси ҳамда $y_u = y_{m,u}$ га тенглигини ҳисобга олсак, ушбу кўринишдаги тенгламани оламиз:

$$y - y_m = \frac{dM}{dF \left(\frac{m}{\beta_x} + \frac{1}{\beta_y} \right)} \quad (2.10)$$

Масса ўтказишнинг асосий тенгламасидан:

$$y - y_m = \frac{dM}{dF} \cdot \frac{1}{K} \quad (2.11)$$

(2.10) ва (2.11) тенгламаларни ўнг томонларини тенглаштириб, ушбу кўринишга эга бўламиз:

$$\frac{1}{K_y} = \frac{m}{\beta_x} + \frac{1}{\beta_y} \quad \text{ёки} \quad K_y = \frac{1}{\frac{m}{\beta_x} + \frac{1}{\beta_y}} \quad (2.12)$$

Худди шу усулда L фаза учун масса ўтказиш коэффициентини аниқлаш формуласини келтириб чиқарамиз:

$$\frac{1}{K_x} = \frac{1}{m\beta_y} + \frac{1}{\beta_x} \quad \text{ёки} \quad K_x = \frac{1}{\frac{1}{m\beta_y} + \frac{1}{\beta_x}} \quad (2.13)$$

Бу тенгламаларнинг чап томонлари массанинг бир фазадан иккинчисига ўтиши учун умумий диффузион қаршилиқни, ўнг томонлари эса – фазалардаги масса бериш жараёнлари диффузион қаршилиқларнинг йиғиндисини ифодалайди. Шунинг учун ҳам, (2.12) ва (2.13) тенгламалар фазавий қаршилиқларнинг **аддитивлик тенгламалари** деб юритилади.

K_y ва K_x коэффициентлар $K_y = K_x/m$ тенглик билан боғлиқ бўлади. Масса ўтказиш коэффициентларнинг қиймати масса бериш коэффициентларининг сон қийматлари ва мувозанат чизигининг қиялик бурчаги билан белгиланади. Масса бериш коэффициентлари критериял тенгламалардан аниқланади.

2.8. Масса алмашиниш жараёнларини ҳаракатга келтирувчи куч

Иссиқлик алмашиниш жараёнлари каби, масса алмашинишда ҳам фазалар йўналиши параллел, қарама - қарши, ўзаро кесишган ва мураккаб бўлиши мумкин.

Маълумки, фазалар ҳаракатининг ўзаро йўналиши ва уларнинг таъсир қилиш усули масса алмашиниш жараёнининг ҳаракатга келтирувчи куч қийматини 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 чизиги тўғри ёки эгри чизик шаклида эканлигига боғлиқ.

Қарама - қарши йўналишли колоннада масса алмашиниш жараёнини кўриб чиқамиз (2.3-расм).

Жараён қуйидаги шартларга амал қилган ҳолатда юз бермоқда:

- 1) мувозанат эгри чизиги $y^* = f(x)$;
- 2) фазалар сарфлари ўзгармас ($G = \text{const}$, $L = \text{const}$), яъни ишчи чизик тўғри чизик функциясидир.
- 3) масса ўтказиш коэффициенти қурилманинг баландлиги бўйича ўзгармайди, яъни $K_x = \text{const}$, $K_y = \text{const}$.

Масса ўтказиш жараёнида dF элементар юзадан Φ_y фазанинг концентрацияси dy га камаяди ва тарқалган масса dM нинг миқдори қуйидагича аниқланади:

$$dM = -Gdy$$

Тенглама ўнг томонидаги манфий ишора Φ_y фазадаги концентрациянинг камайишини ифодалайди.

Худди шу микдордаги dM масса Φ_x фазага ўтиб, унинг концентрациясини dx қийматга оширади. Унда, dF элементар юза учун масса ўтказиш тенгласини ушбу кўринишда ёзиш мумкин:

$$dM = -Gdy = K_y(y - y^*) \cdot dF \quad (2.13)$$

Ўзгарувчи y ва F қийматларни ажратиб (2.13) тенгламани интегралласак (концентрация бўйича y_δ дан y_{ox} гача, тўқнашиш юзаси бўйича O дан F гача), қуйидаги тенгламани оламиз:

$$\int_{y_\delta}^{y_{ox}} \frac{dy}{y - y^*} = \int_0^F \frac{K_y}{G} dF$$

бундан

$$\int_{y_\delta}^{y_{ox}} \frac{dy}{y - y^*} = \frac{K_y}{G} F \quad (2.14)$$

Моддий баланс тенгласига биноан, бутун қурилма учун бир фазадан иккинчисига ўтган модда массаси қуйидаги тенгламадан аниқланади:

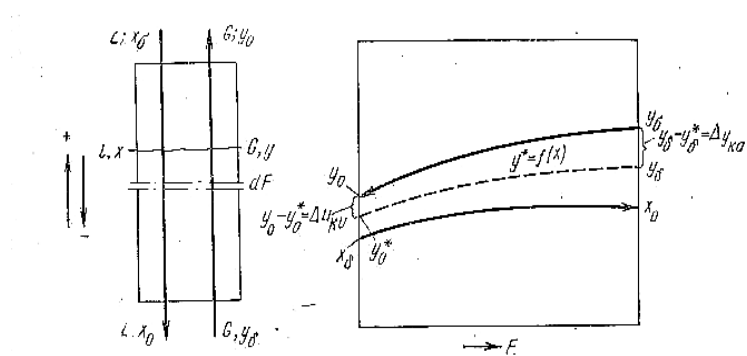
$$M = G \cdot (y_\delta - y_{ox})$$

Охирги ифодадаги G нинг қийматини (7.49) тенгламага қўйсак, ушбу кўринишга эришамиз:

$$\int_{y_{ox}}^{y_\delta} \frac{dy}{y - y^*} = \frac{K_y \cdot F}{M} (y_\delta - y_{ox})$$

бундан:

$$M = K_y F \frac{y_\delta - y_{ox}}{\int_{y_{ox}}^{y_\delta} \frac{dy}{y - y^*}} \quad (2.15)$$



2.3-расм. Масса ўтказиш жараёнининг ўртача ҳаракатга келтирувчи кучини аниқлашга оид.

(2.15) тенгламани (2.4) билан таққослаб, (2.15) тенгламанинг охирги кўпайтмаси масса алмашилиш жараёнининг ўртача ҳаракатга келтирувчи кучини ифода этишини биламиз:

$$\Delta y_{yp} = \frac{y_{\bar{o}} - y_{ox}}{\int_{y_{ox}}^{y_{\bar{o}}} \frac{dy}{y - y^*}} \quad (2.16)$$

Худди шундай Φ_x фазадаги Δx_{yp} ни қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$\Delta x_{yp} = \frac{x_{ox} - x_{\bar{o}}}{\int_{x_{\bar{o}}}^{x_{ox}} \frac{dx}{x^* - x}} \quad (2.17)$$

Мувозанат чизиғи тўғри чизиқ ($y^*=mx$) функцияси бўлган ҳолда ўртача логарифмик ёки арифметик катталиқ сифатида аниқлаш мумкин.

Шундай қилиб, Φ_y фазаси учун масса ўтказишнинг ўртача ҳаракатга келтирувчи кучи ушбу тенглама билан ифодаланади:

$$\Delta y_{yp} = \frac{(y_{\bar{o}} - y_{\bar{o}}^*) - (y_{ox} - y_{ox}^*)}{\ln \frac{y_{\bar{o}} - y_{\bar{o}}^*}{y_{ox} - y_{ox}^*}} = \frac{\Delta y_{ka} - \Delta y_{ki}}{2,3 \lg \frac{\Delta y_{ka}}{\Delta y_{ki}}} \quad (2.18)$$

Φ_x фазаси учун масса ўтказишнинг ўртача логарифмик ҳаракатга келтирувчи кучини эса қуйидаги тенглама орқали топиш мумкин:

$$\Delta x_{yp} = \frac{(x_{ox}^* - x_{ox}) - (x_{\bar{o}}^* - x_{\bar{o}})}{\ln \frac{x_{ox}^* - x_{ox}}{x_{\bar{o}}^* - x_{\bar{o}}}} = \frac{\Delta x_{ka} - \Delta x_{ki}}{2,3 \lg \frac{\Delta x_{ka}}{\Delta x_{ki}}} \quad (2.19)$$

Агар $\Delta y_{ka} / \Delta y_{ki} < 2$ бўлган шароитда, техник ҳисоблашлар учун етарли аниқликда, масса ўтказишнинг ўртача ҳаракатга келтирувчи кучи, ўртача арифметик қиймат сифатида топилади:

$$\Delta y_{yp} = \frac{\Delta y_{ka} + \Delta y_{ki}}{2} \quad (2.20)$$

Худди шундай, Φ_x фазаси учун:

$$\Delta x_{yp} = \frac{\Delta x_{ka} + \Delta x_{ki}}{2} \quad (2.21)$$

Ўтказиш бирлигининг сони. (2.16) ва (2.17) тенгламалари маҳражидаги интеграл **ўтказиш бирлигининг сони** деб номланади ва у n_{oy} , n_{ox} билан белгиланади:

$$n_{oy} = \int_{y_{ox}}^{y_{\bar{o}}} \frac{dy}{y - y^*} \quad (2.22)$$

$$n_{ox} = \int_{x_{\bar{o}}}^{x_{ox}} \frac{dx}{x^* - x}$$

(2.22) тенгламадан кўриниб турибдики, ўтказиш бирлигининг сони ва ўртача ҳаракатга келтирувчи куч ўртасида маълум боғлиқлик бор:

$$n_{oy} = \frac{y_{\bar{o}} - y_{ox}}{\Delta y_{yp}} \quad (2.23)$$

$$n_{ox} = \frac{x_{ox} - x_{\bar{o}}}{\Delta x_{yp}}$$

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, тарқалган модда M миқдори ушбу тенгламадан аниқланади:

$$M = G \cdot (y_{\delta} - y_{ox})$$

бу ерда G – Φ_y фаза сарфи.

Ундан ташқари, тарқалган модда миқдори ҳажмий масса ўтказиш коэффициентлари орқали ифодаланган масса бериш тенграмаси ёрдамида топилиши мумкин:

$$M = K_y \cdot aSH\Delta y_{yp}$$

Агар охириги икки тенграмаларнинг ўнг томонларини тенглаштирсак, ушбу ифодани оламиз:

$$K_y \cdot aSH\Delta y_{yp} = G \cdot (y_{\delta} - y_{ox})$$

бундан, қурилманинг ишчи баландлиги:

$$H = \frac{G}{K_y \cdot aS} \cdot \frac{y_{\delta} - y_{ox}}{\Delta y_{yp}} \quad (2.24)$$

(2.24) тенглама ўнг томонидаги биринчи қўпайтмасини n_{oy} деб белгилаб, (2.14) ва (2.22) тенграмаларни ҳисобга олган ҳолда қуйидагига эришамиз:

$$h_{oy} = \frac{H}{n_{oy}} = \frac{HG}{K_y F}$$

Агар фазалар тўқнашиш юзаси $F = aSH$ эканлигини инобатга олсак:

$$h_{oy} = \frac{HG}{K_y aSH} = \frac{G}{K_y \cdot aS} \quad (2.25)$$

ёки

$$h_{ox} = \frac{L}{K_x \cdot aS}$$

$K_y \cdot a = K_v$ ва $G/S = W$ – суюқлик массавий тезлиги, бўлгани учун:

$$h_{oy} = \frac{W}{K_v}$$

ёки

$$h_{ox} = \frac{L}{K_v} \quad (2.26)$$

Шундай қилиб, ўтказиш бирлигининг баландлиги битта ўтказиш бирлигига эквивалент бўлган қурилма баландлигини ифодалайди. Ўтказиш бирлигининг баландлиги масса ўтказишнинг ҳажмий коэффициентига тесқари пропорционалдир. Демак, қурилмада масса ўтказиш интенсивлиги қанчалик юқори бўлса, ўтказиш бирлигининг баландлиги шунчалик кичик бўлади.

Ўтказиш бирлиги баландлиги узунлик ўлчов бирлиги (м) ёрдамида ўлчанади.

Ажратиб олиш коэффициенти. Масса алмашилиш жараёни нуқтаи назаридан қаралганда, қурилманинг самарадорлиги тарқалувчи компонентни газ (ёки суюқлик) фазадан ажратиб олиш даражаси ёрдамида характерланади.

Қурилмада бир фазадан иккинчисига ўтган компонент ҳақиқий массасининг максимал ўтиши мумкин бўлган компонент массасига нисбати масса алмашилиш қурилмаларининг асосий характеристикаси бўлиб, *ажратиб олиш* ёки *бойитиш коэффициенти* деб номланади.

$$\varphi = \frac{y_{\delta} - y_{ox}}{y_{\delta} - y_{ox}^*} \quad (2.27)$$

2.9. Масса алмашилиш қурилмаларининг асосий ўлчамларини ҳисоблаш

Масса алмашилиш қурилмаларини технологик ҳисоблаш уларнинг асосий ўлчамлари: қурилма унумдорлигини характерловчи – диаметр ва унда рўй бераётган жараён интенсивлигини ифодаловчи – ишчи баландликлар аниқланиши зарур.

Қурилма диаметри. Ушбу параметрни ҳисоблаш учун суюқлик сарфи тенгламасидан фойдаланилади:

$$V = w_o \cdot F$$

бу ерда, V – фазанинг ҳажмий сарфи, м³/с; w_o – фазанинг сохта тезлиги, м/с; F – қурилма кўндаланг кесимининг юзаси, м².

Думалоқ кўндаланг кесим юзаси $F = \pi D^2 / 4$. Демак:

$$V = w_o \cdot \frac{\pi D^2}{4}$$

Бундан қурилманинг диаметри:

$$D = \sqrt{\frac{4V}{\pi w_o}} \quad (2.28)$$

Одатда, V катталиқ 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 қаршилиги ҳам ошади; гидравлик қаршилик ортиши билан жараёни ўтказиш учун зарур энергия сарфи кўпаяди. Шунинг учун газ ёки суюқликнинг оптимал тезлигини топиш техник-иқтисодий жиҳатдан мақсадга мувофиқдир. Лекин амалиётда сохта тезликни ҳисоблаб чиқиш ва унинг максимал қийматини топиш билан чегараланади.

Қурилма баландлиги. Масса алмашиниш қурилмасининг баландлиги жараёнда иштирок этувчи фазалар тўқнашуви узлуксиз ёки поғонали бўлишига қараб аниқланиши мумкин.

Узлуксиз тўқнашишли қурилманинг баландлиги. Фазалари узлуксиз тўқнашувда бўлган қурилмаларда унинг баландлиги ҳажмий масса ўтказиш коэффициенти орқали ифодаланган масса ўтказиш формуласи асосида ҳисоблаш мумкин:

$$M = K_y \cdot a \cdot V \cdot \Delta y_{yp} \quad (2.29)$$

ёки

$$M = K_x \cdot a \cdot V \cdot \Delta x_{yp} \quad (2.30)$$

Қурилманинг ишчи ҳажми:

$$V = FH$$

бу ерда, F – қурилма қўндаланг кесими юзаси, м; H – қурилманинг ишчи баландлиги, м.

Агар V нинг қийматини (2.30) га қўйиб, тенгламани H га нисбатан ечсак, қурилманинг баландлигини топамиз:

$$H = \frac{M}{K_y \cdot a \cdot F \cdot \Delta y_{yp}} \quad (2.31)$$

ёки

$$H = \frac{M}{K_x \cdot a \cdot F \cdot \Delta x_{yp}}$$

(2.31) тенгламадан H ни аниқлашда солиштирма юза a ва масса ўтказишнинг сиртий коэффициенти (K_y ёки K_x) ни ёки ушбу катталикларнинг қўпайтмаси бўлмиш ҳажмий масса ўтказиш коэффициенти K_V ни билиш керак.

Қурилманинг ишчи баландлигини аниқлашда ўтказиш бирлиги сони ёрдамида ҳам топиш мумкин, яъни:

$$H = h_{oy} \cdot n_{oy}$$

ёки

$$H = h_{ox} \cdot n_{ox} \quad (2.32)$$

Поғонали тўқнашишли қурилманинг баландлиги. Бундай турдаги қурилмаларнинг, шу жумладан, тарелкали колонналарнинг баландлиги ҳажмий масса ўтказиш коэффициенти орқали 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 орқали аниқланиши мумкин:

$$H = n_x \cdot h$$

бу ерда, h – поғоналар орасидаги масофа.

Кимё, нефть кимёси, нефть ва газни қайта ишлаш ва бошқа саноатларда масса алмашилиш қурилмалари кенг қуламда қўлланилади. Бу турдаги қурилмалар конструкцияси ва ишлаш принципи ушбу адабиётларда батафсил келтирилган [4.5].

Масса алмашилиш қурилмаларида абсорбция, ректификация, экстракция, адсорбция, қуриштириш каби жараёнлар амалга оширилади. Ушбу жараёнлар ўзига хос спецификага эга бўлгани учун ҳамма технологик қурилмаларни ҳисоблаш учун умумий формулаларни тавсия этиб бўлмайди. Шунинг учун, ҳар бир жараёнга алоҳида ёндашиш керак. Лекин, айрим формулаларни кўпчилик масса алмашилиш жараёнларига қўллаш мумкин.

Колоннанинг умумий баландлиги ушбу формуладан аниқланади:

$$H = H_{\text{ишчи}} + H_{\text{сеп}} + H_{\text{куб}} \quad (2.33)$$

бу ерда $H_{\text{ишчи}}$ - колонна ишчи қисми, м; $H_{\text{сеп}}$ - колонна сепарацион қисми, м; $H_{\text{куб}}$ - колонна куб (пастки) қисми, м.

Тарелкали абсорбцион колонналар ишчи баландлиги (2.34) формуладан топилади:

$$H_{\text{раб}} = (n_t - 1) \cdot H_t \quad (2.34)$$

бу ерда n_t - колоннадаги тарелкалар сони, дона; H_t - тарелкалар орасидаги масофа, м. Айрим турдаги тавсия этиладиган тарелкалар учун H_t нинг қийматлари И58...И60-жадвалларда келтирилган.

Насадкали колонна учун $H_{\text{раб}}$ – насадка баландлиги. Агар, колоннада суюқ фаза учун қайта тақсимлаш мосламаси ўрнатилса, унда $H_{\text{раб}}$ – бу насадка баландлиги ва насадкалараро масофа йиғиндисидан иборат бўлади., м.

2-1 жадвал

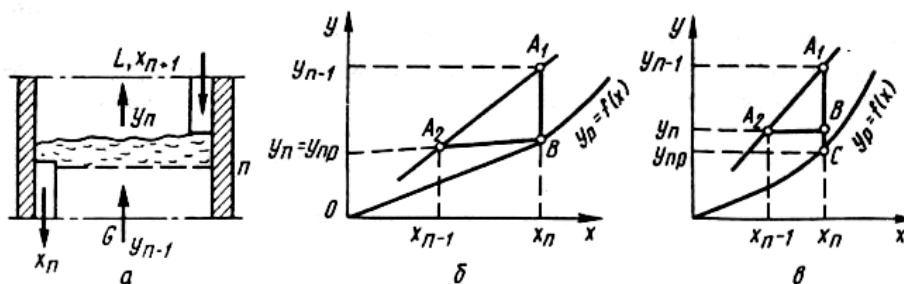
Тарелка характеристикалари

Тарелка тури	Диаметр D , мм	Ижро	Тарелкалар орасидаги масофа H_t , мм
Қалпоқчали			
ТСК-1	400...1000	ажралмас	200...500
ТСК-Р	1000...3600	ажралувчан	300...1200
ТСК-РЦ	1400...5000	ажралувчан	300...900
ТСК-РБ	1400...5000	ажралувчан	300...900
Элаксимон			
ТС-Р	1000...4000	ажралувчан	
ТС-Р2	1000...4000	ажралувчан	
Жалюз-клапанли ТСЖК-2	1400...5000	ажралувчан	450...1200
Панжарали ТС - Р	400...800	ажралмас	200...500
Клапанли ТКП	1000...9000	ажралувчан	300...900
Элаксимон қайтарувчи элементли ТСО	1000...4000	ажралувчан	450...900

Поғоналар сонини аниқлашнинг аналитик усули. n - поғонали, қарама-қарши йўналишли, колоннали қурилмада масса алмашилиш жараёнини кўриб чиқамиз (2.4-расм).

Колонна тарелкасига y_{n-1} концентрацияли G газ фаза ва x_{n+1} концентрацияли L суюқ фаза узатилмоқда. Масса алмашилиш натижасида газ фазанинг концентрацияси y_n микдоргача

пасайса, суюқ фазаники x_n миқдоргача кўпаяди. Тарелкадан чиқиб кетаётган газ y_n ва ундан оқиб тушаётган суюқлик x_n таркибларининг мувозанат ҳолати концентрациялари мувозанат чизиғида B нуқта билан ифодаланади (2.4-расм).



2.4-расм. Тарелкада масса алмашиниш ва жараёни
у - х координатларида тасвирлаш:

а- тарелкада масса алмашиниш; б – тарелка мувозанат бўлган шароитда – идеал жараён; в – тарелкада мувозанат бўлмаган шароитда – ҳақиқий жараён.

Назарий поғонада газ фазаси концентрациясининг ўзгаришига A_1B вертикал чизик тўғри келади. Суюқ фазада концентрациянинг x_n дан x_{n+1} гача ўзгариши BA_2 горизонтал чизик билан ифодаланади.

Шундай қилиб, A_1BA_2 «поғона» назарий тарелкада иккала фазалар концентрацияларининг ўзгаришини тасвирлайди. Колоннали қурилмаларда назарий тарелкалар сонини аниқлаш учун бошланғич ва охириги концентрациялар оралиғида кетма-кет шундай «поғоналар» қурилади.

Ҳақиқий тарелкалар сонини топиш учун қурилманинг ф.и.к. дан фойдаланилади. Ушбу коэффицент ҳақиқий тарелкадаги масса алмашиниш жараёнининг реал кинетикасини ҳисобга олади ва тарелкалар тузилишига қараб $\eta=0,5...0,8$ оралиқда бўлади.

Ф.и.к. ҳисобга олинган ҳолларда, тарелкаларнинг ҳақиқий сони ушбу нисбатдан топилади:

$$n_x = \frac{\eta_n}{\eta} \quad (2.35)$$

бу ерда, η_n – назарий тарелкалар сони; η – ф.и.к.

Тарелкалар ф.и.к. унинг тузилишига, газ ва суюқликларнинг физик – кимёвий хоссаларига ҳамда оқимлар гидродинамикасига боғлиқдир.

Шуни назарда тутиш керакки, назарий тарелкалар сони ёрдамида қурилма баландлигини аниқлаш тахминий усул бўлиб ҳисобланади. Бундан, фақат масса ўтказиш коэффиценти ёки ф.и.к. нинг ишончли қийматлари бўлмаган ҳолатларда фойдаланиш мумкин.

Кўпинча, масса алмашиниш жараёнларида мувозанат ҳолатига эришиб бўлмайди. Шунинг учун, ҳақиқий тўқнашиш поғоналарини аниқлаш 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 $y_{n-1}-y_n$ фарқ билан (2.4в-расм, A_1B кесма), суюқликни идеал аралаштириш пайтидаги ҳаракатга келтирувчи куч эса, $y_{n-1}-y_{np}$ (2.4в-расм, A_1C кесма) фарқ билан ифодаланади.

Унда, поғоналарнинг самарадорлиги ёки ф.и.к. қуйидагича ҳисобланади:

$$E_y = \frac{y_{n-1} - y_n}{y_{n-1} - y_{np}} \quad (2.36)$$

Қурилма баландлиги эса ушбу нисбатдан топилади:

$$H = \frac{n_x \cdot h_x}{\eta} \quad (2.37)$$

$y > y_p$ бўлганда, n – тарелка учун ҳаракатга келтирувчи куч қуйидагича аниқланади:

$$\Delta y_{yp} = \frac{(y_{n-1} - y_{np}) - (y_n - y_{np})}{\ln \frac{y_{n-1} - y_{np}}{y_n - y_{np}}} = \frac{y_{n-1} - y_n}{\ln \frac{y_{n-1} - y_{np}}{y_n - y_{np}}} \quad (2.38)$$

Ўтказиш бирлигининг сони эса,

$$m_y = \ln \frac{y_{n-1} - y_{np}}{y_n - y_{np}} \quad (2.39)$$

бундан

$$e^{m_y} = \frac{y_{n-1} - y_{np}}{y_n - y_{np}} \quad (2.40)$$

2.4-расмдан кўришиб турибдики, $e^{m_y} = AC/BC$ ёки $BC = AC e^{-m_y}$. Агар, e^{-m_y} маълум бўлса, BC кесма бўйича B , B_1 , B_2 нуқталар ўрнини топиш мумкин. B , B_1 , $B_2, \dots$ нуқталарни бирлаштириб, ҳар бир тарелкадан чиқишдаги фазанинг концентрациясини ифодаловчи жараённинг кинетик чизигини оламиз.

Масса ўтказиш коэффициентини β_y ва β_x ларни ҳисобга олган ҳолда аниқланади:

$$K_q = \frac{1}{\frac{1}{\beta_y} + \frac{m}{\beta_x}}$$

Шундай қилиб, K_y ва e^{-m_y} қийматларни ҳамда CB кесмани ҳисоблаб, кинетик чизик ўрнини топиш мумкин.

Поғоналар самарадорлиги ва ўтказиш бирлигининг сони орасида эса қуйидаги боғлиқлик бор:

$$e^{-m_y} = 1 - \frac{y_{n-1} - y_n}{y_n - y_{np}} = 1 - E_y \quad (2.41)$$

бундан

$$E_y = 1 - e^{-m_y} \quad (2.42)$$

2.10. Абсорбция жараёни ва қурилмаларини ҳисоблаш формулалари

Абсорбцион колонналар иқтисодиятнинг турли соҳаларида кенг қўламда, чунончи тайёр маҳсулот олишда суюқлик билан газни ютиш, газ аралашмаларини компонентларга ажратиш, газларни турли зарарли аралашмалардан тозалаш, газсимон чиқиндилардан қимматбаҳо компонентларни ушлаб олиш учун қўлланилмоқда.

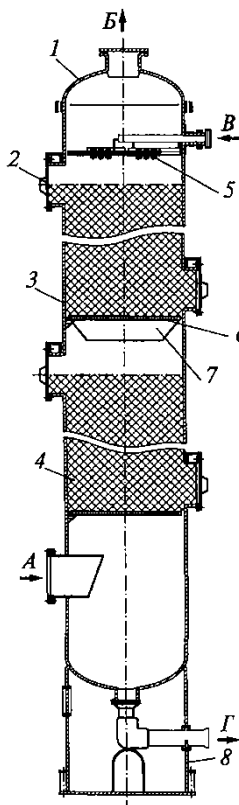
Бу турдаги абсорберларни ҳисоблаш услуби нуқтаи назаридан икки гуруҳга ажратиш мумкин:

- узлуксиз тўқнашувчи фазалар (пурковчи, насадкали колонналар);

- поғонали тўқнашувчи фазалар (тарелкали колонналар).

Фазалар тўқнашишига қараб ишчи чизиклар, колоннада газ фазасининг тезликлари ва унинг баландлигини ҳисоблаш учун турли тенгламалар ишлатилади.

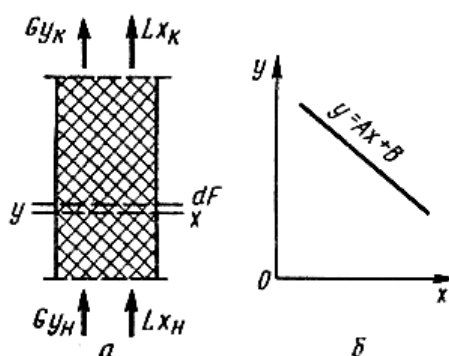
2.5-расмда насадкали абсорбцион колонна тасвирланган.



2.5-расм. Насадкали абсорбцион колонна.

1-қопқоқ; 2-люк; 3-қобик; 4-насадка қатлами; 5-суюқлик тақсимлагич;
6-таянч панжара; 7-суюқлик қайта тақсимлагич; 8-қурилма таянчи;
А-газ кириши; Б-газ чиқиши; В,Г-суюқлик кириши ва чиқиши.

Бир хил йўналишли фазалар ўртасида масса алмашилиш рўй бераётган элементар масса алмашилиш қурилмасининг схемасини кўриб чиқамиз. Фазаларни ажратиб турувчи юзага нисбатан массавий тезликларини G ва L (кг/соат), тарқалувчи модда концентрацияларини эса y ва x (кг/кг) деб белгилаб оламиз (2.5-расм).



2.5-расм. Жараённинг моддий балансини тузишга ва ишчи чизик тенгламасини келтириб чиқаришга оид.

а - қурилмадаги оқимлар схемаси;

б - y - x координатларда ишчи чизикни тасвирлаш.

Агар $y > y_m$ деб фараз қилсак, тарқалувчи модда G фазадан L фазага ўтади, аммо G фазада концентрация $\bar{y}_o$ дан $\bar{y}_{ox}$ гача камаяди.

L фазада эса, мос равишда концентрация $\bar{x}_o$ дан $\bar{x}_{ox}$ гача ортади.

Агар, ажратиб олинadиган компонентни нисбий массавий ёки моль концентрациялар орқали ифодаласак,

$$Y = \frac{y}{1-y}; \quad X = \frac{x}{1-x} \quad (2.43)$$

Унда моддий балансни ушбу кўринишда ёзилади:

$$G_o \cdot (Y_o - Y_{ox}) = L_{ox} (X_{ox} - X_o) = M \quad (2.44)$$

Газ фазада тарқалаётган компонентнинг охирги концентрацияси Y_{ox} ни белгиланган ажратиш қийматидан аниқлаш мумкин:

$$\eta = \frac{Y_o - Y_{ox}}{Y_o} \quad (2.45)$$

Унда, газдан суюқликка ўтаётган компонент сарфини қуйидагича топиш мумкин:

$$M = G_o \cdot Y_o \cdot \eta \quad (2.46)$$

Абсорбент сарфини ҳисоблаш. Абсорбент ишчи сарфини минималга қараганда 20...50% га кўпроқ қабул қилинади. Қурилмадан чиқишда суюқлик концентрацияси компонентнинг газдаги концентрацияси билан мувозанатда деб қабул ҳисобланган сарф минимал сарфдир ва у уўбу формуладан аниқланади:

$$L_{\min} = \frac{M}{X^* - X_o} \quad (2.47)$$

бу ерда X^* - қурилмадан чиқаётган суюқликдаги компонентнинг нисбий моль ёки массавий концентрацияси бўлиб, компонентнинг газдаги мувозанат концентрацияси.

Колоннада газнинг ишчи тезлигини ҳисоблаш. Ушбу тезликни ҳисоблашдан мақсад насадкали колонна диаметрини аниқлашдир. Газнинг ишчи тезлиги w колоннани суюқлик билан тикилиб қилиш тезлигидан кам қилиб қабул қилинади, чунки бу режим нотурғун бўлади ва суюқликни газ фаза билан учириб чиқиши кузатилади.

Насадкали колонналарда тикилиб қолиш ҳолатини ифодаловчи газ тезлиги проф. А.Г.Касаткин томонидан келтириб чиқарилган формула ёрдамида ҳисобланади ($\rho_{жс} > \rho_г$):

$$\lg \left(\frac{w_3^2 \cdot a \cdot \rho_г}{g \cdot \varepsilon^3 \cdot \rho_{жс}} + \frac{\rho_г}{\rho_{жс}} \cdot \mu_{жс}^{0,16} \right) = 0,076 - 1,75 \cdot \left(\frac{L}{G} \right)^{0,25} \cdot \left(\frac{\rho_г}{\rho_{жс}} \right)^{0,125} \quad (2.48)$$

бу ерда, a – насадканинг солиштирма юзаси, m^2/m^3 ; ε – насадканинг бўш ҳажми, m^2/m^3 ; L ва G – суюқлик ва газнинг массавий сарфлари; $кт/с$; w_3 – тикилиб қолиш тезлиги, $м/с$; $\rho_г$ ва $\rho_{жс}$ – газ ва суюқ фазалар зичликлари, $кг/м^3$; L ва G – суюқ ва газ фазаларнинг массавий сарфи, $кг/с$.

Газнинг ишчи тезлиги чегаравий тезликдан 10...30% камроқ қилиб қабул қилинади:

$$w_3 = (0,7...0,9) \cdot w_3 \quad (2.49)$$

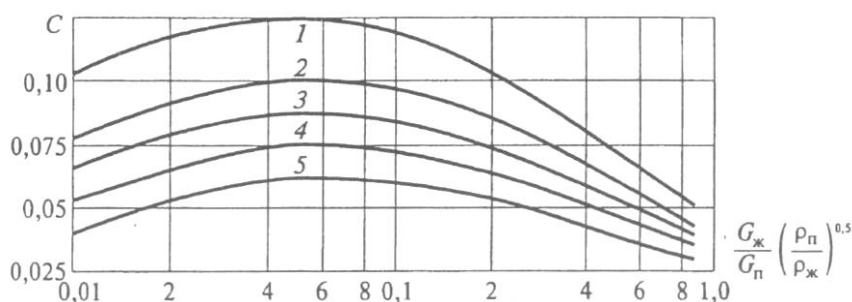
Вакуум остида ишлайдиган колонналарда, бутун баландлиги бўйича босим йўқотилишини камайтириш мақсадида, ишчи тезлик қийматлари пастроқ қабул қилиниши тавсия этилади:

$$w_3 = (0,5...0,7) \cdot w_3 \quad (2.50)$$

Тарелкали абсорбцион колонналарда газнинг тезлиги ушбу тенгламадан ҳисоблаш мумкин:

$$w_3 = \psi \cdot C \cdot \sqrt{\frac{\rho_{жс}}{\rho_2} - 1} \quad (2.51)$$

бу ерда, ψ – суюқликнинг кўпириш омили (2-2 жадвал); C – ишчи режим ва тарелкалар орасидаги масофага боғлиқ коэффициент (2.6-расм).



2.6-расм. Коэффициент C нинг тарелкалар орасидаги масофага боғлиқлиги.
1-0,7 м; 2-0,6 м; 3-0,5 м; 4-0,4 м; 5-0,3 м.

2-2 жадвал

Суюқлик кўпириши	ψ	K_1	K_2
Кичик (нефть фракциялари, углеводородли газларни ректификациялаш)	1...0,9	0,250	0,65
Ўртача (нефтни атмосфера босимида ҳайдаш, углеводородларни абсорбция ва десорбциялаш, амин ва гликолларни регенерация қилиш)	0,9...0,7	0,225	0,80
Катта (нефтни вакуум остида ҳайдаш, амин ва гликоль, глицерин эритмалари, метилэтилкетонлар билан абсорбциялаш)	0,7...0,6	0,118	1,30

Кўриниб турибдики, газнинг тезлиги колоннанинг ички мослама ўлчамлари билан белгиланади. Масалан, насадкали колонналарда газ тезлиги насадка ўлчамларига, тарелкали колонналарда эса - улар орасидаги масофага боғлиқ.

Колонна ишчи баландлигини ҳисоблаш. Насадка қатлами баландлигини ҳисоблаш учун кўпинча ўтиш бирлиги сонини (ЧЭП) $N_{ог}$ ва ўтиш бирлигига эквивалент насадка баландлиги (ВЭП) ни ҳисоблаш усулидан фойдаланилади.

Ўтиш бирлиги сони бу тарқалаётган компонент концентрациясининг ўзгариш бўлиб, ҳам газ фаза, ҳам суюқлик фазасининг ўртача ҳаракатга келтирувчи кучга нисбати орқали ифодаланиши мумкин:

$$N_{oz} = \frac{y_{\bar{o}} - y_{ox}}{\Delta y_{\bar{y}p}} \quad \text{ёки} \quad N_{о\bar{o}c} = \frac{x_{\bar{o}} - x_{ox}}{\Delta x_{\bar{y}p}} \quad (252)$$

Φ_y фазаси учун масса ўтказишнинг ўртача ҳаракатга келтирувчи кучи ушбу тенглама билан ифодаланади:

$$\Delta y_{yp} = \frac{(y_{\bar{o}} - y_{\bar{o}}^*) - (y_{ox} - y_{ox}^*)}{\ln \frac{y_{\bar{o}} - y_{\bar{o}}^*}{y_{ox} - y_{ox}^*}} = \frac{\Delta y_{ka} - \Delta y_{ki}}{2,3 \lg \frac{\Delta y_{ka}}{\Delta y_{ki}}} \quad (2.53)$$

Φ_x фазаси учун масса ўтказишнинг ўртача логарифмик ҳаракатга келтирувчи кучини эса қуйидаги тенглама орқали топиш мумкин:

$$\Delta x_{yp} = \frac{(x_{ox}^* - x_{ox}) - (x_{\bar{o}}^* - x_{\bar{o}})}{\ln \frac{x_{ox}^* - x_{ox}}{x_{\bar{o}}^* - x_{\bar{o}}}} = \frac{\Delta x_{ka} - \Delta x_{ki}}{2,3 \lg \frac{\Delta x_{ka}}{\Delta x_{ki}}} \quad (2.54)$$

Агар $\Delta y_{ka} / \Delta y_{ki} < 2$ бўлган шароитда, техник ҳисоблашлар учун етарли аниқликда, масса ўтказишнинг ўртача ҳаракатга келтирувчи кучи, ўртача арифметик қиймат сифатида топилади:

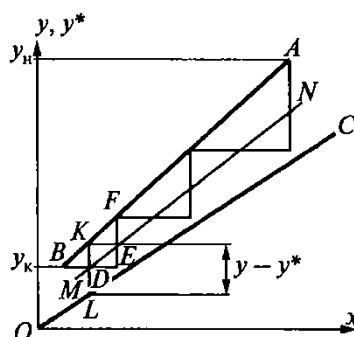
$$\Delta y_{yp} = \frac{\Delta y_{ka} + \Delta y_{ki}}{2} \quad (2.55)$$

Худди шундай, Φ_x фазаси учун:

$$\Delta x_{yp} = \frac{\Delta x_{ka} + \Delta x_{ki}}{2} \quad (2.55a)$$

Агар мувозанат чизиғи тўғри чизик кўринишида бўлса, унда ЧЕП (2.52) формуладан аниқланади.

ЧЕП ни Бейкернинг график усулидан фойдаланиб ҳам топса бўлади. Бунинг учун $y - x$ диаграммада ишчи AB ва мувозанат OC чизиклари қурилади (2.7-расм). Сўнг, AB ва OC ординатларни тенг иккига бўлувчи ўрта чизик MN ни ўтказамиз.



2.7-расм. N_{oz} ни Бейкернинг график усули ёрдамида аниқлаш.
 AB – ишчи чизик; OC – мувозанат чизиғи.

Шундай қилиб, EF газ концентрациясининг ўзгаришини ифодаловчи кесма бўлиб, битта

Ўтказиш бирлигига тенг. Худди шундай A (газнинг бошланғич ҳолати) нуктасигача қуришни давом эттириб, ЧЕП ни топамиз. Ушбу усулни бир поғонага тегишли участкада мувозанат чизиғи тўғри чизикдан озгина фарқланганда қўллаш мумкин.

Газ фаза бўйича ўтказиш бирлиги баландлиги h_z қуйидаги формуладан топилади:
- тўкма насадкалар учун

$$h_z = 0,615 \cdot d_z \cdot \text{Re}_z^{0,345} \cdot (\text{Pr}_z')^{0,667} \quad (2.56)$$

бу ерда $\text{Re}_z = w d_z \rho_z / \mu_z$ – газ фаза учун Рейнольдс критерийси; $\text{Pr}_z' = \mu_z / \rho_z D_z$ – диффузион Прандтль критерийси; d_z – насадка эквивалент диаметри, м; D_z – газда ютилаётган компонент диффузия коэффициента, м²/с.
- **регуляр** насадкалар учун

$$h_z = 1,5 \cdot d_z \cdot \text{Re}_z^{0,26} \cdot (\text{Pr}_z')^{0,66} \cdot \left(\frac{l}{d_z} \right)^{0,47} \quad (2.57)$$

бу ерда l – насадка қатламининг баландлиги, м.

Суюқ фаза бўйича ўтказиш бирлиги баландлиги $h_{ж}$ қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$h_{ж} = 119 \cdot \delta_{np} \cdot \text{Re}_{ж}^{0,25} \cdot (\text{Pr}_{ж}')^{0,5} \quad (2.59)$$

бу ерда $\text{Re}_{ж} = 4 w_{ж} \rho_{ж} / a \mu_{ж}$ – суюқ фаза учун Рейнольдс критерийси; $\text{Pr}_{ж}' = \mu_{ж} / \rho_{ж} D_{ж}$ – диффузион Прандтль критерийси; a – насадка солиштирма юзаси, м²/м³; $D_{ж}$ – суюқликда ютилаётган компонент диффузия коэффициента, м²/с; $\delta_{np} = \sqrt[3]{\mu_{ж}^2 / \rho_{ж}^2 \cdot g}$ – насадка юзасидаги суюқлик юпка қатламининг келтирилган қалинлиги, м.

Ўтказиш бирлигининг умумий баландлиги ушбу формуладан топилади:

$$h_{oz} = h_z + \frac{mG}{L} \cdot h_{ж} \quad (2.60)$$

Насадка баландлиги қуйидагича ҳисобланади:

$$H_{ишчи} = N h_{oz} \quad (2.61)$$

бу ерда N – ўтказиш бирлиги сони.

Колоннанинг умумий баландлиги ушбу формуладан аниқланади:

$$H = H_{ишчи} + H_{сеп} + H_{куб} \quad (2.62)$$

Тарелкали абсорбцион колонналар ишчи баландлиги (2.63) формуладан топилади:

$$H_{раб} = (n_r - 1) \cdot H_r \quad (2.63)$$

бу ерда n_r – колоннадаги тарелкалар сони, дона; H_r – тарелкалар орасидаги масофа, м. Айрим турдаги тавсия этиладиган тарелкалар учун H_r нинг қийматлари И58...И60-жадвалларда келтирилган.

Лекин, (2.63) формула бўйича колонна ишчи баландлигини топиш учун ҳақиқий тарелкалар сони n_d ни билиш даркор. Уни аниқлаш усули танлаш поғона самарадорлигини баҳолаш услубига боғлиқ. Агар, тажрибадан тарелка ф.и.к. маълум бўлса, унда:

$$n_d = \frac{\eta_r}{\eta} \quad (2.64)$$

бу ерда n_T - колоннадаги назарий тарелкалар сони, дона; η - ф.и.к. (Мерффри бўйича).

Формуладаги ф.и.к. қуйидаги формуладан топиш мумкин:

$$\eta = \frac{y_{чик} - y_{кир}}{y^* - y_{кир}} \quad (2.65)$$

бу ерда $y_{кир}$, $y_{чик}$ - тарелкага кириш ва чиқиш даврида газ фазада тарқалаётган компонент концентрациялари, моль ёки массавий улуш; y^* - суюқликдаги компонент концентрацияси билан мувозанатда бўлган газдаги компонент концентрацияси, моль ёки массавий улуш.

Тарелкада масса бериш жараёнини баҳолаш учун олимлар томонидан бир қатор формулалар келтириб чиқаришган бўлиб, улар тарелка турини, гидродинамик режимни, ажратиладиган аралашмалар хоссалари (физик-кимёвий хоссалари, кўпириши) ни ва жараённи ташкил этиш шароитларини инобатга олган.

Турли хил конструкцияли тарелка (элаксимон, клапанли ва провальных) ларда масса бериш коэффициентини ҳисоблаш учун умумлаштирилган тенгламалар таклиф этилган:

$$\beta_z = 624000 f_{св} \cdot D_z^{0,5} \cdot \left(\frac{w}{\varepsilon} \right)^{0,5} \cdot h_{см} \cdot \left(\frac{\mu_z}{\mu_{жс} + \mu_z} \right)^{0,5} \quad (2.66)$$

$$\beta_{жс} = 624000 \cdot D_{жс}^{0,5} \cdot \left[\frac{u}{(1 - \varepsilon)} \right]^{0,5} \cdot h_{см} \cdot \left(\frac{\mu_z}{\mu_{жс} + \mu_z} \right)^{0,5} \quad (2.67)$$

бу ерда β_T , $\beta_{ж}$ - бирлик ишчи юзага тўғри келган газ ва суюқлик фазалар учун масса бериш коэффициентлари, м/с; ε - барботаж қатламда газ микдори, м³/м³; $f_{св}$ - тарелка тешиклари юзасининг нисбий улуши; $h_{см}$ - статик қатлам баландлиги (кўпирмаган қисми), м; u - тарелка ишчи юзасига тўғри келадиган суюқликни пуркаш зичлиги ва у ушбу формуладан топилади:

$$u = \frac{L_m}{\rho_{жс} \cdot f_m} \quad (2.68)$$

бу ерда L_m - суюқликнинг массавий сарфи, кг/с; f_T - тарелка ишчи юзаси, м².

Масса бериш коэффициентлари β_T ва $\beta_{ж}$ маълум бўлса, битта тарелка учун ўтказиш бирлиги сонини аниқлаш мумкин:

$$n_z = \frac{\beta_z}{G} \quad (2.69)$$

$$n_{жс} = \frac{\beta_{жс}}{L} \quad (2.70)$$

Умумий ўтказиш бирлиги баландлиги $h_{ог}$ (2.70) формуладан ҳисобланса, тарелкаларнинг ҳақиқий сони n_d ушбу формуладан аниқланади:

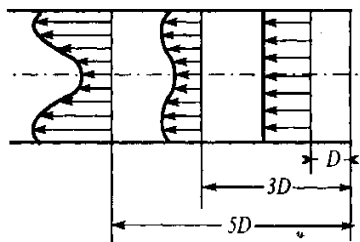
$$n_d = \frac{n_T}{n_{ог}} \quad (2.71)$$

бу ерда n_T - бутун колоннанинг назарий ўтказиш бирлиги сони (2.7-расмдан олинади); $n_{ог}$ - тарелка умумий ўтказиш бирлиги сони.

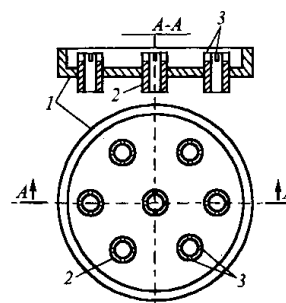
Колонна ишчи қисми (2.63), колоннанинг умумий баландлиги эса (2.62) формуладан ҳисоблаб топилади.

2.11. Насадка ва тарелкалар конструкциялари

Насадкали абсорберларда тақсимлагич 1 ёрдамида суюқлик бир меъёрда қурилма қўндаланг кесими бўйича пуркалади. Лекин бу турдаги колонналарнинг энг асосий камчилиги шундаки, қурилма қўндаланг кесими бўйлаб юпқа қатламли суюқлик бир текис оқиб тушмайди. Бунга сабаб девор олди эффектидир. Пастга оқиб тушиши билан ушбу камчилик янада ортиб боради (2.8а-расм). Суюқлик сарфи кичик бўлгани учун колонна ўқида абсорбернинг самарадорлиги ёмонлашади. Қурилма қўндаланг кесими бўйлаб суюқлик оқими нотекислигини бартараф қилиш учун насадка секциялари орасига қайта тақсимлаш мосламаси ўрнатилади (2.8б-расм). Ушбу мослама суюқликни ўртага йиғиб, насадкага бир текисда тақсимлаб, суюқлик билан яхши ювилишини таъминлайди.



2.8а-расм. Колоннали қурилмада баланд қатламли насадка орқали оқиб тушаётган суюқлик тезлигининг эпюралари.

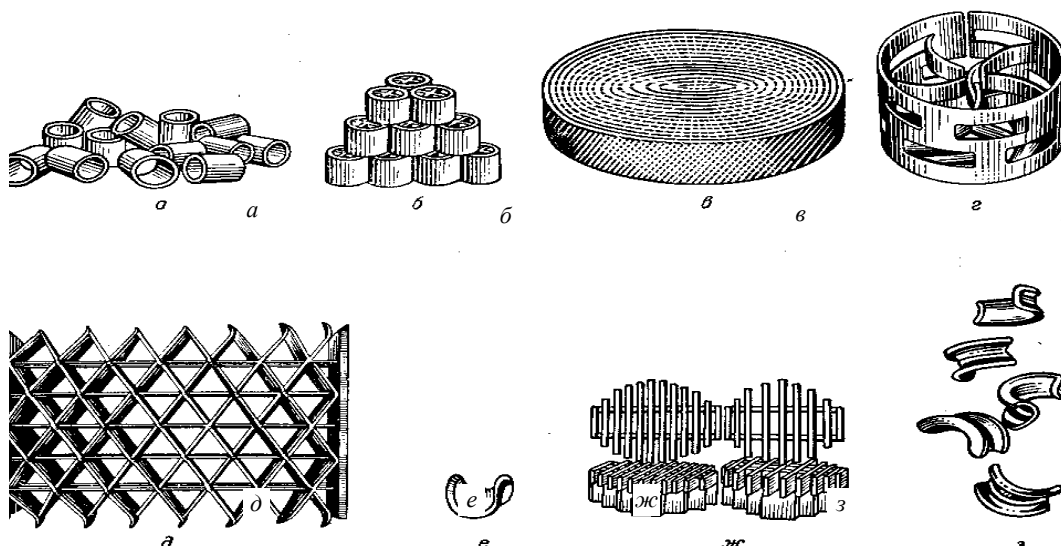


2.8б-расм. Қайта тақсимлаш тарелкаси.

1-тарелка; 2-патрубок; 3-патрубка тирқишлари.

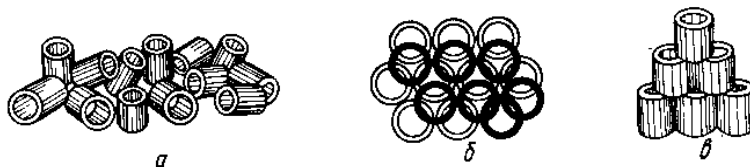
Насадкалар ушбу талабларга жавоб бериш керак: катта солиштира юзага эга бўлиши; газ оқимига кўрсатадиган гидравлик қаршилиги кичик бўлиши; ишчи суюқлик билан яхши ҳўлланилиши; абсорбер қўндаланг кесим юзаси бўйлаб суюқликни бир текисда тақсимлаши; иккала фаза таъсири остида емирилмайдиган бўлиши; енгил ва арзон бўлиши керак.

Саноатда қўлланиладиган насадкаларнинг баъзи бир турлари ва уларни қурилмада жойлаш усуллари 2.9-расмда келтирилган.



2.9-расм. Насадка турлари.

а - Рашиг ҳалқаси (тартибсиз жойлашган); б - тўсиқли ҳалқа (тартибли жойлашган); в - Гудное насадкаси; г - Пал ҳалқаси; д - «Спрейпак» насадкаси; е - Бёрл эгари; ж - ватарли насадка; з - «Инталлокс» эгари.



Рашиг халқалари

Бу насадкаларнинг ичида энг кенг тарқалган насадка Рашиг халқаларидир. Ундан ташқари, керамик жисм, кокс, майдаланган кварц, полимер халқа, металл тўр ва панжара, шар, пропеллер ва паррак, эгарсимон элемент ва бошқа жисмлар ишлатилади.

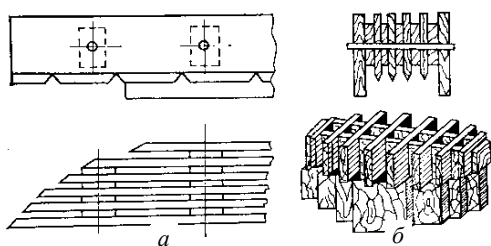
Рашиг халқалари 15x15x2,5; 25x25x3; 50x50x5 мм ўлчамли қилиб ясалади. Шар ва цилиндрга қараганда 30% кўпроқ юзага эга. Насадкаларнинг геометрик характеристикаси бўлиб эквивалент диаметр ҳисобланади:

$$d_s = \frac{4V_{\text{бх}}}{a} \quad (2.72)$$

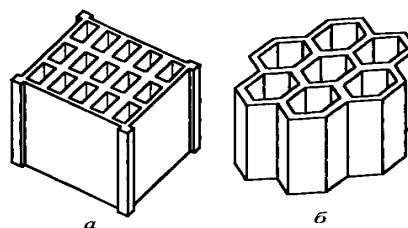
бу ерда, $V_{\text{бх}}$ – бўш ҳажм, $\text{м}^3/\text{м}^3$; a – солиштирма юза, $\text{м}^2/\text{м}^3$.

Рашиг халқаларининг ўлчамлари катталариши билан солиштирма юзаси 300; 204; 87,5 $\text{м}^2/\text{м}^3$ ва бўш ҳажми 0,7; 0,74; 0,785 $\text{м}^3/\text{м}^3$ миқдорларга тенг бўлади. Уларни углеродли ва легирланган пўлат ҳамда рангли металл трубалардан тайёрлаш мумкин. Труба деворининг қалинлиги 0,4-1,5 мм. Ҳозирги кунда фарфор, шамот, керамика, шиша, полиэтилен, полипропилен ва бошқалардан Рашига халқалари тайёрланмоқда. Рашиг халқаларининг гидравлик қаршилиги кичик ва газларнинг юқори тезликларда ҳаракатини таъминлайди

Ватарли насадка. Ушбу насадка қовурғасига қўйилган қалинлиги 10-13 мм ли ва баландлиги 100-150 мм ли ёғоч тахта 1 лардан иборат бўлиб, ўзаро темир чивик 2 лар ёрдамида маҳкамланган ва панжара кўринишига эга (2.9ж-расм). Тахталар орасидаги масофа 10-15 мм. Панжаралар бир-бирининг устига 90° буриб тахланади. Бундай конструкция насадканинг ҳамма элементларида суюқликнинг бир текисда юпқа қатламли ҳаракати таъминланади. Шундай қилиб, ватарли насадка ўрнатилган абсорберларни юпқа қатламли бошқариладиган абсорберлар қаторига қўшса бўлади. Ватарли насадкалар графит, пластмасса, металл ва кўпинча махсус эритма шимдирилган ёғочдан тайёрланади. Пастки панжарага ортиқча юклама тушмаслиги учун панжаралар 15-20 дона қилиб тахланади. Пастки қатор насадкаларга катта оғирлик тушмаслиги учун ҳар бир секция алоҳида ўзининг таянч мосламасига ўрнатилади.



2.9ж-расм. Ватарли насадка.



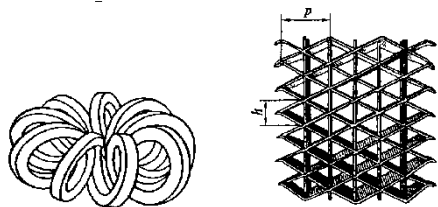
2.9и-расм. Блокли насадка.

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 қатор-қатор қилиб қўйилади (2.9и-расм).

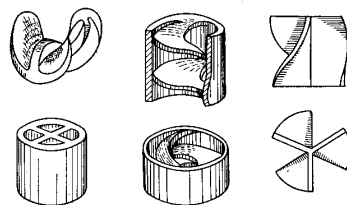
Суюқликни тақсимлаш учун махсус мослама йўқлиги, суюқликнинг бир текисда тақсимланишини таъминламайди ва самарадорлигини пасайтиради. Ушбу турдаги насадкалар газ оқимининг тезлиги жуда юқори бўлганда ва газ аралашмасини тозалашга талаблар юқори бўлмаган ҳолларда ишлатилади.

Абсорберлар самарадорлигини ошириш учун қўлланиладиган насадкалар солиштирма юзаси ($\text{м}^2/\text{м}^3$) катта бўлиши керак. Солиштирма юза миқдорини анча оширса бўлади, агар насадкаларнинг кичик ўлчамлиги қўлланилса. Лекин бунда гидравлик қаршилик газ оқими бўйича кўпайиб кетади ва газни узатиш учун энергия сарфи ортиб кетади. Шунинг учун, кичик гидравлик қаршилик ва юқори самарадорликка эга насадкалар яратиш шу кунда ҳам долзарб муаммо бўлиб қолмоқда. Ушбу насадкалар қаторига симдан ясалган спираллар (масалан, сим диаметри 3 мм, спирал диаметри 30 мм ва спираллар орасидаги масофа 5 мм ли), Теллер розетки (2.9к-рasm) ва металл тўр пардалар киради.



2.9к-рasm. Теллер розетки.

а - Теллер розетки; б - «Спрейпак» панжарали насадкasi.



2.9л-рasm. Фасонли насадкалар.

Паль ҳалқаси. Ушбу турдаги насадка металл, керамика, полипропилен ёки бошқа пластмассалардан ясалиши мумкин (2.9г-рasm). Уларнинг гидравлик қаршилиги нисбатан кичик, газ фазаси бўйича юқори ўтказувчанлик хоссасига эга ва перфорация қилинган конструкциясини яхши қўлланиши ҳисобига ва газларни юқори даражада ажратиш қobiliяти бор. Газ фазасининг тезлиги юқори бўлгани учун масса алмашиниш жараёни самарали кечади. Паль ҳалқалари ҳозирги кунда этилен ажратиш колонналари, H_2S ва CO_2 ларни ажратиш абсорберлари, «суёқлик-суёқлик» системалари экстракторлари, CO нинг конвекторлари, диметилтерефталатни ҳайдаш колонналари, техник аммиак олиш колонналари ва нефть-кимёси ва медицина саноатидаги қурилмаларида кенг қўламда қўлланилмоқда.

«Спрейпак» насадкasi. Бу насадка листни ҳажмий қирқиш бир ёки бир неча симли ячейкалар ўлчами 3...4 мм ли йиғилган тўр парда қатлаидан 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 йўқотилиши кам. Буғ фазаси ушбу насадканинг ромб шаклидаги тешиклар орқали ҳаракатланганда, улар буғ оқимини турбулизация қилади ва оқибатда 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 (2.9з-рasm). Эгарсимон насадка гидравлик қаршилиги кичик ва ажратиш самарадорлиги Рашиг ҳалқасига қараганда кўпроқ. «Инталлокс» эгари ва Рашиг ҳалқаларининг ўлчамлари бир хил бўлганда, эгарсимоннинг юзаси 25% га ва ғоваклилиги бирмунча ортиқ бўлади. Ундан ташқари, эгарсимон насадкалар суёқлик билан қўлланиши нисбатан яхши ва ўта тартибсиз жойлаштиришни таъминлайди. Бундай ҳолат суёқлик фазаси учун кенг каналлар ҳосил бўлмаслигига олиб келади.

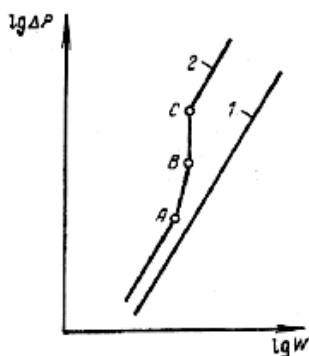
Бёрль эгари. Бу насадка шакли эгарсимон кўринишга эга (2.9е-рasm). Бёрль эгари ва Рашиг ҳалқаларининг ўлчамлари бир хил бўлганда, эгарнинг юзаси 25% га ва ғоваклилиги бирмунча ортиқ бўлади. Ундан ташқари, эгарсимон насадка гидравлик қаршилиги кам ва самарадорлиги Рашиг ҳалқалариникига нисбатан юқори. Қўлланиш даражаси яхши ва ўта тартибсиз жойлаштириш мумкин. Насадкани бундай жойлаштириш суёқлик фазаси учун кенг каналлар ҳосил бўлмаслигини таъминлайди. Бу турдаги насадкалар самарадорлиги (Рашиг ҳалқасига нисбатан) 30% га кўпроқ ва узок муддат давомида бенуксон ишлайди.

Гудное насадкеси. Бу насадка гофриланган лентани ўраб ҳосил қилинади (2.9в-расм). Гидравлик қаршилиги нисбатан юқори ва бўш ҳажми кам. Афзаллиги: насадканинг солиштирма юзаси бошқа насадкаларга қараганда анча юқори. Камчилиги: гидравлик қаршилиқ катта ва тайёрлаш технологияси мураккаб.

Фасонли насадкалар. Ушбу насадкалар хилма-хил бўлиб, солиштирма юзасининг миқдори билан фарқланади (2.9л-расм). Одатда, бу насадкалар колоннали қурилмаларга тартибсиз равишда юкланади. Фасонли насадкалар керамика, пластмасса, шиша, углеводородли ва легирланган ҳамда рангли металллардан тайёрланади.

Колоннали қурилмаларда ишлатиладиган насадкалар катта солиштирма юза ва катта эркин бўшлиққа эга бўлиши керак. Ундан ташқари, насадка қатламининг газ оқимида қаршилиги иложи борича кичик, суюқликни яхши тақсимлаши ва тегишли муҳитларга коррозия бардошлиги юқори бўлиши керак. Қурилма девори ва насадка қатламини кўтариб турган мосламаларга тушаётган юкламасини камайтириш мақсадида унинг ҳажмий оғирлиги кичик бўлиши даркор.

Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, қурилманинг бирлик ҳажмида насадка юзаси катта бўлгани учун, нисбатан кичик ҳажмда жуда катта масса ўтказиш юзасини барпо қилиш мумкин. Исталган турдаги насадкани қўллашдан мақсад иссиқлик ва масса алмашиниш жараёнларни интенсификация қилиш.



2.10-расм. Насадка гидравлик қаршилигининг колоннадаги газ тезлигига боғлиқлиги.
1 - куруқ насадка;
2 - намланган насадка.

Насадкали абсорберларда тақсимловчи мослама орқали пуркалаётган суюқлик, газнинг кичик тезликларида, насадка устида юпқа қатлам қўринишида оқади. Насадканинг ҳўлланган юзаси фазаларга тўқнашиш юза вазифасини бажаради. Шунинг учун, насадкали абсорберларни юпқа қатламли қурилмалар деб қараш мумкин. Суюқ фаза қурилмалар девори атрофида йиғилиб қолмаслиги учун насадка бир неча секцияга юкланади. Суюқликни бир текисда тақсимлаш учун секциялар орасида қайта тақсимлаш мосламалари ўрнатилади. Насадкали колонналарда газ ва суюқлик қарама - қарши ҳаракат қилади.

Гидродинамик режимлар. Абсорбция жараёнининг самарадорлиги гидродинамик режимларга боғлиқ. Бу режимлар узатилаётган суюқлик миқдори (намлаш зичлиги) ва газ оқимининг тезлиги билан

белгиланади. Қурилмада рўй берадиган режимлар насадка гидравлик қаршилигини газ оқимининг сохта тезлигига боғлиқлик функцияси сифатида тасвирланади (2.10-расм).

1 - режим **юпқа қатламли режим** – газ оқимининг тезлиги кичик ва узатилаётган суюқлик миқдори кам бўлганда рўй беради. Суюқлик насадка бўйлаб юпқа қатлам қўринишида оқиб тушади. Юпқа қатламли режим биринчи ўтиш нуқтаси (А нуқта, 2.10-расм) да тамом бўлади ва у **осилиб туриш нуқтаси** деб номланади. Бу режимда фазалараро тўқнашиш юзаси кичик ва жараён самарадорлиги камроқ бўлади.

2 - режим **осилиб туриш режими**. Бунда фазалар қарама - қарши йўналиши ҳаракати туфайли газ ва суюқлик орасидаги ишқаланиш кучлари ортади. Бу ҳол суюқликни насадкадан оқиб тушиш тезлигини секинлаштиради, юпқа қатлам қалинлиги ва ундаги суюқлик миқдори ортади. Шу билан бирга фазалар орасидаги тўқнашиш юзаси кўпаяди, жараённинг самарадорлиги бирмунча каттароқ бўлади. Бу режим иккинчи ўтиш нуқтаси (В) да тамом бўлади.

Шуни таъкидлаш керакки, осилиб туриш режимида қатламнинг секин оқиши бузилади; уюрма ва томчилар ҳосил бўлади, яъни барботаж ҳолатига ўтиш шароитлар туғилади. Юқорида қайд этилган масса алмашиниш жараёнини интенсификация қилиш.

3 - режим **эмульгацион режим** – насадканинг бўш ҳажмида суюқлик йиғилиши натижасида пайдо бўлади. Суюқлик йиғилиши кўтарилаётган газ ва оқиб тушаётган суюқлик

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, қурилма 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 қаршилиқнинг таъсири суут 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 қаршилиқ жуда юқори бўлгани учун, уларни юпқа қатламли режимда ишлатиш мақсадга мувофиқдир.

Шундай қилиб, ҳар бир аниқ шароит учун, энг оптимал гидродинамик режим техник - иқтисодий ҳисоблашлар асосида топилади.

Агар газ оқими тезлигини эмульгацион режим тезлигидан озгина оширсак, тиқилиб қолиш ҳодисасига дуч келамиз.

Тиқилиб қолиш ҳолатига тўғри келадиган газ тезлиги проф. А.Г.Касаткин томонидан келтириб чиқарилган формула ёрдамида ҳисобланади:

$$\lg \left(\frac{w_T^2 \cdot a}{gV_{\text{ax}}^3} + \frac{\rho_g}{\rho} \mu^{0,16} \right) = 0,076 - 1,75 \left(\frac{L}{G} \right)^{0,25} \cdot \left(\frac{\rho_g}{\rho} \right)^{0,125} \quad (2.73)$$

бу ерда, a – насадканинг солиштирма юзаси, $\text{м}^2/\text{м}^3$; V_{ax} – насадканинг бўш ҳажми, $\text{м}^2/\text{м}^3$; L ва G – суюқлик ва газнинг массавий сарфлари, $\text{кг}/\text{с}$; w_T – тиқилиб қолиш тезлиги, $\text{м}/\text{с}$.

Колоннадаги газ ёки буғнинг оптимал тезлигини ушбу критериял тенгламадан аниқлаш мумкин:

$$\text{Re} = 0,045 \cdot \text{Ar}^{0,57} \cdot \left(\frac{G}{L} \right)^{0,43} \quad (2.74)$$

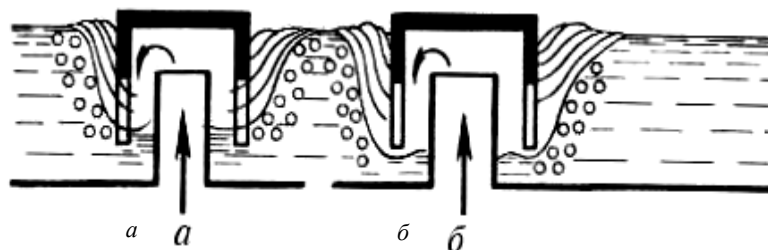
бу ерда

$$\text{Re} = \frac{w d_s \rho_g}{\mu_g}; \quad \text{Ar} = \frac{g d_s^3}{\nu_g^2} \cdot \frac{\rho - \rho_g}{\rho_g}$$

w – газ (ёки буғ) оптимал тезлиги; d_s – насадканинг эквивалент диаметри; ρ ва ρ_g – суюқлик ва газнинг зичлиги; μ , ν – газ (ёки буғ) динамик ва кинематик қовушқоқлик коэффициентлари; 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 қурилмаларда қўлланилмайди.

Насадкаларни танлашда уларнинг ўлчамларига катта аҳамият бериш керак. Агар насадка



2.11-расм. Барботаж жараёни схемалари:

а - кичик тезликда қалпоқчали насадкадан газнинг чиқиши;
б - катта тезликда қалпоқчали насадкадан газнинг чиқиши.

элементлари қанчалик кичик бўлса, гидравлик қаршилиқ 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 қурилмаларда гидравлик қаршиликнинг аҳамияти йўқ. Ундан ташқари, 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 чиқадиган иссиқликни нейтраллаш кийин. Бундай қурилмалардаги иссиқликни камайтириш ва насадкалар ҳўлланишини ошириш мақсадида суюқликни насос ёрдамида рециркуляция қилиш зарур. Бу усулда ишлайдиган абсорберлар тузилиши мураккаблашади ва нархи ортади. Ундан ташқари, ифлосланган суюқликларни ажратиш учун қайновчи абсорберларда пластмассадан ясалган шарлар ишлатилиб, газ тезлиги ошиши билан мавҳум қайнай бошлайди. Одатда, қайновчи абсорберларда газнинг тезлиги жуда катта бўлади, аммо қатламнинг гидравлик қаршилига жуда оз миқдорга ортади.

Тарелкали абсорберлар самарали ва энг кенг тарқалган қурилмалардан бўлиб, унинг ичида бутун баландлиги бўйича бир хил масофада бир нечта тарелкалар ўрнатилган. Тешикли тарелкалар орқали ҳам газ, ҳам суюқлик ҳаракатланади ва ундан ўтиш пайтида бир фазадан иккинчисига масса ўтади. Газ фазанинг суюқлик қатламидан ўтиши даврида пуфакча ва қўпикларнинг ҳосил бўлиш жараёни *барботаж* деб номланади. Суюқлик ва газ (ёки буғ) ни бир-бири билан тўқнашиши зарур бўлган ҳолларда барботаж қўлланилади. 2.11-расмда қалпоқчали насадкадан газ ёки буғнинг ўтиши тасвирланган.

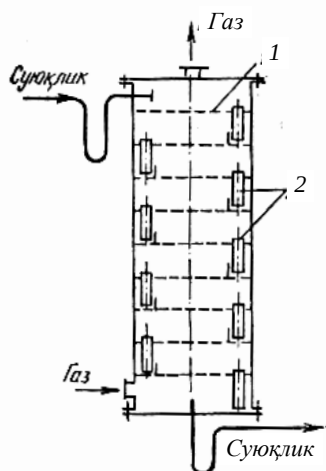
Баробатаж асосан икки режимда кечиши мумкин: пуфакчали ва оқимчали. Газ ёки буғнинг сарфи кичик бўлса, пуфакчали режимни кузатиш мумкин. Бунда, газ пуфакчалари суюқлик қатламини битта-битта бўлиб ёриб чиқади. Пуфакчалар ўлчами барботёр тузилишига, суюқлик ва газ хоссаларига боғлиқ.

Агар газ тезлиги ошириб берилса, оқимчали режим пайдо бўлади. Барботёрдан чиқаётган газ оқими шакли ва ўлчами ўзгармайдиган «машъала» ҳосил бўлади. Одатда, машъала баландлиги 30...40 мм дан ошмайди.

Тарелкали колонналар қалпоқчали, клапанли, пластиналар ва элаксимон тарелкали бўлади. Фазаларнинг бир тарелкадан иккинчисига ўтишига қараб қуйилиш мосламали ва қуйилиш мосламасиз абсорберларга бўлинади.

2.12-расмда қуйилиш мосламали, тарелкали абсорбер конструкцияси тасвирланган.

Кўриниб турибдики, қуйилиш трубагининг пастки қисми қуйида жойлашган тарелка устидаги остонага тушиб туради ва гидравлик тамба вазифасини бажаради. Одатда, суюқ фаза қурилманинг тепа қисмидан тарелкага узатилади ва унинг пастки қисмидан чиқарилади. Газ фаза эса, қурилманинг пастидан узатилиб, тарелкалар орқали пуфакчалар кўринишида чиқиб



2.12-расм. Қуйилиш мосламали,

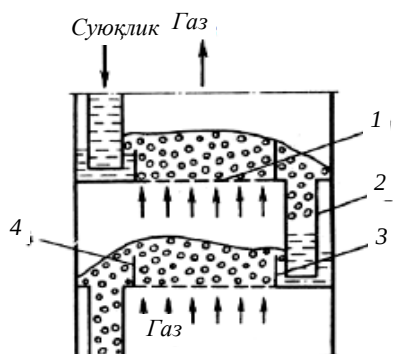
кетади. Тарелкада ҳосил бўладиган газ – суюқлик қўпик қатламида асосий иссиқлик ва масса бериш жараёнлари юз беради. Абсорбция жараёнида тозаланган газ қурилманинг тепа қисмидан чиқиб кетади.

Тарелка, қуйилиши трубага ва остона шундай жойлаштириладики, суюқ фаза албатта қарама - қарши йўналишда ҳаракат қилади.

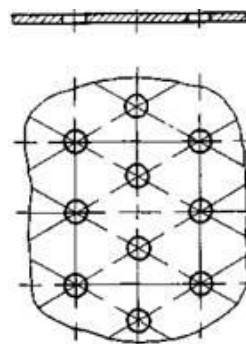
Тарелкали абсорберлар гидродинамик режими маълумки, исталган конструкцияли тарелкаларнинг самарадорлиги унинг гидродинамик режимларига узвий боғлиқдир.

Газнинг тезлигига ва суюқликни пуфакш зичлигига қараб барботажли тарелкаларнинг 3 та асосий гидродинамик режими бўлади: пуфакчали, қўпикли ва оқимчали (ёки инъекцион).

Кўпикли режим. Газ фазасининг тезлиги ортиши билан тешиклардан чиқаётган пуфакчалар кўшилиб оқимча ҳосил қилади. Тарелкадан маълум бир масофада қатлам қаршилиги туфайли оқимча бузилади ва кўп микдордаги пуфакчаларга ажраб кетади. Натижада, «газ - суюқлик» дисперс система, яъни кўпик пайдо бўлади. Ушбу режимда газ ва суюқ фазалар тўқнашиши пуфакчалар ва газ оқимчаси ҳамда суюқ томчилар сиртига тўғри келади. Кўпикли режимда барботажли тарелкаларда фазаларнинг тўқнашиш юзаси максимал микдорга эгадир.



Элаксимон тарелка элементи.

[illegible]

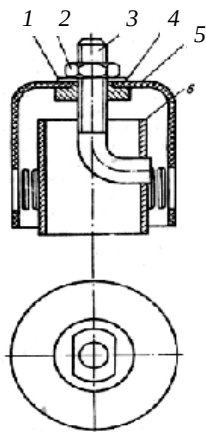
2.14-расм. Қалпоқчали тарелка:
1-тарелка; 2-кистирма; 3-ростловчи
қуйилиш остонаси; 4-қуйилиш
патрубкasi; 5-болт; 6-ростловчи болт;
7-ҳалқа; 8-қуйилиш остонаси;
9-қалпоқча.

Элаксимон тарелкали абсорбер. Бу турдаги курилма 2.13-расмда тасвирланган. Бу колонна горизонтал тарелка куйилиши ва остоналардан таркиб топган бўлади.

Одатда, бу турдаги тарелка қалинлиги 2...3 мм ли листдан ясаледи 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 суюқлик сатҳини бир хил баландликда ушлаб туриш учун эса, остона 3 хизмат қилади. Суюқ фаза тепадаги тарелкага узатилади ва куйилиши мосламаси 2 дан, ўтиб, қурилманинг пастки қисмидан чиқиб кетади. Газ фаза ҳар доим қурилманинг пастки қисмига киритилади ва

тарелкалардан пуфакча шаклида ўтиб, юқори қисмидаги штуцердан чиқади. Элаксимо 6 гарелка афзалликлари: тешиклар юзаси тарелка юзасининг катта қисми (30% ва ундан ортиқ)ни ташкил этади; тайёрлаш осон; кам металл сарфланади; буғ бўйича унумдорлиги салмоқли: қалпоқчали тарелкаларга нисбатан 30...40% га (буғ бўйича) унумдорлиги юқори; таъмирлаш ва монтаж осон. Камчиликлари: ўрнатиш аниқлигига жуда сезгир; каттиқ фазаси бор, ифлосланган суюқликларда ёмон ишлайди, чунки тешиклари беркилиб қолади; газ келиши тўхтаганда, суюқлик тарелка тешиклари орқали тўкилиб кетади ва қайтадан ишга туширишга тўғри келади.

Қалпоқча тарелкали абсорбер. Бу турдаги қурилма капсула қалпоқча ва сегмент қуйилиш мосламасидан таркиб топган (2.14-расм). Тарелка қўлаб дисклардан иборат бўлиб, таянч ҳалқага қистирма ёрдамида болтлар билан маҳкамланади.



2.15-расм. Капсулалли қалпоқча:

- 1-шайба; 2- гайка; 3- болт;
- 4- втулка; 5- қалпоқча;
- 6- патрубкa.

Суюқ фаза юқорида жойлашган тарелкадаги остона 3 дан ўтиб, қуйида ўрнатилган тарелкага тушади. Тарелка юзасида суюқликни бир меъёрга тақсимлаш учун остона 8 хизмат қилади. Суюқликни тарелка юзасида бир хил баландликда ушлаб туриш учун ростловчи остона 3 дан фойдаланилади. Газ тарелкаларга патрубкa 6 орқали кириб, бир неча оқимчалар ҳолида қалпоқчалар тешигидан чиқа бошлайди.

Қалпоқчадаги ҳаво тешиклари тишли ёки тирқишли қилиб, тўғри учбурчак шаклида ясалади. Қалпоқча диаметри 50...80 мм ли ва тирқиш ўлчами 15...30 мм ли бўлиши мумкин. Суюқлик қатлами орқали ўтаётган газ ёки буғ оқими алоҳида-алоҳида пуфакчаларга бўлиниб кетади. Тарелкалардан суюқлик қуйилиш патрубкaси 4 орқали

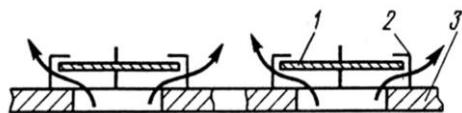
тўкилади. Бу турдаги тарелкаларда газ кўпиклари ва пуфакчаларнинг ҳосил бўлиш интенсивлиги буғ (ёки газ) тезлиги ва тарелкадаги суюқлик қатлами баландлигига боғлиқ.

Тарелкада катта масса алмашиниш юзасини барпо қилиш учун ўрнатиладиган қалпоқчалар сони кўпайтирилади. Капсулалли қалпоқчанинг бўйлама қирқими 2.15-расмда келтирилган. Тарелка ва қалпоқчанинг пастки қисми орасидаги масофа втулка 4 ва гайка 2 ёрдамида амалга оширилади. Бу турдаги тарелкалар саноатда кенг қўламда қўлланилади. Ушбу тарелкалар чўян, мис, керамика, кўмир-графит, пластмасса ва бошқа материаллардан тайёрланиши мумкин. Қалпоқча тарелкалар ф.и.к. $\eta=0,75...0,80$.

Элаксимон тарелкали абсорберларга қараганда қалпоқчали қурилмалар газ аралашмалари ифлос бўлганда ҳам узоқ муддатда барқарор ишлай олади. Ундан ташқари, газ ёки суюқ фазалар бўйича юклама катта микдорда ўзгарса ҳам, қалпоқчали тарелка бир текисда яхши ишлайди. Ушбу тарелка камчиликлари: конструкцияси мураккаб, тайёрлаш қийин, металл сарфи кўп, қиммат, тозалаш қийин ва гидравлик қаршилиги юқори. Ундан ташқари, газ фаза сарфи кам бўлганда, қурилма самарадорлиги кескин равишда камайиб кетади.

Клапанли ва балластли тарелкалар. Бу

турдаги тарелкалар газ фазасининг тезлиги ўзгариб турадиган жараёнларда қўлланиши мақсадга мувофиқдир. Клапанли тарелкалар элаксимон ва қалпоқчали тарелкаларнинг яхши хоссаларини ўзида мужассам қилган (2.16-расм). Клапанлар 1 думалоқ пластина шаклида, диаметри эса 40...50 мм бўлади. Кронштейн-чеклагич 2 даги тешик



2.16-расм. Клапанли тарелка:

- 1 - клапан; 2 - кронштейн-чеклагич;
- 3 - тарелка.

диаметри эса 30...50 мм ва улар орасидаги масофа эса 70...150 мм га тенг. Клапаннинг кўтарилиш баландлиги 6...8 мм. Клапандан ўтган газ оқимининг тезлигига қараб, клапан тепага силжийди. Ф.и.к. $\eta=0,70...0,85$.

Газ ёки буғ бўйича юклама кенг кўламда ўзгарганда ҳам, клапанли тарелкалар бир меъёردа, барқарор ишлайди. Лекин уларнинг гидравлик қаршилиги нисбатан юқори. Оптимал иш режимларида тарелканинг гидравлик қаршилиги нисбатан кичик.

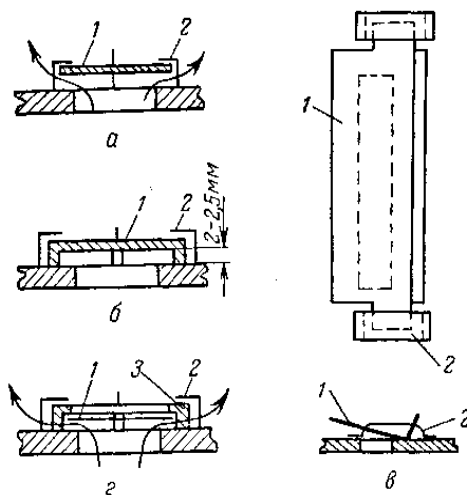
Клапанли тарелкалар унумдорлигини ва турғун ишлаш оралиғини ошириш учун улар балластли қилиб тайёрланади. 2.17-расмда балластли тарелка конструкцияси келтирилган. Балластли тарелкалар клапанли тарелкалардан клапандан анча оғир балласт 3 ўрнатилгани билан фарқланади. Одатда балласт клапан 1 ва кронштейн чегаралагич 2 орасига тарелкага таянган қисқа оёқчаларга ўрнатилади. Клапан кичик тезликларда ҳам кўтарилиб бошлайди. Тезлик ортиши билан клапан кўтарилиб балластга тиралади ва тезлик янада ортса балласт билан бирга тепага кўтарилади. Балласт тарелкаларда ҳар қандай тезликда ҳам суюқлик пастга оқиб тушмайди.

Клапанли ва балластли тарелкалар афзалликлари: газ бўйича унумдорлиги жуда юқори; газ фаза бўйича бутун тезликлар оралиғида гидродинамик турғун ишлайди. Клапанли ва балластли тарелкалар камчиликлари: балластнинг оғирлиги ортиши билан гидравлик қаршилик кўпаяди.

Оқимчали (ёки пластиналар) тарелкалар. Бу турдаги тарелкалар қия, параллел пластиналар кўринишида тайёрланади (2.18-расм).

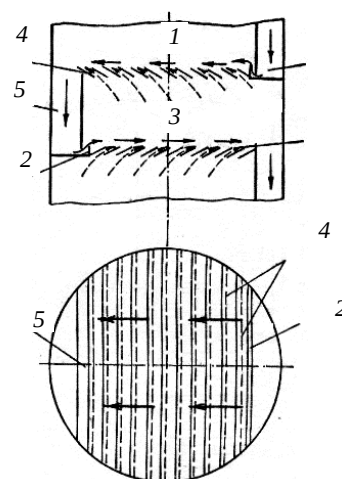
Қалпоқчали, клапанли ва оқимчали тарелкаларда фазаларнинг йўналиши ўзаро кесишган бўлади. Газ ёки буғ тарелкадаги тешиклардан ўтади, суюқлик эса, горизонтал ҳаракатланиб, тарелкадан тарелкага қуйилиш мосламаси 5 орқали ўтади.

Бошқа тарелкаларга қараганда, ушбу тарелкалар фазаларнинг параллел ҳаракатида ишлайди, яъни ҳар бир секцияда газ ва суюқлик фазалари бир хил йўналишда бўлади. Бу эса, суюқлик ва газ фазалари бўйича юкломани кескин равишда ошириш мумкинлигидан далолат беради. Лекин колонна миқёсида эса, фазалар қарама-қарши, яъни суюқлик тепадан пастга, газ фаза эса пастдан юқорига қараб ҳаракатланади. Газнинг тезлиги 20...40 м/с гача бўлиши мумкин. Пластиналарнинг қиялик бурчаги кичик бўлгани учун ($\alpha=10...15^\circ$) у орқали ўтаётган газ тарелка текислигига параллел йўналишга яқин ҳаракатланади. Шунда суюқлик эжекцияга учрайди ва газ оқими ёрдамида майда дисперс томчиларга айланиб, тарелка бўйлаб ва кейинги тиркишга улоқтирилади. Бу ерда газ ва суюқлик фазаларининг ўзаро таъсири яна қайтарилади. Натижада суюқлик юқори тезликда тарелка устидан параллел йўналишда қуйилиш трубкаси томон ҳаракат қилади.



2.17-расм. Балластли тарелка:

1 - клапан; 2 - кронштейн чегаралагич; 3 - балласт.



2.18-расм. Оқимчали тарелка:

1-гидравлик затвор; 2-тўкилиш тўсиғи; 3-тарелка; 4-пластиналар; 5-қуйилиш патрубкиси.

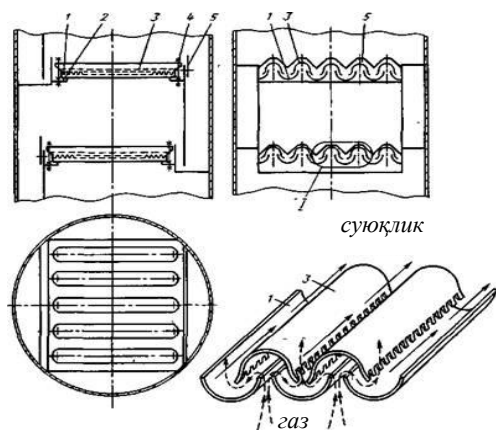
Газ ёки буғни суюқлик билан тўқнашувини амалга ошириш учун турли конструкциядаги тарелкалар қўлланилади: клапанли, қалпоқчали, элаксимон, панжарали,

тирқишли, пластинали ва ҳ.к. Юқорида қайд этилган тарелкалардан фақат биттаси, қалпоқчали тарелка барботажли режимда ишлай олади.

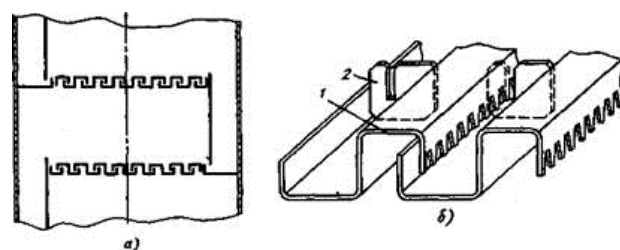
Нефтни қайта ишлаш корхоналарида туннелли қалпоқчали тарелкалар ректификацион колонналарда ишлатилади (2.19-расм). Бу турдаги тарелкаларнинг штампланган тарнов 1 лари таянч бурчак 2 ларга ўрнатилади ва устига қалпоқча 3лар қўйилиб йиғилади. Буғ фазани бир текисда тақсимлаш учун қалпоқча 2 нинг остки қисмида трапеция шаклидаги тешиклар қилинган. Қалпоқчалар горизонтал тахтага шпилька 4 ёрдамида маҳкамланади. Суюқ фазани бир меъёрада тақсимлаш учун қўйилиш тарелка планкаси 5 ҳам тўғри тўртбурчак шаклидаги тешикли қилиб тайёрланади.

Бу турдаги тарелка афзалликлари – қалпоқчалар сони кам ва уларни тозалаш осон. Тарелканинг қолган кўрсаткичлари паст, шу сабабли улар бошқа конструкциядаги тарелкаларга алмаштирилмоқда.

S-шаклидаги элементли тарелка 1 лар ҳам абсорбцион ва ректификацион колонналарда кенг қўламда ишлатилмоқда (2.20-расм). Ушбу элемент суюқ фаза ҳаракат йўналишига перпендикуляр ҳолатда ўрнатилади. Тарелканинг икки чети ва S-шаклли элемент мустаҳкамлигини ошириш учун элементлар орасига тирқишли пластина 2 лар ўрнатилади.

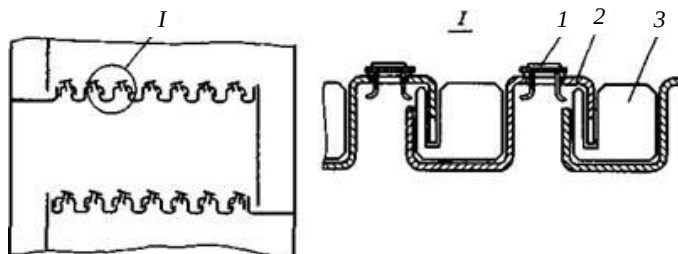


2.19-расм. Туннелли қалпоқчали тарелка:
1-тарнов; 2-таянч бурчак; 3-қалпоқча;
4-шпилька.



2.20-расм. S-симон элементли тарелка:
а - умумий кўриниш; б - схема.
- S-симон элемент; 2-пластиналар.

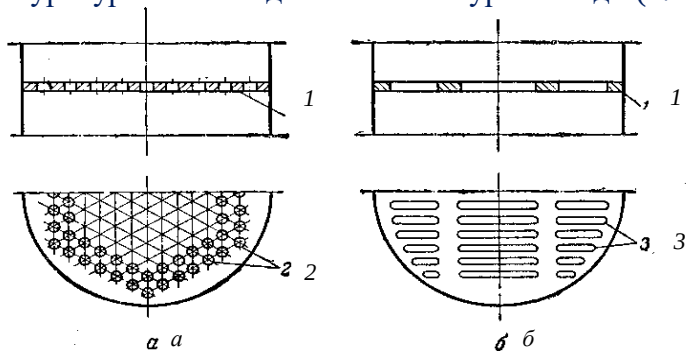
Колонна диаметрига қараб тарелкалар битта ёки кўп қўйилиш мосламали бўлиши мумкин. Ушбу турдаги тарелкаларнинг афзалликлардан бири шундаки, тарелкалардан чиққан буғ суюқ фаза томон қараб йўналганлигидир. Ушбу ҳолат тарелканинг қўйилиш ва тўкилиш тўсиқлари олдидаги суюқлик сатҳининг камайишига олиб келади.



2.21-расм. S-симон элементли ва клапанли тарелка:
а - умумий кўриниш; б - схема.

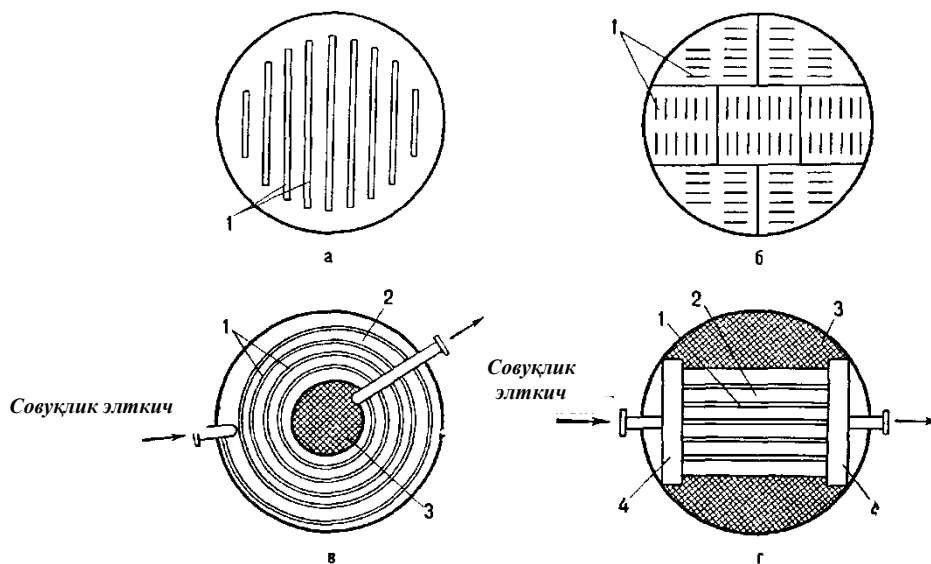
S-шаклли элементли тарелкалар массаси 2 баробар кам ва капсула қалпоқчали тарелкаларга қараганда 20...30% га кўп. Солиштирилаётган тарелкаларнинг самарадорлиги тахминан бир хил, яъни ф.и.к. 0,6...0,8. Ушбу тарелканинг газ фазаси бўйича унумдорлиги қалпоқчали тарелканикига нисбатан 10...25% кичик.

S-шаклдаги элементли тарелкалар турғун ишлаш оралиғини ва унумдорлигини ошириш учун тарелка тепасига тўртбурчак шаклидаги клапан 1 ўрнатилади (2.21-расм).



2.22-расм. Суюқлик оқиб тушадиган тарелкалар:
а - тешикли; б - панжарали; 1-тарелка; 2-тешиклар; 3-тирқишлар.

Тарелка мустаҳкамлигини ошириш учун пластина 3 қўйилади. Иш унумдорлиги бўйича ушбу тарелкалар клапанли тарелкаларга қараганда 10% га кўпроқ.



2.23-расм. Суюқлик оқиб тушадиган трубади тарелкалар:
а – панжарали; б – трубади.
1-тирқиш; 2-трубалар; 3-тешикли тарелка; 4-коллектор.

Юқорида қайд этилган тарелкалар самарадорлиги гидродинамик режимларга боғлиқ. Газ (ёки буғ) тезлиги ва суюқлик сарфига қараб 3 хил режимлар мавжуд: пуфакчали, кўпикли ва оқимчали. Ҳар бир режимда барботажли қатлам ўзига хос тузилишига эга бўлиб, қатламнинг гидравлик қаршилиги ва масса алмашилини юзаси катталигини характерлайди. Бундай тарелкаларнинг гидравлик қаршилиги кам, уларни яшаш учун металл кам сарфланади ва таркибида ифлосликлар бўлган суюқликларни ҳам ишлатиш мумкин. Ундан ташқари, тарелкали қурилмаларда жараённи ҳаракатга келтирувчи куч катта бўлади.

Оқимчали тарелкалар камчиликлари: тарелкага иссиқлик бериш ва ажралиб чиққан иссиқликни ажратиш олиш мураккаб; суюқлик сарфи нисбатан кам бўлгани учун, унинг самарадорлиги пастроқ.

Тешикли тарелкалар. Тузилиши бўйича элаксимон тарелкаларга ўхшаш бўлиб, фақат қуйилиш трубади йўқлиги билан фарқланади (2.22-расм). Тешиклар диаметрлари 4-10 мм оралиқда ва улар юзасининг улуши 10-25% ни ташкил этади.

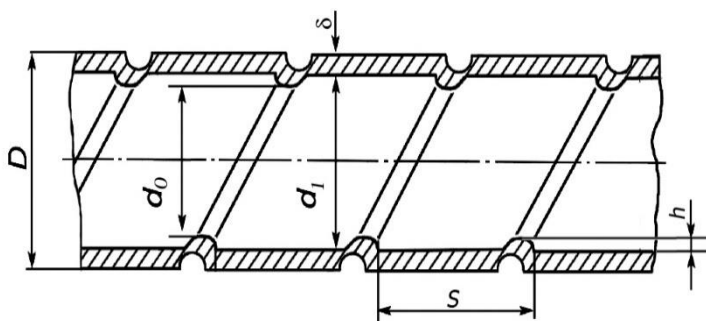
Панжарали тарелкалар – эни 3...8 мм ли тирқишлар штамповка ёки фрезерлаш усулида қилинган бўлади (2.22б-расм). Тешикли ва панжарали тарелкалар конструкцияси содда, нархи арзон, гидравлик қаршилиги нисбатан кичик ва монтаж қилиш осон.

Тешикли ва панжарали тарелкалар конструкцияси соддалиги, металл сарфи камлиги, монтаж осонлиги ва кичик гидравлик қаршилиги билан ажралиб туради.

Трубали тарелкалар. Бу турдаги тарелкалар, коллекторга уланган параллел трубалар қаторидан иборат бўлиб, трубали панжара кўринишида бўлади (2.23-расм). Труба панжарали насадкаларнинг энг асосий афзалликларидан бири, бу барботаж қатламида ҳосил бўлган реакция иссиқлигини ажратиш олиш учун трубалар ичига совуқлик элткич юбориб осонгина олиш мумкин. Лекин бу тарелкаларни йиғиш анча мураккаб ва ишчилардан юқори малака талаб этади.

ТКТИ ва ТДТУ олимлари ҳамкорлигида юқори самарадор колоннали қурилмаларининг энергия тежамкор, янги авлодини яратишди [72].

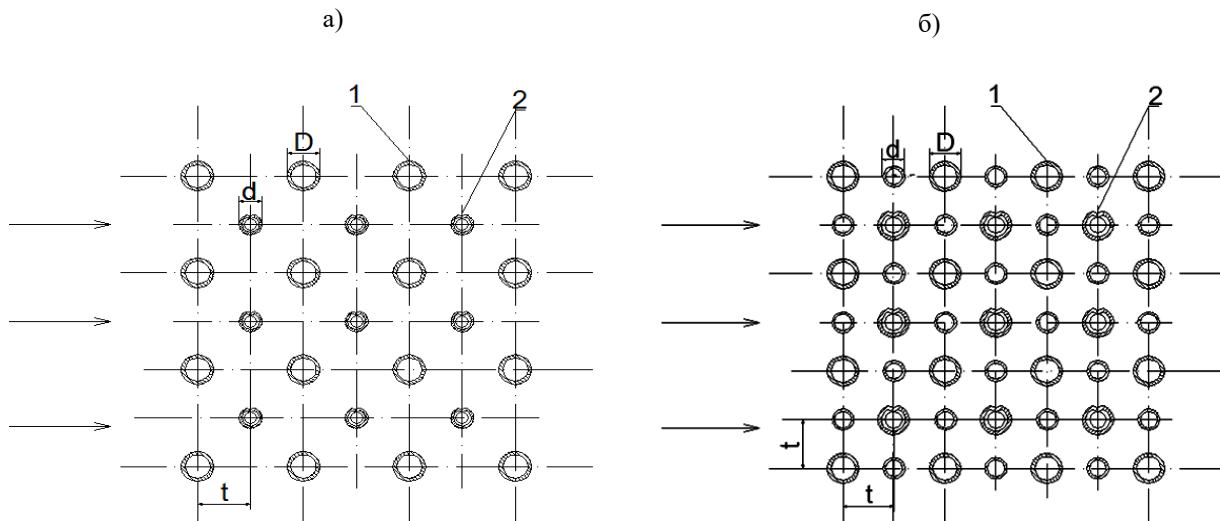
Кимёвий жараёнлар кечадиган колоннали қурилмаларда реакция иссиқлигини ажратиш олиш муаммоси шу куннинг энг долзарб масалаларидан биридир. Бунинг учун олимлар гуруҳи **ушбу** колонналарнинг совитиш бўлимидаги труба (сода ишлаб чиқариш технологиясидаги абсорбер ва карбонизацион колонналарда 2300 та) лар ўрнига самарадор иссиқлик алмашилиш юзали трубаларни қўйиб жараёни 1,5...3,5 маротабагача интенсивлашга эришишди. Бунга сабаб, трубанинг ташқи томонида силлиқ ариқчалар (кўндаланг ёки спиралсимон) ва ички томонида силлиқ турбулизаторлар махсус ускунада қилинганидир. Натижада, трубанинг ташқи юзасида оқаётган суюқлик тартибсиз, хаотик, яъни турбулент режимга ҳос ҳаракатланади. Лекин шунини алоҳида таъкидлаш керакки, ҳаракат тартибсиз, суюқлик заррачалари ўзаро аралашиб ҳаракатланса ҳам, Рейнольдс сони ўтиш соҳасига мос қийматлардир, яъни $Re < 10^4$. Ундан ташқари, иккинчи сабаб – бу самарадор юзали труба ичида совуқлик элткич ҳаракатланганда иссиқлик бериш жараёни интенсивлашади, чунки силлиқ турбулизатор (2.24-расм) лар девор яқинидаги юпқа қатламнинг бузилишини таъминлайди ва суюқлик аралашishi ва иссиқлик тарқалиши ортади.



2.24-расм. Спиралсимон турбулизаторли труба:

D - ташқи диаметр; d_1 - ички диаметр; d_0 - спиралсимон бўртиқлардан ҳосил бўлган диаметр;
 S - бўртиқлар жойлашиш қадами; δ - труба қалинлиги; h - ҳалқасимон ариқчалар чуқурлиги.

Кальцинацияланган сода ишлаб чиқариш технологиясида қўлланиладиган абсорбция ва карбонизация колонналарининг пастки қисмида трубали панжаралар жойлаштирилади (2.25-2.26-расмлар). Ушбу трубали панжаранинг функцияси ҳам суюқлик газ фазаларининг яхши аралашishi ва тўқнашишини таъминлаш ҳамда ўзаро таъсир оқибатида кимёвий реакция иссиқлик ажралиши билан кечади. Трубалар ичида ҳаракатланаётган совуқ сув реакция иссиқлигини ажратиш олиши керак. Демак, ушбу насадка бир вақтнинг ўзида 2 та функцияни бажаради.



1- текис труба; 2-спиралсимон ариқчали
труба $S/D = 0,25$, $t/D = 1,5$.

1- текис труба; 2-спиралсимон ариқчали
 $S/D = 0,25$, $t/D = 1,5$.

2.25-расм. Текис ва спиралсимон ариқчали трубаларни карбонизацион колонна совитиш зонасининг труба-панжарали насадкада жойлаштириш схемаси:

- а) шахматли, турли қўндаланг кесимли текис ва спиралсимон ариқчали трубалар қаторма-қатор, $d/D=0,75$;
б) коридорли, турли қўндаланг кесимли текис ва спиралсимон ариқчали трубалар қаторма-қатор, $d/D=0,75$.

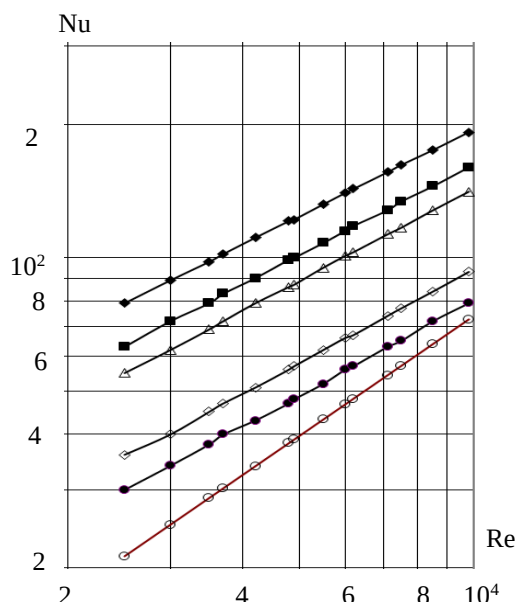
Жараён самарали бўлиши учун аралашиш ва иссиқлик алмашилишни интенсивлаш зарур. Текис ва самарали иссиқлик алмашилиш юзали трубаларни 2.25-расмда келтирилган схемада жойлаштирилса, газ-суюқлик системасининг аралашишини интенсивлаштиради, бу эса ўз навбатида иссиқлик алмашилиш жараёнини жадаллаштиради.

Абсорбцион ва карбонизацион колонналарнинг самарали ишлаши реакция иссиқлигини атроф-муҳитга ажратиб олиш билан белгиланади. Маълумки, ламинар ва турбулент ҳаракат режимларида конвектив иссиқлик алмашилишни интенсивлаш жуда чуқур ўрганилган ва амалиётда кенг қўламда қўлланилади. Лекин суюқликнинг ўтиш режимларда ҳам ҳаракат даврида оқим турбулентлиги юқори бўлишига қарамай, кам эътибор берилган ва уни интенсивлашга бағишланган изланишлар етарли эмас.

2.26-расмда сувнинг текис труба ва 4 та спиралсимон турбулизаторли трубаларда ҳаракатланганда иссиқлик алмашилиш интенсивлиги бўйича тажриба натижалари келтирилган. Тажрибалар ўтиш режимида, яъни $Re=2500...9800$ да ўтказилган. Олинган конвектив иссиқлик алмашилиш бўйича бирламчи тажриба маълумотлари маълум усуллар ёрдамида умумлаштирилган [11...16]. Иссиқлик алмашилиш интенсивлиги Nu бўйича олинган қийматлар шу соҳада изланиш олиб борувчи олимлар томонидан келтирилган маълумотлар билан юқори аниқликда мос тушади [2,4,6,9].

Спиралсимон турбулизаторли трубаларда иссиқлик алмашилиш интенсивлиги бўйича тажриба натижалари текис трубаларникига қараганда анча юқори жойлашган, яъни катталиги билан белгиланади. Спиралсимон турбулизаторли трубада диафрагма баландлиги $h=1,5$ мм да ўлчамсиз параметр $h/S=0,021$, суюқлик тезлиги $Re=2500$ да – $Nu=48$, $Re=5500$ да $Nu=92$ ва $Re=9800$ да – $Nu=129$. Суюқлик тезлиги $Re=2500$ дан $Re=9800$ гача ортганда иссиқлик алмашилиш интенсивлиги 2,7 мартабагача ортади.

Спиралсимон силлиқ диафрагмали турбулизаторларнинг иссиқлик алмашилиш тарқалишни бундай даражада интенсивлашиши куйдаги омиллар билан белгиланади: биринчидан, суюқлик оқими нафақат илгариланма, балки айланма ҳам ҳаракат қилади; иккинчидан, спиралсимон силлиқ диафрагмалар суюқлик оқимини қўшимча турбулизация қилади; учинчидан, оқимнинг айланма ҳаракатланувчи қисми девор атрофидаги чегаравий қатлам қалинлигини ва оқибатда тезлик қаршилигини камайтиради.



2.26-расм. Спиралсимон турбулизаторли трубада сув ҳаракатланганда иссиқлик алмашиниши интенсивлиги Nu нинг Re сонига боғлиқлиги.

● - текис труба; $S_0/d=1,4$; ◆ - $h/S_0=0,077$; ■ - $h/S_0=0,029$;
 △ - $h/S_0=0,021$; ◇ - $h/S_0=0,01$; □ - $h/S_0=0,007$.

Тажриба натижалари ушбу турдаги турбулизаторлар самарадорлиги жуда юқори бўлгани учун ўтиш режимида турғун турбулент режимга хос оқимнинг интенсив, хаотик ҳаракатни олиш мумкин. Ундан ташқари, девор ва суюқлик чегарасида қўзғалмас чегаравий қовушқоқ қатлам умуман қолмайди, яъни микро ғадир-будурликли девор суюқлик билан самарали ювилиб туради.

Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, трубадаги спиралсимон силлиқ диафрагмалар геометрик ўлчамлари оқимда аниқ ўлчамли, йўналтирилган локал ва уюрмали эффектлар ҳосил қилиш мумкин. Бу эса ўз навбатида зарур таркибли оқиб барпо қилиши ва суюқлик оқими ҳаракатини бошқариш имкониятини беради. Ушбу самарадор труба ва шароитларда иссиқлик тарқалиш интенсивлиги текис трубаларникига қараганда юқорироқ. Спиралсимон турбулизаторли трубалардан ясалган иссиқлик алмашиниш қурилмалари ва мосламалари юқори иссиқлик қувватга эга яшаш осон, қўшимча металл талаб қилмайди ва ҳ.

Тўлқинсимон тарелкалар. Бу турдаги тарелкалар тешиклари 4-8 мм тешикли гофриланган металл листдан иборат.

Трубали тарелкалар афзалликларига реакция иссиқлигини олиш осонлиги, яъни труба ичидан совуқ элткич юбориш йўли билан ажратиш мумкин. Аммо бундай тарелкалар нисбатан (тешикли ва панжаралига қараганда) мураккаброқ ва монтаж қилиш қийин.

Тешикли, панжарали ва трубали тарелкалардан ясалган колонналарнинг асосий камчилиги шундаки, қурилманинг турғун ва самарали ишлаш режими суюқ ва газ фазаларнинг жуда кичик оралиғига тўғри келади. Ушбу камчиликдан тўлқинсимон тарелкалар ҳоли бўлгани билан, тешикли ва панжаралига қараганда тузилиши ва монтаж қилиниши мураккаброқ.

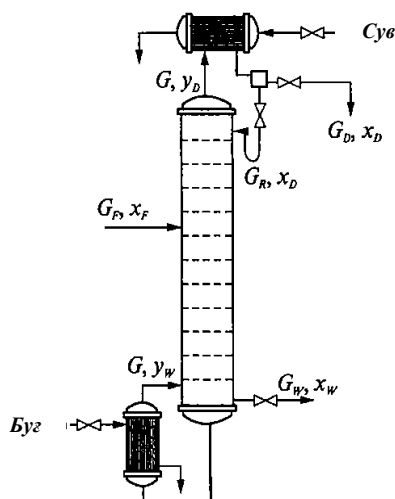
Суюқлик оқиб тушадиган тарелкаларнинг асосий камчилиги шундан иборатки, турғун ва самарали ишлаши газ ва суюқлик тезликларининг жуда кичик ўзгариш оралиғига тўғри келади.

2.12. Ректификация жараёни ва қурилмаларини ҳисоблаш формулалари

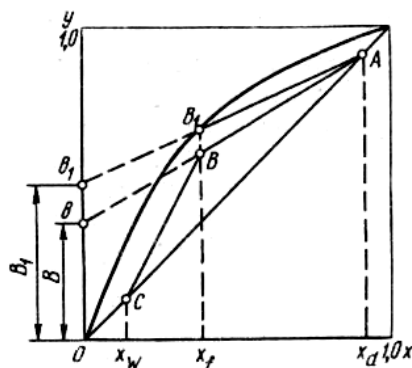
Ректификация жараёнини ташкил этиш асосий қурилмалари бўлиб насадкали ва тарелкали колонналар ҳисобланади ва улар тузилиши бўйича худди насадкали ва тарелкали абсорберлага ўхшашдир. Абсорберлардан фарқли, атроф муҳитга иссиқлик йўқотилишини минимал қилиш учун ректификацион колонналар иссиқлик қопламаси билан ўраб

қўйилади. Ректификацион колонналарнинг ўзига хослиги шундан иборатки, уларда жараёни ўтказиш учун иссиқлик алмашилиш мосламаси-қайнаткич, иситкич, конденсатор-дефлегматор, дистиллят ва куб қолдиғи совуткичлари билан жиҳозланган бўлиши шарт.

Жараёнинг принципиал схемаси асосида ректификациянинг моддий ва иссиқлик баланслари тузилади (2.27-расм). Ректификацион колоннага узатилган бошланғич эритма дистиллят ва куб қолдиғига ажратилади.



2.27-расм. Ректификация жараёнининг моддий ва иссиқлик балансларини тузишга оид.



2.28-расм. Ректификация жараёни ишчи чизигининг тасвири.

Колоннадан чиқаётган буғлар дефлегматор 4 да конденсацияланади ва ажратувчи идиш 3 га тушади. Бу ерда суюқлик икки қисмга, яъни флегма Φ ва дистиллятга ажратилади. Флегма колоннада пуркатилиш учун йўналтирилади.

Жараён моддий баланси ушбу кўринишга эга:

$$G_f = G_d + G_w \quad (2.75)$$

Енгил учувчан компонент бўйича эса:

$$G_f \cdot x_f = G_d \cdot x_d + G_w \cdot x_w \quad (2.76)$$

бу ерда, G_f , G_d , G_w – бошланғич эритма, дистиллят ва куб қолдиғи массалари, кмоль; x_f , x_d , x_w – бошланғич эритма, дистиллят ва куб қолдиқларидаги енгил учувчан компонентнинг концентрациялари, моль улушлар.

(2.75) ва (2.76) тенгламалардан дистиллят ҳамда куб қолдиғининг массалари аниқланади:

$$G_d = G_f \frac{x_f - x_w}{x_d - x_w} \quad (2.77)$$

$$G_w = G_f \frac{x_d - x_f}{x_d - x_w} \quad (2.78)$$

Бошланғич эритма, куб қолдиғи ва флегмаларнинг 1 кмоль дистиллятга нисбатларини қуйидагича белгилаб оламиз:

$$\frac{G_f}{G_d} = F; \quad \frac{G_w}{G_d} = W; \quad \frac{\Phi}{G_d} = R$$

Флегма миқдорининг дистиллят миқдorigа нисбати **флегма сони** деб номланади.

Ректификацион колоннанинг таъминлаш тарелкаси уни 2 га ажратади: юқори ва пастки қисмларга.

Суюқлик сарфи L (кмоль/с):

- колоннанинг буғ концентрациясини оширувчи юқори қисмида

$$L = G_R = R \cdot G_D \quad (2.79)$$

- колоннанинг суюқликда енгил учувчан компонентни максимал даражада ажратувчи пастки қисмида

$$L = G_R + G_F = G_D (R + F) \quad (2.80)$$

бу ерда G_R – флегма миқдори, кмоль/с; R – флегма сони.

Ишчи чизик тенгламаси (2.28-расм):

- колоннанинг юқори қисми учун

$$y = \frac{R}{R+1} \cdot x + \frac{x_d}{R+1} \quad (2.81)$$

- колоннанинг пастки қисми учун

$$y = \frac{R+F}{R+1} \cdot x + \frac{F-1}{R+1} \cdot x_w \quad (2.82)$$

бу ерда $F = G_F / G_D = x_w / (x_f - x_w)$ - таъминлашнинг нисбий моль сарфи.

Флегма сони R ни ҳисоблаш. Флегма сони бу флегма сарфини дистиллят сарфига нисбати бўлиб, ушбу формуладан аниқланади:

$$R = \frac{G_R}{G_D} = 1,3R_{\min} + 0,3 \quad (2.83)$$

бу ерда $R_{\min}$ – минимал флегма сони ва у концентрациялар нисбати орқали ҳисобланади:

$$R_{\min} = \frac{x_d - y_f^*}{y_f^* - x_f} \quad (2.84)$$

бу ерда y_f^* – таъминлагичга узатилаётган суюқлик билан мувозанатда бўлган буғдаги енгил учувчан компонентнинг моляр улуши.

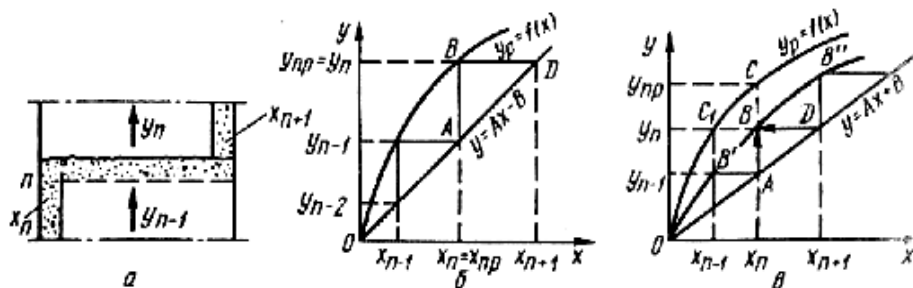
2.13. Ректификацион колонна ишчи баландлиги ва тарелкалар сонини ҳисоблаш

Тарелкаларнинг назарий сони аналитик ёки график усулда аниқланиши мумкин. График усул энг содда бўлгани учун кенг қўламда қўлланилади. Бунда x - y координатларда мувозанат чизиги қурилади ва бир вақтнинг ўзида ишчи чизик тенгламаси (2.81) ва (2.82) бўйича ечилади. Сўнг, ишчи чизикларнинг кесишиш нуқтаси топилади ва уни x_w ва x_d координатли диаграмма диагоналидаги нуқталар билан бирлаштирилади. Олинган тўғри чизиклар ишчи чизиклардир. Мувозанат ва ишчи чизиклар орасида зинапоя чизикларини ўтказиб назарий тарелкалар сони аниқланади. Ҳар бир зинапоя битта назарий тарелкага тўғри келади.

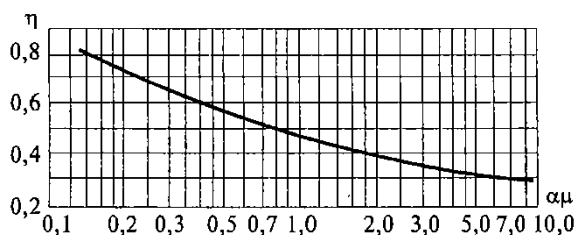
Аналитик усулни қўллаб, назарий тарелкалар сони аниқлаш қуйидаги адабиётда батафсил берилган [8].

Одатда, ушбу параметрларни аниқлаш концентрациялар ўзгаришининг назарий ёки ҳақиқий поғоналари сонига қараб олиб борилади. Бунда, назарий поғонада буғ ва оқиб тушаётган суюқлик мувозанат ҳолатида бўлади.

Жараённи таҳлил қилишда қуйидаги тахминларни қабул қиламиз: тарелкадаги суюқлик идеал аралаштирилган ва унинг концентрацияси ўзгармас x_n га тенг; идеал сиқиб чиқариш режимидаги суюқлик қатламида буғнинг концентрацияси y_{n-1} дан y_n гача ўзгаради.



Ўртача фойдали иш коэффициенти η жуда кўп омилларга: тарелка ўлчами ва конструкцияси, гидродинамик режим, буг ва суюқлик физик-кимёвий хоссаларига боғлиқ ва тажриба йўли билан аниқланади. Кўпчилик ҳолларда ушбу коэффициент 0,3...0,8 оралиғида бўлади (2.30-расм).



Нисбий учувчанлик коэффициенти α ушбу формулада ҳисобланади:

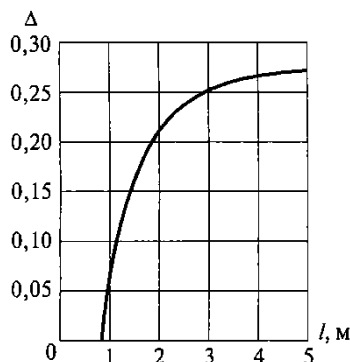
$$\alpha = \frac{P_A}{P_B} \quad (2.85)$$

бу ерда P_A ва P_B – енгил ва оғир учувчан компонентлар тўйинган буғларининг босими.

Катта диаметрли колонна тарелкаларининг ўртача фойдали иш коэффициенти η аниқлашда 2.30-расмдан топилган қийматга қўшимча Δ ни қўшиш керак:

$$\eta_1 = \eta \cdot (1 + \Delta) \quad (2.86)$$

Аралашма ($\alpha\mu=0,1\dots10$) лар учун қўшимча Δ нинг қийматлари 2.31-расмда келтирилган.



2.31-расм. Қўшимча Δ қийматларининг суюқликнинг тарелкада ҳаракат масофаси узунлиги l га боғлиқлиги.

Бинар системаларни ректификация қилишда тарелкаларнинг ҳақиқий сонини буғ ва суюқлик фазаларида масса бериш коэффициентини аниқлаш формула (2.59 ва 2.60) ларига газ параметрларига ўрнига буғнинг кўрсаткичларини қўйиб (2.61) тенглама ёрдамида ҳақиқий тарелкалар сонини топиш мумкин. Сўнг, ҳақиқий тарелкалар сони асосида колоннанинг ишчи баландлигини ҳисобланади ва (2.62) формуладан фойдаланиб колоннанинг умумий баландлиги (таянч обечайкаси) ни аниқланади.

Насадкали ректификацион колонналар ҳам худди тарелкали колонналар каби ҳисобланади. Фарқи, ишчи баландлик бу насадка ва насадкалараро бўшлиқлар йиғиндисидан ташкил топганлигини инобатга олиш лозим. Насадкалараро бўшлиқда албатта қайта тақсимлаш мосламаси ўрнатилади.

Тарелкали колонна қайта тақсимлаш мосламасини ҳисоблаш. Қуйилиш мосламали тарелкалар учун албатта текилиб қолмаслик шартларининг бажарилишини текшириш зарур:

$$\frac{L_m}{\rho_{жс} \cdot F_{неп}} < K_1 \cdot H_{mm}^{K_2} \quad (2.87)$$

бу ерда L_m – суюқлик массавий сарфи, кг/с; $F_{неп}$ – тарелка қуйилиш тешигининг юзаси, м²; H_{mm} – тарелкалараро масофа, м; K_1, K_2 – жараён шароитига боғлиқ коэффициентлар (4-7 жадвал).

Қуйилиш мосламасининг нормал ишлаши учун қуйидаги шартнинг бажарилишини керак:

$$\frac{L_m}{\rho_{жс} \cdot l_{неп} \cdot \theta} < 0,45 \quad (2.88)$$

бу ерда $l_{неп}$ – қуйилиш мосламаси периметри, м; θ – тарелка асоси ва қуйилиш стаканининг пастки қирраси орасидаги тиркиш, элаксимон тарелкалар учун $\theta=0,056$ м, клапанли учун $\theta=0,09$ м, қалпоқчали учун $\theta=0,035$ м.

Агар, (2.87) ва (2.88) формулалардаги шартларни нг бирортаси бажарилмаса, тарелкалараро масофа оширилши даркор ёки икки оқимли тарелка танлаш керак.

Ректификация жараёнида масса бериш коэффициентини ҳисоблаш учун қуйидаги тенгламалар тавсия этилади:

суёқ фазада:

$$Nu_{ДС} = 540 \cdot Re_c^{0,33} \cdot Pr_{Дс}^{0,45} \quad (2.89)$$

элаксимон тарелкаларда газ фазаси учун:

$$Nu_{ДГ} = 2,5 \cdot Re_{Г}^{0,72} \cdot Pr_{ДГ}^{0,5} \cdot We^{-0,25} \quad (2.90)$$

қалпоқчали тарелкаларда газ фазаси учун:

$$Nu_{ДГ} = 0,265 \cdot Re_{Г} \cdot Pr_{ДГ}^{0,5} \cdot We^{-0,25} \quad (2.91)$$

(2.90) ва (2.91) 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 суёқлик қатламининг статик баланлиги, м.

2.14. Адсорбция жараёни ва қурилмаларини ҳисоблаш формулалари

Газсимон ёки суёқлик аралашмаларидан бир ёки бир неча компонентни қаттиқ, ғоваксимон жисм ёрдамида ютиш жараёни **адсорбция** деб номланади. Ютилатган модда **адсорбтив**, ютувчи модда эса – **адсорбент** деб аталади.

Адсорбция жараёнининг ўзига хослиги шундаки - у селектив ва қайтар жараёндир. Жараённинг қайтар бўлишлиги туфайли адсорбент ёрдамида буғ – газ аралашмаларидан бир ёки бир неча компонентларни ютиш, сўнг эса махсус шароитда уларни адсорбентдан ажратиш олиш мумкин.

Адсорбцияга тескари жараён **десорбция** деб номланади. Адсорбция жараёни халқ хўжалигининг турли соҳаларида кенг тарқалган бўлиб, газларни тозалаш ва қисман қуриштириш, эритмаларни тозалаш ва тиндириш, буғ - газ аралашмаларини ажратиш учун 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 суёқлик билан тўлиб қолади, яъни 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 иссиқлик ажралиб чиқади. Одатда адсорбция жараёнида ажралиб чиқадиغان иссиқлик **адсорбция иссиқлиги** (Ж/кг) деб номланади ва у тажрибавий усулда ёки қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$r = \frac{19,16 \cdot \ln \frac{p_2}{p_1}}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}} \quad (2.92)$$

бу ерда p_1 ва p_2 - тегишли абсолют температуралар T_1 ва T_2 ларда адсорбент устидаги ютилаётган модданинг мувозанат босимлари.

Шундай қилиб, хемосорбция жараёни юқори температурада кичик тезликларда содир бўлади.

Адсорбция жараёнининг селективлиги адсорбент ва ютилаётган компонентнинг концентрациясига температурага, табиатига ва газлар ютилаётганда босимга боғлиқдир.

Ундан ташқари, жараён тезлиги адсорбентларнинг солиштирма юза катталигига ҳам боғлиқ.

Клапейрон тенгламасига биноан, газ араламасида ютилаётган модда концентрацияси ва унинг босими орасидаги боғлиқлик тўғри пропорционалдир:

$$\bar{C}_y = \frac{p}{RT} \quad (2.93)$$

бу ерда R – газ доимийси, Ж/(кг·К).

Адсорбция изотермаларининг энг аниқ тенгламаларидан бири сорбентлар структура тузилишини инобатга олувчи бўлиб Дубинин тенгламаси ҳисобланади. Фақат, $a_o - p$ координатларида ҳосил қилган чизиги бир текисда бўлиши керак. Шуни таъкидлаш лозимки, Дубинин тенгламаси микроковакларни ҳажмий тўлдирилиши назарияси асосида келтириб чиқарилган ва бир жинсли микроковакли сорбент (синтетик цеолит) лар учун у ушбу кўринишга эга:

$$a_o^* = \frac{W_o}{V} \cdot e^{-B \frac{T^2}{\beta^2} \left(\lg \frac{p_s}{p} \right)^2} \quad (2.94)$$

Мураккаб микроковак таркибли сорбент (майда ковакли силикагель, фаолланган кўмир) лар учун тенглама қуйидагича:

$$a_o^* = \frac{W_{o1}}{V} \cdot e^{-B_1 \frac{T^2}{\beta^2} \left(\lg \frac{p_s}{p} \right)^2} + \frac{W_{o2}}{V} \cdot e^{-B_2 \frac{T^2}{\beta^2} \left(\lg \frac{p_s}{p} \right)^2} \quad (2.95)$$

бу ерда a_o^* - адсорбция катталиги, ммоль/г; W_o ва B , W_{o1} ва B_1 , W_{o2} ва B_2 - адсорбентни характерловчи константалар; T – температура, К; β - стандарт моддага нисбатан адсорбтив буғининг аффинлик коэффициенти; p/p_s - ютилаётган компонент тўйинган буғи босимининг парциал босимига нисбати.

Эйкен ва Полян назариясига биноан, бирор T_1 температура учун стандарт модда буғи адсорбция изотермаси маълум бўлса, T_2 температура учун бошқа буғ учун адсорбция изотермасини ҳисоблаш мумкин. Адсорбция катталигини аниқлаш учун ушбу формула қўлланилади:

$$a_2^* = \frac{a_1^* \cdot V_1}{V_2} \quad (2.96)$$

бу ерда a_1^* - стандарт модда (одатда бензол) изотерма ординатаси, ммоль/г ёки кг/кг; a_2^* - аниқланаётган изотерма ординатаси, ммоль/г ёки кг/кг; V_1 ва V_2 - стандарт ва аниқланаётган (суюқ ҳолатда) моддалар моль ҳажмлари, м³/кмоль.

Моль ҳажмлар ушбу формуладан топилади:

$$V = \frac{M}{\rho} \quad (2.97)$$

бу ерда M – моль масса, кг/кмоль; ρ – суюклик зичлиги, кг/м³.

Босим эса куйидаги тенгламадан аниқланади:

$$\lg p_2 = \lg p_{s1} - \beta \frac{T_1}{T_2} \cdot \lg \frac{p_{s1}}{p_1} \quad (2.98)$$

бу ерда p_1 ва p_2 - стандарт ва аниқланаётган (суюқ ҳолатда) моддалар босимлари, мм. сим.уст.; p_{s1} - T_1 температурада стандарт модда тўйинган буғининг босими, мм. сим.уст.; p_{s2} - T_2 температурада аниқланаётган модда тўйинган буғининг босими, мм. сим.уст.; β - моль ҳажмлар нисбатига тенг аффинлик коэффиценти (2-3 жадвал):

$$\beta = \frac{V_2}{V_1} \quad (2.99)$$

2-3 жадвал

Модда	β	Модда	β
Метил спирти	0,40	Сирка кислота	0,97
Бромли метил	0,57	Бензол	1,00
Этил спирти	0,61	Циклогексан	1,03
Чумоли кислота	0,61	Тўрт хлорли углевод	1,05
Олтингугурт углеводи	0,70	Диэтил эфири	1,09
Хлорли этил	0,76	Пентан	1,12
Пропан	0,78	Толуол	1,25
Хлороформ	0,86	Тўрт хлорли углевод	1,05
Ацетон	0,88	Гексан	1,35
Бутан	0,90	Гептан	1,59

Адсорбция иссиқлиги конденсация ва ҳўлланиш иссиқликлари йиғиндисидан ташкил топган. Органик моддалар адсорбция иссиқлигининг қийматлари температурага боғлиқ эмас. Адсорбциянинг солиштирма иссиқлиги ютилган буғ миқдорига боғлиқлиги ушбу формуладан аниқланади:

$$q = m \cdot a^n \quad (2.100)$$

бу ерда a – адсорбцияланган буғ миқдори, дм³/кг қўмир; m ва n – константалар (2-4 жадвал).

2-4 жадвал

Модда	Формула	n	$m \cdot 10^{-3}$
Бензол		0,959	3,24
Бромли этил		0,900	3,77
Диэтил эфири		0,922	3,84
Йодли этил		0,956	3,10
Метил спирти		0,938	3,11
Олтингугурт углеводи		0,920	3,15
Хлорли этил		0,915	3,06
Хлороформ		0,935	3,47
Тўрт хлорли углевод		0,930	3,74
Этил спирти		0,928	3,65
Этил формиат		0,907	3,96

Адсорбция иссиқлиги бўйича маълумотлар йўқлигида тахминий формула ёрдамида ҳисоблаш мумкин:

$$\frac{q}{\sqrt{T_{кай}}} = const \quad (2.101)$$

бу ерда q – адсорбция иссиқлиги, Ж/моль газ; $T_{кай}$ – атмосфера босимида адсорбтивнинг қайнаш температураси, К.

Адсорбция иссиқлигини қуйидаги формула бўйича ҳам топиш мумкин:

$$q = 44 \cdot 10^3 \cdot \frac{\lg \frac{p_2}{p_1}}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}} \quad (2.102)$$

бу ерда p_1, p_2 – T_1 ва T_2 температураларда адсорбент устида адсорбтивнинг мувозанат босими.

Адсорбент қатлампидан адсорбтивнинг "ўтиб кетиш" вақтига мос келадиган ўртача концентрацияси қатламнинг 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 қараб танланади. Адсорбент қатлами ишлатилишининг фронтал (қатламли) модели проф. Шилов И.А. томонидан яратилган.

Ютилаётган модда концентрацияси бошланғичдан "ўтиб кетиш" концентрациясигача ўзгараётган адсорбент қатламининг h_o қисми ишчи қатлам дейилади. Ушбу жараёнга тўғри келадиган вақт - химоя қилиш вақти дейилади.

Проф. Шилов И.А. томонидан ўзгармас тезлик u да адсорбция қўламининг силжишини ифодалаш учун тегишли формуласи келтириб чиқарилган. Адсорбция ёки химояловчи таъсир вақтини ушбу тенгламадан топиш мумкин:

$$\tau = kH - \tau_0 = \frac{h}{u} - \tau_0 \quad (2.103)$$

бу ерда $k=1/u$ - қатлам химояловчи таъсир коэффициентини; u – қатлам ютиш қобилияти коэффициентини, с/м; τ_0 - қатламни химояловчи таъсир вақтининг йўқотилиш, с; H – сорбент қатлам баландлиги, м; h – фойдаланилмаган сорбент қатлам баландлиги, м.

Қатлам химояловчи таъсир коэффициентини k ушбу формуладан топилади:

$$k = \frac{a_o^*}{w \cdot \bar{C}_o} \quad (2.104)$$

бу ерда a_o^* - мувозанат адсорбцион сиғим, кг/м³; w – қурилманинг бутун қўндаланг кесимида нисбатан буғ-газ аралашмасининг тезлиги, м/с; $\bar{C}_o$ - буғ-газ аралашмасида ютилаётган модданинг бошланғич концентрацияси, кг/м³.

Адсорбция жараёни кинетик характеристикаэнг муҳими бўлиб масса ўтказиш зонасининг баландлиги h_o ҳисобланади ва у қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$h_o = H \cdot \frac{\tau_{m\ddot{y}u} - \tau_{np}}{\tau_{m\ddot{y}u} - (1 - f) \cdot (\tau_{m\ddot{y}u} - \tau_{np})} \quad (2.105)$$

бу ерда H – сорбент қатлам баландлиги, м; $\tau_{m\ddot{y}u}$ – мувозанат тўйинишигача бўлган вақт, с; τ_{np} – минимал проскоковой концентрацияда химояловчи таъсир вақти, с; f – масса ўтказиш зонасида динамик тажриба шароитида сорбентнинг фойдаланилмаган мувозанат адсорбцион сиғими (микроковакли сорбентлар учун $f \approx 0,5$).

Узлуксиз адсорбцион жараёнлар ютувчи қатлам тепадан пастга, буғ-газ аралашмаси унга қарама-қарши ҳаракатланадиган адсорбцион колонналарда амалга оширилади. Ҳисоблаш йўли орқали гиперсорбцион колоннада сорбентнинг минимал тезлиги u ва қатламнинг ишчи баландлиги H_o аниқланади.

Сорбент қатламининг ҳаракат тезлиги u ушбу формала ёрдамида топилади:

$$u = \frac{1}{K} = \frac{(\bar{C}_o - \bar{C}_{np}) \cdot w}{a_0^*} \quad (2.106)$$

бу ерда w - курилманинг бутун кўндаланг кесимига нисбатан газнинг тезлиги, м/с; K - қатлам ҳимояловчи таъсир коэффициент; $\bar{C}_o$ - буғ-газ аралашмасида ютилаётган модданинг бошланғич концентрацияси, кг/м³; $\bar{C}_{np}$ - адсорбент қатламидан кейин буғ-газ аралашмаси оқимида ютилаётган модданинг ўзгармас ўткинчи концентрацияси.

Газ оқимларини чуқур тозалаш ва қисман куриштида $\bar{C}_o = 20 \dots 10$ г/м³ оралигида $\bar{C}_{np}$ 0,025 дан 0,008% гача ўзгаради.

Гиперсорбцион колоннада адсорбент қатламининг ишчи баландлиги ушбу формуладан аниқланади:

$$H_0 = \gamma \cdot h_0 \quad (2.107)$$

бу ерда γ - тебратиб ҳосил қилинган тўкма зичлиқнинг зичланмаган тўкма зичликка нисбатини характерловчи коэффициент (ўртача $\gamma = 1,4$); h_0 – масса ўтказиш зонасининг баландлиги, м.

Масса ўтказишнинг ҳажмий коэффициентини ушбу формуладан аниқланади:

$$K_{yv} = \frac{1}{\frac{1}{\beta_{yv}} + \frac{m}{\beta_{xv}}} \quad (2.108)$$

бу ерда β_{yv} ва β_{xv} - суюқ ва қаттиқ фазаларда ҳажмий масса бериш коэффициентлари; m - мувозанат чизиғи қиялик бурчагининг ўртача тангенси.

Адсорбция жараёнининг тезлиги адсорция изотермалари шакли, адсорбент ва қатлами 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 ***Bi_o*** (***Bi***) критерийси билан ифодаланади. Агар, ***Bi*** ≥ 30 бўлса, жараён тезлиги адсорбент заррачаларининг ичидаги масса ўтказувчанлик тезлиги билан белгиланади. ***Bi*** ≤ 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 қатламининг масса бериш коэффициентини аниқлаш учун қуйидаги формулалардан фойдаланиш мумкин:

ламинар режимда ($Re < 30$):

$$Nu_D = 0,883 Re^{0,47} \cdot Pr_D^{0,33} \quad (2.109)$$

турбулент режимда эса ($Re = 30 \dots 150$):

$$Nu_D = 0,53 \cdot Re^{0,54} \cdot Pr_D^{0,33} \quad (2.110)$$

бу ерда $Nu_D = \beta_y d / D$ - Нуссельт диффузион критерийси; $Re = w_o d / \nu$ - Рейнольдс критерийси; $Pr_D = \nu / D$ - Прандтл диффузион критерийси; D – газ ёки суюқлик фазадаги диффузия коэффициенти; w_o - оқимнинг сохта тезлиги; ν - оқимнинг кинематик қовушқлиги.

(2.109) ва (2.110) тенгламалардаги Nu_D ва Re критерийларида аниқловчи геометрик ўлчам сифатида эквивалент диаметр d , ҳисобланади.

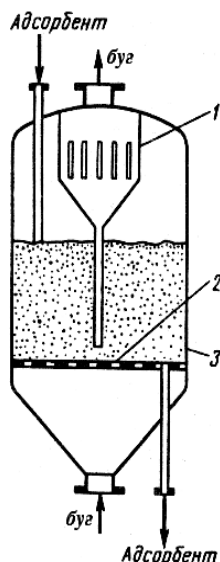
2.14.1. Адсорберлар конструкциялари

Ҳаракатчан донатор адсорбент қатламли адсорберлар - бу ичи бўш колонна типдаги қурилма бўлиб, унда тўсиқлар, қуйилиш патрубкालари ва узатувчи мосламалар ўрнатилган.

2.31а-расмда буғ-газ аралашмасини тозалаш ва тақсимловчи тарелкалардан таркиб топган. Бу турдаги адсорберда адсорбент узлуксиз циркуляция қилиб туради ва газдаги ютилувчи компонент адсорбентга ўтади. Адсорбентнинг биринчи секцияси бўлмиш совуткичда қайта тикланган адсорбент совутилади. Ушбу секция қобик-трубали иссиқлик алмашилиш қурилмаси кўринишида ясалган. Совуқлик элткич совуткичнинг трубалараро бўшлиғига узатилса, адсорбент эса - трубалар ичида ҳаракатланади.

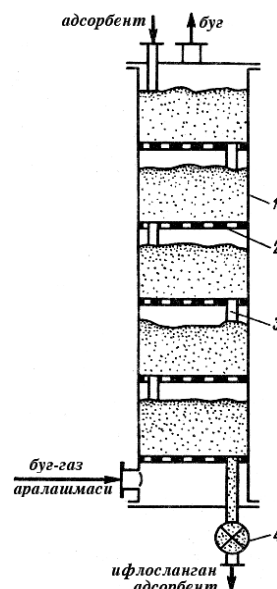
Иккинчи секция адсорбер вазифасини бажаради. Бу ерда адсорбент буғ-газ аралашмаси билан тўқнашувда бўлади. Биринчи секциядан иккинчисига адсорбент патрубкани ва тақсимловчи тарелкалар орқали ўтади. Қайд этилган мосламалар адсорбент қурилма кўндаланг кесими бўйича бир хилда тақсимлаш ва иккала секция орасида тамба ва ажратиш турувчи восита сифатида хизмат қилади. Ундан кейин, ишлатиб бўлинган адсорбент десорбция секциясига ўтади ва у ерда десорбцияловчи элткич (ўткир буғ) билан ўзаро таъсирда бўлиб қиздирилади. Қайта тикланган адсорбент шлюзли тамба орқали чиқариб юборилади.

Мавҳум қайнаш қатламли адсорберлар бир ва кўп поғонали бўлади.



2.31б-расм. Услуксиз ишлайдиган, бир поғонали мавҳум қайнаш қатламли адсорбер.

1 - қобик; 2 - газ тақсимлагич;
3 - чанг йиғич.



2.31в-расм. Кўп поғонали, мавҳум қайнаш қатламли адсорбер.

1 - қобик; 2 - газ тақсимловчи тешикли панжара; 3 - қуйилиш патрубкеси; 4 - шлюзли тамба.

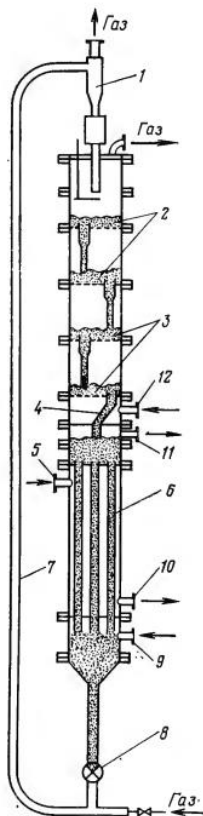
Бир поғонали, мавҳум қайнаш қатламли адсорбер конструкцияси 2.31б-расмда келтирилган. Бундай қурилмаларда адсорбент мавҳум қайнаш ҳолатида бўлади ва у услуксиз равишда тегишли панжара устига узатилиб турилади.

Адсорбер вертикал цилиндр қобикдан ва уни ичига ўрнатилган сепаратор ва газ тақсимловчи панжарадан иборат. Сепаратор чанг ушлаш вазифасини бажаради. Адсорбент қурилманинг тепасидаги труба орқали юкланади ва цилиндрик қобикнинг паст қисмида ўрнатилган штуцердан чиқарилади. Бошланғич буғ-газ аралашмаси қурилманинг конуссимон тубидаги штуцердан тегишли панжара остига юборилади. Албатта, буғ-газ аралашманинг тезлиги адсорбент заррачасининг мавҳум қайнаш тезлигидан юқори бўлиши керак. Адсорбент билан ўзаро таъсирда бўлган буғ-газ аралашмаси сепаратордан ўтиб, тепа қисмидаги

штуцердан чиқиб кетади.

Бундай адсорберларда адсорбент зар-рачалари интенсив аралашади ва қатламда бўлиш вақти ҳар хилдир. Бу эса, адсорбентнинг нотекис тўйинишига 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.



2.31г-расм. Совитиш тарелкасида адсорбцияловчи мавҳум қайнаш қатламли ва ҳаракатчан қатламда десорбцияловчи узлуксиз ишлайдиган адсорбер

1 – пневмотранспорт сепаратори; 2 – адсорбентни совутувчи тарелка; 3 – адсорбцион тарелкалар; 4 – қуйилиш труба; 5–глухой буг кириш штуцери; 6–десорбция секцияси труба; 8–а десорбент циркуляция тезлигини ростлагич; 9 – ўткир буг кириш штуцери; 10 – конденсат чиқиш штуцери; 11 – десорбцияланган маҳсулотларни конденсаторга юбориш штуцери; 12 – буг-газ аралашмасининг чиқиш штуцери;

Бир поғонали адсорбер камчиликлари кўп поғонали, қарама-қарши йўналишли қурилмаларда бартараф қилинган.

Кўп поғонали, мавҳум қайнаш қатламли адсорбер 2.31в-расмда тасвирланган. Бу қурилма колонна типда бўлиб, ичида қуйилиш патрубкали газ тақсимловчи тегишли панжаралар жойлаштирилган. Қуйилиш патрубкालари бир вақтнинг ўзида тамба вазифасини ўтайди, яъни газ оқимини ўзидан ўтказмайди.

Адсорбент қурилманинг тепасидаги штуцердан энг юқори тарелкага узатилади ва ундан сўнг пастда ўрнатилган тарелкаларга қуйилиш патрубкеси орқали бирин-кетин ўтади. Энг пастдаги тарелкадан шлюзли тамба орқали ташқарига чиқариб юборилади.

Бошланғич буг-газ аралашма эса адсорбернинг пастки қисмидаги штуцердан киритилади ва тепадагидан чиқарилади.

Бу турдаги қурилмаларда буг-газ аралашма қўндаланг кесим бўйлаб бир текисда тақсимланади ва фазалар ўртасида интенсив масса алмашилиш юз беради. Натижада, адсорбентнинг тўйиниши бир хил ва энг катта ютиш қобилиятига эга бўлади.

Бир поғонали адсорберлардан фарқли, кўп поғонали қурилмалар идеал сиқиб чиқариш схемасида ишлайди. Бу ҳол адсорбция жараёнини фазалар қарама-қарши йўналишида олиб бориш имконини яратади.

Совитиш тарелкасида адсорбцияловчи мавҳум қайнаш қатламли ва ҳаракатчан қатламда десорбцияловчи узлуксиз ишлайдиган адсорбер 2.31г-расмда келтирилган.

2.15. Қуриш жараёни ва қурилмаларини ҳисоблаш формулалари

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, филтрлаш, центрифугалаш ва ҳ.);

2. Физик-кимёвий (сувни ўзига тортиб олувчи моддалар ёрдамида, масалан, кальций хлорид, сульфат кислота ва ҳ.);

3. Иссиқлик таъсирида сувсизлантириш, яъни қуритиш.

Қаттиқ, нам материалга иссиқлик таъсир этиш усулига қараб 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 орқали узатилади;

3) **радиацион** қуритиш – нам материалга иссиқлик инфрақизил нурлар орқали узатилади;

4) **диэлектрик** қуритиш – нам материалга иссиқлик юқори частотали ток майдонида қуритилади;

5) **сублимацион** қуритиш – нам материал музлаган ҳолатда, юқори 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 жараёни амалга ошириш учун нам материалга иссиқ ҳаво таъсирининг аҳамияти катта. Шунинг учун, нам ҳавонинг асосий хоссаларини билиш қуритиш жараёнини ўрганиш ва ҳисоблаш учун зарур.

Қуриткич турини танлаш нам материал хоссаларига боғлиқ.

Қуриткични ҳисоблаш қуйидаги кетма-кетликда бажарилади:

- белгиланган иш унумдорлик бўйича моддий баланс тузилади ва буғлатиладиган намлик миқдори аниқланади;

- иссиқлик баланси тузилади ва зарур иссиқлик миқдори, ёқилғи, буғ, иссиқлик элткич сарфлари топилади;

- қуриткичнинг белгиланган унумдорлигини таъминлаш учун талаб этилган иссиқлик ва масса алмашиниш юзаси ҳисобланади;

- талаб этилган иссиқлик ва масса алмашиниш юзасига биноан зарур қуритиш қурилмаларининг сони аниқланади.

2.16. Рамзиннинг нам ҳаво $I - x$ 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_6 да сув буғи бутун ҳажми, масалан 1 м^3 ни, эгалласа, унда, абсолют намлик сув буғи зичлиги ρ_6 га тенг.

Нисбий намлик деб ҳаво абсолют намлигининг, тўйиниш пайтидаги абсолют намлик нисбатига айтилади:

$$\varphi = \frac{\rho_6}{\rho_m} \quad (2.111)$$

бу ерда, ρ_m – тўйинган сув буғининг зичлиги, кг/м^3 ; ρ_6 – 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_6 нинг тўйинган сув буғлари босими p_T га нисбати сифатида ифодаланиши мумкин:

$$\varphi = \frac{p_{\delta}}{p_T} \quad \text{ёки} \quad p_{\delta} = \varphi \cdot p_T \quad (2.112)$$

Нам сақлаш деб 1 кг абсолют қуруқ ҳавога тўғри келадиган сув буғлари (1 кг) миқдорига айтилади.

Нам ҳавонинг солиштирма нам сақлаши x (кг/кг) ёки (г/кг) билан белгиланади. Ҳавонинг нам сақлаши ушбу нисбат орқали аниқланади:

$$x = \frac{m_{\delta}}{m_{акх}} = \frac{\rho_{\delta}}{\rho_{акх}} \quad (2.113)$$

бу ерда, m_{δ} ва $m_{акх}$ – сув буғи ва абсолют қуруқ ҳаво массалари, кг.

Менделеев - Клапейрон идеал газлар ҳолатининг тенгламасига биноан нам сақлаш ва нисбий намликлар орасидаги боғлиқликни аниқлаймиз. Сув буғи ва қуруқ ҳаво зичликларини ушбу тенгламалардан топиш мумкин:

$$\rho_{\delta} = \frac{p_{\delta} \cdot M_{\delta}}{RT} \quad \text{ва} \quad \rho_{акх} = \frac{P_{акх} \cdot M_{акх}}{RT} \quad (2.114)$$

бу ерда, M_{δ} ва $M_{акх}$ – 1 моль сув буғи ва абсолют қуруқ ҳаволар массалари, кг/моль; $p_{акх}$ – бирор температурадаги қуруқ ҳавонинг парциал босими, Па; $R = 8314$ – газнинг универсал доимийси, Ж/(моль·К).

(2.114) ни (2.113) га қўйиб, ушбу кўринишли тенгламани оламиз:

$$x = \frac{M_{\delta}}{M_{акх}} \left(\frac{p_{\delta}}{p_{акх}} \right) \quad (2.115)$$

Дальтон қонунига биноан $P = p_n + p_{акх}$. Унда:

$$p_{акх} = P - p_{\delta} \quad (2.116)$$

((2.112) тенгламадан биламизки, $p_{\delta} = \varphi \cdot p_m$

Агар $p_{акх}$ ва p_{δ} қийматларини (2.115) га қўйсак:

$$x = \frac{18}{29} \frac{\varphi \cdot p_m}{P - \varphi p_m} = 0,622 \frac{\varphi \cdot p_m}{P - \varphi p_m} \quad (2.117)$$

бу ерда, $M_{акх}=29$ кг/моль; $M_{\delta}=18$ 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:

$$I = c_{акх} \cdot t + x I_{\delta} \quad (2.118)$$

бу ерда, t – абсолют қуруқ ҳавонинг ўртача температураси, К; $c_{\delta} = 1000$ Ж/(кг·К); I_{δ} – сув буғининг солиштирма энтальпияси, Ж/кг.

Қуритиш жараёнида ҳаво билан аралашмада бўлган сув буғи ўта қиздирилган ҳолатда бўлади. Унинг солиштирма буғ ҳосил қилиши $r_0 = 2493 \cdot 10^3$ Ж/кг бўлса, ўта қиздирилган сув буғининг солиштирма иссиқлик сиғими эса, $c_{\delta} \approx 1,97 \cdot 10^3$ Ж/(кг·К).

Ўта қиздирилган сув буғининг солиштирма энтальпияси:

$$I_{\delta} = r_0 + c_{\delta} I = 2493 \cdot 10^3 + 1,97 \cdot 10^3 \cdot t \quad (2.119)$$

Агар (2.119) ни (2.118) га қўйсак, ушбу кўринишдаги тенгламага эришамиз:

$$I = (1000 + 1,97 \cdot 10^3 \cdot x) \cdot t + 2493 \cdot 10^3 \cdot x \quad (2.120)$$

Нам ҳавонинг **зичлиги** $\rho_{нх}$ абсолют куруқ ҳаво $\rho_{акх}$ ва сув буғи $\rho_б$ зичликлари йиғиндисига тенг. Агар $\rho_б = x \cdot \rho_{акх}$ эканлигини инобатга олсак, ушбу тенгламани оламиз:

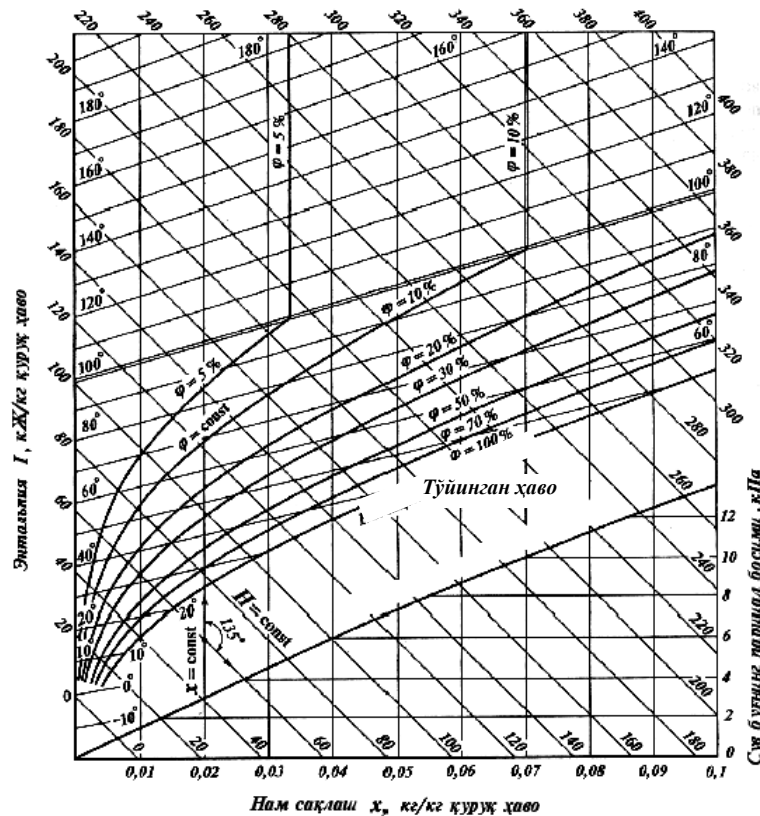
$$\rho_{нх} = \rho_{акх} + \rho_б = \rho_{акх}(1 + x) \quad (2.121)$$

Менделеев - Клапейроннинг ҳолат тенгламасига биноан абсолют куруқ ҳаво зичлиги қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$\rho_{акх} = \frac{M_{акх} \cdot \rho_{акх}}{RT} = \frac{29 p_{акх}}{8314 \cdot T} = \frac{P - p}{287T} \quad (2.122)$$

(2.117) тенгламадан x ва (2.122) дан $\rho_{акх}$ қийматларини олиб (2.121) га қўйсак, ушбу кўринишли ифодани оламиз:

$$\rho_{нх} = \frac{P - 0,378 \cdot p_б}{287T} \quad (2.123)$$



2.32-расм. Рамзиннинг I-x диаграммаси.

Иситиш, совитиш ва қуриштириш жараёнларида ҳавонинг асосий хоссалари ўзгариши тасвирланган ва техник ҳисоблашлар учун етарли аниқликда Л.К. Рамзиннинг энтальпия диаграммаси ёрдамида аниқланиши мумкин.

I - x диаграмма ўзгармас босим $p = 745$ мм.сим.уст. (~ 99 кПа) учун қурилган (2.32-расм). Диаграмма энтальпия I (ордината ўқи) – нам сақлаш x (абсцисса ўқи) координаталарида қурилган.

Координата ўқлари 135° бурчак остида жойлаштирилган. Диаграммадан фойдаланиш қулай бўлиши учун нам сақлаш қийматлари ордината ўқига перпендикуляр, яъни қўшимча

горизонтал ўқга проекцияланган.

Диаграммага қуйидаги чизиқлар ўтказилган: ордината ўқига параллел ($x=const$), ўзгармас нам сақлаш вертикал чизиқлар; қўшимча абсцисса ўқига 135° бурчақда ўтказилган ўзгармас энтальпия ($I=const$) қия чизиқлари; ўзгармас температура (изотерма) чизиқлари; ўзгармас нисбий намлик ($\varphi=const$) чизиқлари; нам ҳаводаги сув буғининг парциал босим p_6 чизиқлари.

Ўзгармас температура чизиқлари (2.115) тенглама ёрдамида қурилади. Бунинг учун x_1 ва x_2 параметрларнинг исталган қийматлари қабул қилиниб, уларга тегишли I_1 ва I_2 қийматлари ҳисобланади.

Ундан кейин, диаграммада координатлари I_1 , x , ва I_2 , x_2 бўлган нукталар аниқланади. Топилган нукталар тўғри чизиқ билан бирлаштирилади ва изотерма деб номланади.

Ўзгармас нисбий намлик чизиқлари (2.112) тенглама ёрдамида қурилади. $\varphi = const$ чизиқлари координатлари $t = -273^\circ\text{C}$ ва $x = 0$ бўлган нуқтадан тарқалувчи эгри чизиқлар дастасини ҳосил қилади.

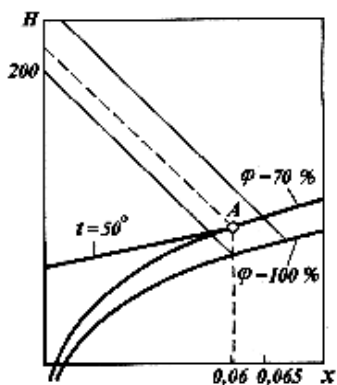
$\varphi = const$ чизиқлари бир-бирига ёпишиб кетмаслиги учун диаграмма маълум бурчакли система координатларида қурилган.

$I - x$ диаграммдан кўриниб турибдики, $99,4^\circ\text{C}$ температурада $\varphi = const$ чизиқлари синади ва юқорига вертикал кўтарилиб кетади, яъни диаграмма икки қисмга бўлинади. Ушбу температурада тўйинган сув буғининг босими 745 мм.с.м.уст. тенг бўлади. (2.112) тенгламадан кўриниб турибдики, температура $t \geq 99,4^\circ\text{C}$ етганда нисбий намлик φ температурага боғлиқ бўлмай ва ўзгармас катталиқ бўлиб қолади.

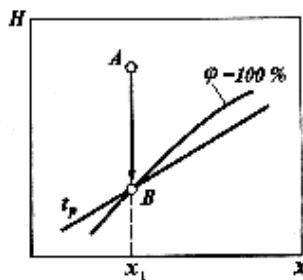
Ҳавонинг сув буғи билан тўйиниш чизиғи, яъни $\varphi = 100\%$, диаграммани тўйинмаган нам ҳаво ва чизиқ остида жойлашган, сув буғи билан ўта тўйинган ҳаво зоналарига ажратади.

Сув буғининг парциал босим чизиқлари (2.114) тенгламани инobatга олган ҳолда (2.112) тенгламадан аниқланади:

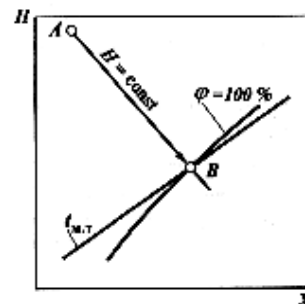
$$p_6 = \frac{P_x}{0,622 + x} \quad (2.124)$$



2.33а-расм. $I-x$ диаграмма ёрдамида маълум икки параметр орқали нам ҳавонинг қолган параметрларини аниқлаш.



2.33б-расм. $I-x$ диаграммада шудринг нуқтасини аниқлаш.



2.33в-расм. $I-x$ диаграммада ҳўл термометр температурасини аниқлаш.

Сув буғининг **парциал босими** $I - x$ диаграмманинг пастки қисмида жойлашган. Диаграмма ёрдамида нам ҳавонинг исталган икки параметри маълум бўлса, қолган параметрларини топиш мумкин.

$I-x$ диаграмма ёрдамида, нам ҳавонинг исталган икки параметри орқали қолган параметрларини топиш мумкин. Масалан: ҳаво температураси $t=55^\circ\text{C}$ ва нисбий намлиги $\varphi=70\%$ бўлган параметрлар учун нуқта A ни аниқлаймиз (2.33а-расм). Бу нуқта учун нам сақлаш параметри $x=0,0608$ кг намлик/кг қуруқ ҳаво ва энтальпияси $I=207,25$ кЖ/кг қуруқ ҳаво.

Шудринг нуқтаси. Ҳавонинг ўзгармас нам сақлаш параметрида совиши, унинг сув буғлари билан бутунлай тўйиниши натижасида, ҳаво ёки газ таркибидаги сув буғларининг конденсацияланиши рўй беради. Ушбу температура шудринг нуқтаси деб номланади.

2.33б-расмда A нуқтага мос бошланғич параметрли ҳаво учун шудринг нуқта B ни график усулда аниқлаш тасвирланган. Шудринг нуқтаси $\varphi=100\%$ ва нам сақлаш x_1 ларнинг кесилиш нуқтаси B орқали ўтган изотерма t_p сифатида аниқланади.

Ҳўл термометр температураси. Ҳавонинг нам материал билан изотермик ўзаро таъсири натижасида ҳаво совийди. Бунда, ҳаво материалга ўз иссиқлигини 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 тўлиқ тўйингунга қадар боради, яъни $\varphi=100\%$ га эришадиган температурагача. I -х диаграммада A нуқтадан $\varphi=100\%$ чизиғида B нуқта билан кесишгунча $I=\text{const}$ чизиғи ўтказилади (2.33в-расм). Нуқта B орқали ўтадиган, изоэнтальпия шароитида ҳавонинг совиш чегарасига тўғри келадиган изотерма t_{MT} — ҳўл термометрнинг температураси деб номланади.

Қуриштиш потенциали. Ҳаво температураси t_6 ва ҳўл термометр температураси t_{MT} ларнинг фарқи қуриштиш потенциали ε деб аталади. Ушбу кўрсаткич ҳавонинг материалдан намликни ютиш қобилиятини характерлайди. Қуриштиш потенциали қанчалик катта бўлса, материалдан намликнинг буғланиш тезлиги шунчалик юқори бўлади. Агар $t_6 = t_{\text{MT}}$ бўлса, қуриштиш потенциали $\varepsilon = 0$.

2.17. Қуриткичнинг моддий ва иссиқлик баланслари

Конвектив қуриштиш қурилмаси қуриткич, транспорт мосламаси, вентилятор ва калорифердан таркиб топган деб фарз қилайлик (2.34-расм).

Моддий баланс. Қуриштишга узатилаётган нам материалнинг массавий сарфини G_6 (кг/соат), қуритилган материал массавий сарфини G_{ox} (кг/соат), материалнинг бошланғич ва охириги намликларини W_1 ва W_2 (%), буғланган намлик миқдорини W (кг/соат) деб белгилаб оламиз.

Унда, жараённинг моддий балансини ушбу тенглама кўринишида ифодалаш мумкин:

$$G_6 = G_{\text{ox}} + W \quad \text{ёки} \quad W = G_6 - G_{\text{ox}} \quad (2.125)$$

Қуруқ моддалар бўйича моддий балансни қуйидагича ёзиш мумкин:

$$G_6 \cdot (100 - W_1) = G_{\text{ox}} \cdot (100 - W_2) \quad (2.126)$$

ёки

$$G_{\text{ox}} = G_6 \cdot \frac{100 - W_1}{100 - W_2} \quad (2.127)$$

Буғлатилган намлик миқдори эса, ушбу тенгламадан ҳисоблаб аниқланади:

$$W = G_6 \cdot \frac{W_1 - W_2}{100 - W_2} \quad (2.128)$$

Атроф муҳитга йўқотилган иссиқлик миқдори:

$$Q_{\text{йўқ}} = K \cdot F_{nc} \cdot (t_{cp} - t_0) \quad (2.136)$$

бу ерда K – қуриткич деворидан иссиқлик ўтказиш коэффициент, Вт/(м²·К); F_{nc} – қуриткич ташқи юзаси, м²; t_{cp} – қуриткичдаги ўртача температура, К; t_0 – атроф муҳит температураси, К.

Қуриткич иссиқлик қопламаси шундан танланадики, девор ташқи юзасининг температураси 40-50°C ошмаслиги керак.

Дегидратация, материал билан боғланиш энергиясини бузиш ва бошқа эндотермик жараёнларга иссиқлик сарфи қуйидагича аниқланади:

$$Q_o = q_o \cdot G_2 \quad (2.137)$$

бу ерда q_o – 1 кг тайёр маҳсулотга нисбатан дегидратация ўртача солиштирма иссиқлиги; Q_t – қўшимча киритилаётган муҳит ва мосламалар иситишга кетадиган иссиқлик сарфи.

Иссиқлик элткичлар миқдори. Конвектив қуритиш жараёнида газсимон иссиқлик элткич сарфи иссиқлик балансидан топилади:

Қуритувчи элткич сарфи L (кг/соат):

$$L = \sum \frac{Q}{(I_1 - I_2)} \quad (2.138)$$

бу ерда I_1, I_2 – қуриткичга кириш ва чиқишдаги газнинг энтальпиялари, Ёки

$$L = \frac{W}{(x_2 - x_1)} \quad (2.139)$$

бу ерда x_1, x_2 – қуриткичга кириш ва чиқишдаги ҳавонинг нам сақлаши (1 кг абсолют қуруқ газга нисбатан), кг.

Ҳавонинг солиштирма сарфи (1 кг намликни буғлатиш учун кетаётган сарф) эса,

$$l_{yo} = \frac{L}{W} = \frac{1}{(x_2 - x_1)} \quad (2.140)$$

Бундан қуритишдан кейин ҳавонинг нам сақлашини топамиз:

$$x_2 = x_1 + W / L \quad (2.141)$$

Қуриткичда ҳавонинг ўртача ҳажмий сарфи (м³/соат):

$$\bar{V} = \frac{L \cdot (1 - \bar{x})}{\bar{\rho}} \quad (2.142)$$

бу ерда $\bar{x}, \bar{\rho}$ – ўртача температура $\bar{t} = (t_1 + t_2)$ да ҳавонинг нам сақлаши ва зичлиги.

Агар, ҳавони иситиш учун сув буғи ишлатилаётган бўлса, унда унинг сарфи ушбу формуладан аниқланади:

$$D_n = \frac{L \cdot (I_1 - I_2)}{[\eta \cdot (I_n - I_k)]} \quad (2.143)$$

бу ерда I_n, I_k – буғ ва конденсат энтальпиялари; η – калорифердаги иссиқлик ф.и.к.

Иссиқлик ва масса алмашиниш юзаси ва қуритиш камерасининг габарит

ўлчамлари. Материал юзаси унинг шакли, қуриштиш усули ва материални қуриткич орқали ҳаракати, иссиқлик узатиш усули ва ҳоказолар билан белгиланади.

Исталган қуриткич учун қуриштиш жараёнининг давомийлиги ушбу тенглама ёрдамида ҳисобланади:

$$\tau = \frac{F}{F_r} \approx \frac{G_M}{0.5 \cdot (G_1 + G_2)} \quad (2.144)$$

бу ерда τ – материални қуриштиш зонасида бўлишининг ўртача интеграл вақти, соат; F – қуриштиш зонасидаги материал юзаси, м²; F_r – вақт бирлигида қуриштиш зонасидан ўтаётган материал юзаси, м²/соат; G_M – қуриштиш зонасида бир вақтда бўлган материал массаси, кг.

Агар, иссиқ қуриштиш элткичидан материалга иссиқлик бериш коэффициенти маълум бўлса, қуриштиш вақтини қуйидаги формуладан топиш мумкин:

$$\tau = \frac{Q}{\alpha \cdot F_r \cdot \Delta t_{cp}} \quad (2.145)$$

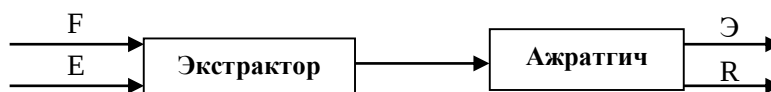
бу ерда Q – иссиқ ҳаводан материалга тарқалаётган иссиқлик оқими, Вт; α – иссиқ ҳаводан материалга иссиқлик бериш коэффициенти, Вт/(м²·К); Δt_{cp} – материал ва иссиқ ҳаво учун ўртача температуралар фарқи, °С.

2.18. Экстракция жараёни ва қурилмаларини ҳисоблаш формулалари

«Суюқлик - суюқлик» системаларида эритма ёки қаттиқ жисмлар таркибидан бир ёки бир неча компонентларни махсус суюқлик (эритувчи) ёрдамида ажратиб олиш жараёни **экстракциялаш** деб номланади. Шунинг алоҳида таъкидлаш керакки, эритувчи аралашмада эримайди, лекин экстракцияланаётган компонентни эритади.

Маълумки, экстракция жараёни 2 хил бўлади: 1) суюқликларни экстракциялаш; 2) қаттиқ материалларни экстракциялаш.

Экстракция жараёнининг принципиал схемаси 2.35-расмда келтирилган.



2.35-расм. Экстракция жараёнининг принципиал схемаси.

Таркибида тарқатувчи модда M бор бошланғич эритма F ва эритувчи E лар экстракторга юкланади. Бирор эритма таркибидаги компонентларни ажратиб олиш учун қўлланиладиган суюқлик **экстрагент** (E) деб номланади. Фазалар ўртасида масса алмашилиш жараёни уларнинг бевосита тўқнашуви туфайли юз беради. Экстракция натижасида ҳосил бўлган суюқ аралашма ажратгичга юборилади ва у ерда экстракт ($\mathcal{E}$) ва рафинат (R) га ажратилади.

Суюқ аралашмани экстракт ва рафинатга ажратиш учун тиндириш, сепарациялаш, центрифугалаш ёки бошқа механик жараёнлар қўлланилади.

Экстракт таркибидаги зарур компонент (маҳсулот) ажратиб олинади, рафинатдан эса экстрагент қайта тикланади.

Экстракция жараёни турли хил конструкцияли қурилмаларда - **экстракторларда** ўтказилади.

Жараён таҳлили шуни кўрсатадики, бу жараён ҳам ректификация каби эритмаларни ажратиш учун ишлатилади. Агар, ректификация жараёни иссиқлик таъсирида олиб борилса, экстракция учун эса - унинг зарурати йўқ. Ректификацияда компонентларга ажратиш уларнинг турли учувчанлигига боғлиқ. Агар, эритма компонентларининг қайнаш температуралари бир - бирига жуда яқин бўлса, экстракция жараёнидан фойдаланиш юқори самара беради. Лекин, экстрагентнинг зичлиги, суёқ аралашма зичлигидан етарли даражада фарқ қилиши ва кам бўлиши керак.

Экстракция жараёнидан кимё, нефтни қайта ишлаш, нефть кимёси, озик-овқат, фармацевтика ва саноатнинг бошқа соҳаларида кенг миқёсда фойдаланилади. Бу жараён хилма-хил органик ва нефть-кимё синтез маҳсулотларини тоза ҳолда ажратиш олиш, нодир, камёб ва тарқоқ элементларни олиш, оқава сувларини тозалаш ва бошқа соҳаларда ишлатилади. Жараённинг асосий афзаллиги шундаки, у паст температурада ўтади ва термолабил моддалари бор элементларни ажратиш имконини яратади.

Экстракция жараёни камчиликлардан ҳоли эмас, яъни кўшимча эритувчи ишлатилади, эритувчини қайта тиклаш технологик схемани мураккаблаштиради ва кўшимча қурилма талаб этади, ҳамда жараённи қимматлаштиришга олиб келади.

Кўпчилик ҳолларда экстракция ва ректификация жараёнлари кўпинча биргаликда қўлланилади. Бунга сабаб, бошланғич эритма концентрацияси ортиши билан ректификация жараёнига зарур бўлган иссиқлик сарфи камаяди. Демак, аввал экстракция жараёнининг ўтказилиши, бошланғич эритмани ажратиш учун сарфланадиган иссиқликни тежашга олиб келади.

Экстракцион қурилмаларни ҳисоблашдан мақсад асосий параметрлар – колонна диаметри ва баландлигини аниқлашдир. Ушбу параметрларни ҳисоблаш ҳам, албатта масса алмашилиш қурилмалари учун умумий тенгламалар асосида бажариш керак.

Турли эксплуатацион режимларда экстракторларнинг иш унумдорлиги чегаравий унумдорликдан келиб чиқади, яъни тегилиб қолиш бошланишгача бўлган унумдорликка тўғри келади. Бундан, фазаларнинг ишчи тезликлари тегилиб қолиш ҳолатига мос чегаравий тезликдан кичик бўлиши шарт. Лекин, шу вақтгача бир фазадан иккинчи фазага тарқалаётган моддаларнинг ўтиши, яъни масса ўтказишнинг тегилиб қолиш бошланишига сифат ва сон жиҳатдан таъсири аниқ ўрганилмагани учун яхлит фаза тезлигини тегилиб қолишга мос тезликнинг 60...80% тенг деб қабул қилинади. Ушбу тезликка таяниб экстрактор диаметри ушбу формуладан ҳисобланади:

$$D = \sqrt{\frac{4V}{\pi \cdot w_o}} \quad (2.146)$$

бу ерда w_o – сохта тезлик, яъни колонна тўлиқ кўндаланг кесими юзасига нисбатан ҳисобланган тезлик, м/с.

Экстрактор ишчи баландлиги умумий тенгламалар асосида аниқланади, яъни 2 та усул ёрдамидан фойдаланилади.

Биринчи усул – ўтиш бирлиги сони усули бўлиб, унга биноан колонна ишчи баландлиги ўтиш бирлиги баландлиги h_{oy} ни ўтиш бирлиги сони n_{oy} га кўпайтмасига тенг:

$$H = h_{oy} \cdot n_{oy} \quad (2.147)$$

Иккинчи усул – концентрация ўзгариши назарий поғоналар усули бўлиб, унга биноан колонна ишчи баландлиги ўтиш бирлиги баландлиги h_{oy} ни ўтиш бирлиги сони n_{oy} га кўпайтмасига тенг:

$$H = n_T \cdot h_{эке} \quad (2.148)$$

бу ерда $h_{экс}$ – насадка баландлиги бўлиб, битта назарий тарелка ёки битта назарий поғонага эквивалентдир.

Бироро фаза бўйича ўтиш бирлигининг умумий баландлигини ушбу формула ёрдамида аниқлаш мумкин:

$$h_{oc} = h_c + \frac{h_d}{A} \quad (2.149)$$

бу ерда $A = mV_d/V_c$ – экстрекция омили; h_c ва h_d – яхлит ва дисперс фазалар ўтиш бирлиги баландлиги, м.

Шуни таъкидлаш лозимки, h_c ва h_d катталикларни фазанинг масса бериш коэффициентига боғлиқлиги орқали ҳам топиш мумкин:

$$h_c = \frac{V_c}{\beta_c \cdot a} \quad \text{ва} \quad h_d = \frac{V_d}{\beta_d \cdot a} \quad (2.150)$$

бу ерда β_c ва β_d – яхлит ва дисперс фазалар масса бериш коэффициентлари, кмоль/(м²·с·кмоль/кмоль); a – фазаларнинг солиштирма контакт юзаси (м²/м³) бўлиб, $a = 6\pi/d_{\text{жр}}$, бу ерда $d_{\text{жр}}$ – томчининг ўртача диаметри, м.

Юқорида келтирилган β_c , β_d ва $d_{\text{жр}}$ катталиклар турли экстракторлар учун эмпирик тенгламалар ёрдамида топилади.

2.18.1. Пурковчи экстрактор ҳисоби.

Экстрактор оғир суюқлик L билан юкланади ва қурилма ичида w_c тезликда тепадан пастга ҳаракатланиб чиқиш штуцеридан тўкилади (2.36-расм). Енгил суюқлик G қурилма пурковчи мосламасига узатилади ва томчи кўринишида w_d тезликда пастдан тепага кўтарилади. Экстракторнинг тепа қисмида томчилар бирлашади ва яхлит фаза бўлиб қурилма тепа штуцеридан чиқарилади.

Томчининг нисбий ҳаракат тезлиги w_o чўқиш тезлиги каби Н.И.Смирнов таклиф қилган формуладан аниқланади:

$$w_o = \frac{gd^{2,5}}{\sigma} \cdot \left(\frac{\rho_c - \rho_n}{\rho_n} \right)^{1,5} \cdot \left(\frac{\mu_c}{\rho_c g} \right)^{0,5} \quad (2.151)$$

бу ерда d – томчи диаметри, м; σ – фазалар чегарасидаги сиртий таранглик, Н/м; ρ_c – муҳит зичлиги, кг/м³; ρ_n – томчи ҳосил қилувчи суюқлик зичлиги, кг/м³; μ_c – муҳит қовушқоқлик коэффициенти, Па·с.

Қурилма деворига нисбатан томчининг силжиш тезлиги w_d томчи нисбий кўтарилиш ва яхлит фаза ҳаракатинининг чизиқли тезликларининг фарқига тенг ва ушбу тенгламадан ҳисобланади:

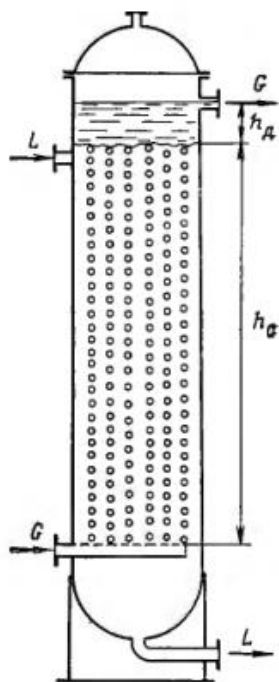
$$w_o = w_o - w_c \quad (2.152)$$

Яхлит фаза бўйича қурилма юкламаси ортиб кетса, томчининг абсолют ҳаракат тезлиги w_d нольга тенг бўладиган шароит ҳосил бўлади. Бундай катта сарфда яхлит фаза узатилса, экстракторда дисперс фаза йиғилиб экстракторни тўлдириб қўяди. Ишчи зонада дисперс фазанинг йиғилиб қолиши яхлит фазанинг ўтиш йўлини торайтиради. Оқибатда яхлит фазанинг тезлиги ортади ва натижада яхлит фаза ишчи зонадан дисперс фаза томчиларини сиқиб чиқаради. Фазаларнинг қарама-қарши ҳаракати бузилади ва экстрактор тикилиб (**захлебывание**) қолади.

Иккала фаза бўйича жами чегаравий юклама нисбий тезлик билан қуйидаги боғлиқлик кўринишида ифодаланади:

$$(q_o + q_c)_{\text{мук.}} = \gamma \cdot w_o \quad (2.153)$$

бу ерда q_d ва q_c — дисперс ва яхлит фазалар бўйича солиштирма юкламалар, $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$; γ - юкламалар нисбатига боғлиқ коэффициент.



2.36-расм. Пурковчи экстракцион колонна.

Экстрактор диаметри чегаравий $(q_d + q_c)_{\text{тик}}$ юкламанинг 40% ни ташкил этувчи оптимал юклама бўйича $(q_d + q_c)_{\text{опт}}$ ушбу тенглама орқали ҳисоблаш мумкин:

$$D = \sqrt{\frac{G/\rho_G + L/\rho_L}{900\pi(q_d + q_c)_{\text{опт}}}} \quad (2.154)$$

Пурковчи мосламаларда тешик ва соплолар диаметри 2...6 мм ораликда бўлади ва улар орқали енгил фаза пуркалади. Ушбу мосламага киришда суюқлик босими қуйидагича аниқланади:

$$p = \zeta_o \cdot \frac{\rho_o \cdot w_p^2}{2} + \frac{4\sigma}{d_o} + \rho_o g h_d + \rho_c g h_c \quad (2.155)$$

бу ерда w_p — пуркагич тешикларидagi суюқлик тезлиги, м/с ; ζ_o — пуркагич тешикларининг қаршилиқ коэффициенти, одатда 1,82; d_o — пуркагич тешикларининг диаметри, м ; ρ_d ва ρ_c — дисперс ва яхлит фазалар зичлиги, кг/м^3 ; σ — фазаларaro сиртий таранглик, Н/м ; h_d ва h_c — баландликлар, м .

Ҳисоблашлар учун зарур томчининг диаметри Н.И.Смирнов ва С.Е.Полюта таклиф қилишган формуладан аниқланади:

$$d_\kappa = d_o \cdot \left[1,82 + 0,2 \cdot \left(\frac{\rho_o}{\rho_c - \rho_o} \right)^{0,96} \right] \cdot \left(\frac{\sigma}{d_o^2 \cdot \rho \cdot g} \right)^{0,36} \quad (2.156)$$

Пурковчи экстракторнинг икки фазали ишчи зонасининг баландлиги h_c ни топиш учун аввал дисперс β_d ва яхлит β_c фазалар масса бериш коэффициентилари ушбу критериял формулалардан топилади:

яхлит фаза учун

$$Nu_{\partial c} = 1,13 Pe_{\partial c}^{0,5} \quad (2.157)$$

бу ерда $Nu_{\partial c} = \beta_c d / D_c$ – яхлит фаза учун диффузион Нуссельт сони; $Pe_{\partial c} = w d / D_c$ – яхлит фаза учун диффузион Пекле сони; β_c – яхлит фаза бўйича масса бериш коэффициентлари, м/с; D_c – яхлит фазада тарқалаётган модда диффузия коэффициентлари, м²/с; d – томчи диаметри, м; w – яхлит фазада томчининг нисбий тезлиги, м/с.
дисперс фаза учун

$$Nu_{\partial \partial} = 0,00375 Pe_{\partial \partial}' \quad (2.158)$$

бу ерда $Nu_{\partial \partial} = \beta_{\partial} d / D_{\partial}$ – дисперс фаза учун диффузион Нуссельт сони; $Pe_{\partial \partial} = w d / D_{\partial} \cdot (1 / (1 + \mu_{\partial} / \mu_c))$ – дисперс фаза учун диффузион Пекле сони; β_{∂} – дисперс фаза бўйича масса бериш коэффициентлари, м/с; D_{∂} – дисперс фазада тарқалаётган модда диффузия коэффициентлари, м²/с; μ_{∂} ва μ_c – дисперс ва яхлит фазалар динамик қовушқоқлик коэффициентлари, Па·с.

Сўнг, топилган масса бериш коэффициентларига таяниб масса ўтказиш коэффициентлари K_y ва K_x ларни ҳисобланади:

$$K_y = \frac{1}{\frac{1}{\beta_{\partial}} + \frac{A_p}{\beta_c}} \quad \text{ёки} \quad K_x = \frac{1}{\frac{1}{A_p \beta_{\partial}} + \frac{1}{\beta_c}} \quad (2.159)$$

Масса ўтказишнинг асосий кинетик тенгламасидан жараёни ташкил этиш учун зарур фазалар контакт юзасини аниқлаш мумкин:

$$F = \frac{G(y_n - y_k)}{K_y \cdot \Delta y_m} = \frac{G}{K_y} \cdot m_y \quad (2.160)$$

Экстракторнинг ишчи зонасида мавжуд томчилар сони қуйидагига тенг:

$$n = \frac{F}{f_k} = \frac{F}{\pi d_k^2} \quad (2.161)$$

бу ерда f_k – томчи юзаси, м².

(2.161) формула инобатга олинса, экстрактор ишчи зонасида дисперс фазанинг ҳажми ушбу формуладан ҳисобланади:

$$V_{\partial} = \frac{\pi d_k^2}{6} \cdot n = \frac{F d_k}{6} \quad (2.162)$$

(2.163) формулага таяниб экстрактор ишчи зонасида томчининг бўлиш вақтини аниқлаш мумкин:

$$\tau_{\partial} = \frac{V_{\partial}}{Q_{\partial,сек}} = \frac{600 F d_k \rho_{\partial}}{G} \quad (2.163)$$

бу ерда $Q_{\partial,сек} = G / 3600 \cdot \rho_{\partial}$ – дисперс фаза сарфи, м³/с; G – дисперс фаза сарфи, м³/соат.

Пурковчи экстрактор ишчи зонасининг баландлиги ушбу формуладан аниқланади:

$$H = w_{\partial} \cdot \tau_{\partial} = \frac{600 F \cdot d_k \cdot \rho_{\partial} \cdot w_{\partial}}{G} \quad (2.164)$$

2.18.2. Насадкали экстрактор ҳисоби.

Ичи бўш колонналар насадкалар билан тўлдирилиши қурилмада фазаларнинг самарали контактини ташкил этиш имконини беради, чунки насадка дисперс фазани қўшимча майдалашни ва коалесценцияни, ҳамда дисперс фаза томчиларини колоннада бўлиш вақти ортишини таъминлайди (2.37-расм). Тиқилиб қолиш соҳасига яқин режимларда ишлайдиган насадкали колонналар ўта самарадордир. Энг асосийси, насадкали экстракторлар тузилиши содда ва тайёрлаш осон. Насадкали абсорбер ва экстракторларнинг гидродинамик тенгламалари ўхшаш. Бир фазанинг иккинчисига нисбатан тезлигининг ортиши улар орасидаги ишқаланиш ўсишига олиб келади ва натижада яхлит фаза дисперс фазани ушлаб қолади ва фазаларнинг қарама-қарши ҳаракати бузулади. Ушбу ҳолат *осилиб қолиш* ёки *тиқилиб қолиш* деб номланади.

Насадкали экстракторларда тиқилиб қолиш ҳолатлари ушбу тенглама билан ифодаланади:

$$\lg \left[\frac{w_{\text{тик}}^2 \cdot \rho_c \cdot a}{g F_c^3 \cdot (\rho_c - \rho_d)} \cdot \mu_c^{0,16} \cdot \left(\frac{\sigma_{c-d}}{\sigma_{c-\text{хаво}} + \sigma_{d-\text{хаво}}} \right)^{0,2} \right] = -0,474 - 1,75 \cdot \left(\frac{V_d}{V_c} \right)^{0,25} \cdot \left(\frac{\rho_c}{\rho_d} \right)^{0,125} \quad (2.165)$$

бу ерда $w_{\text{тик}}$ – яхлит фаза чизиқли тезлиги (колоннанинг бутун қўндаланг кесимига бўйича), м/с; ρ_d ва ρ_c – дисперс ва яхлит фазалар зичлиги, кг/м³; σ – фазалараро сиртий таранглик, Н/м; μ_c – яхлит фаза динамик қовушқоқлик коэффиценти, Па·с; σ_{c-d} – яхлит ва дисперс фазалар чегарасида фазалараро сиртий таранглик, Н/м; $\sigma_{d-\text{хаво}}$ – яхлит фаза-ҳаво ва дисперс фаза-ҳаво чегарасида фазалараро сиртий таранглик, Н/м; V_d ва V_c – дисперс ва яхлит фазалар ҳажмий тезликлари, м³/(м²·соат); a – насадка солиштира юзаси, м²/м³; F – насадканинг эркин юзаси, м²/м².

Тиқилиб қолиш тезлигидан 15...20% камроқ деб қабул қилиб яхлит фаза учун оптимал тезликни топиш мумкин:

$$w_{\text{опт}} = (0,8...0,85) \cdot w_{\text{тик}} \quad (2.166)$$

Бу турдаги экстракторлар учун насадка ўлчами қандайдир $d_{\text{кр}}$ қийматдан катта бўлиши керак, акс ҳолда томчилар унда ушланиб қолади ва коалесценцияга учрайди:

$$d_{\text{кр}} = 2,42 \cdot \left(\frac{\sigma}{\Delta \rho \cdot g} \right)^{0,5} \quad (2.167)$$

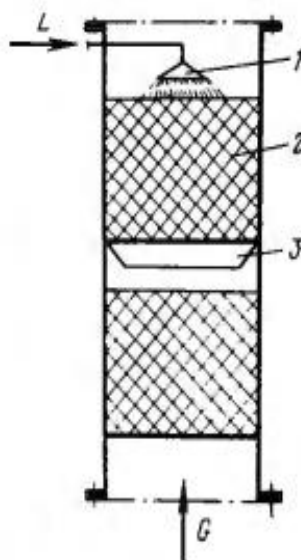
бу ерда σ – фазалараро сиртий таранглик, Н/м; $\Delta \rho$ – фазалар зичликларининг фарқи, кг/м³.

Тиқилиб қолиш нуқтасида насадкалар зич жойланганда чегаравий иш унумдорлик ушбу тенглама орқали аниқлаш мумкин:

$$1 + 1,4 \cdot \left(\frac{\rho_d}{\rho_c} \right)^{0,25} \cdot \left(\frac{V_d}{V_c} \right)^{0,5} = 0,74 \cdot \left[\frac{V_c \cdot a}{\varepsilon^3 \cdot g} \cdot \frac{\rho_c}{\Delta \rho} \cdot \left(\frac{V_c \cdot \rho_c}{a \cdot \mu_c} \right)^{-0,125} \right]^{-0,25} \quad (2.168)$$

Насадкали ва элаксимон экстракторларда дисперс фазада масса бериш коэффиценти β_d биринчи яқинлашишда ушбу формула тавсия этилади:

$$Nu'_d = 0,65 Re^{0,5} \cdot (Pr'_d)^{0,5} \cdot \left(1 + \frac{\mu_d}{\mu_c} \right) \quad (2.169)$$



2.37-расм. Насадкалик экстракцион колонна.

Яхлит фазада масса бериш коэффициенти β_c қуйидаги тахминий формуладан аниқлаш мумкин:

$$\beta_c = 0,725 \operatorname{Re}_c^{-0,43} \cdot (\operatorname{Pr}_c')^{-0,58} \cdot V_s \cdot (1-x) \quad (2.170)$$

бу ерда яхлит фаза учун Рейнольдс критерийси:

$$\operatorname{Re}_c = \frac{w_s \cdot d_{yp} \cdot \rho_c}{\mu_c} \quad (2.171)$$

яхлит фаза учун Прандтль критерийси:

$$\operatorname{Pr}_c = \frac{\mu_c}{\rho_c \cdot D_c} \quad (2.172)$$

Оптимал тезликка таяниб экстрактор диаметрини аниқланади:

$$D = \sqrt{\frac{L}{900\pi \cdot \rho_c \cdot w_{onm}}} \quad (2.173)$$

бу ерда ρ_c – яхлит фазалар зичлиги, кг/м³; L - яхлит фаза сарфи, кг/соат.

Ўтказиш бирлиги баландлигини ўтказиш бирлиги сонига кўпайтириб насадкали экстракторнинг ишчи баландлиги ҳисобланади:

$$H_{ишчи} = h_y \cdot m_y = h_x \cdot m_x \quad (2.174)$$

Насадкали экстракторнинг (Рашиг халқалари) ўтказиш бирлиги баландлигини аниқлаш учун ушбу тахминий формула тавсия этилади:

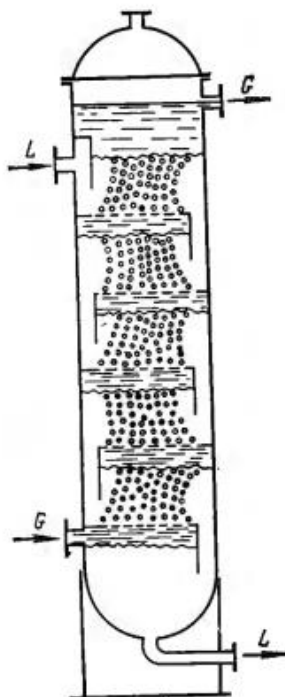
$$h_y = 1,6 \cdot \frac{d_\kappa^2 \cdot \mu_c \cdot V_c^{0,5}}{\Delta\rho \cdot g \cdot V_o^{0,5}} \quad (2.175)$$

бу ерда d – халқа диаметри, м; $\Delta\rho$ - фазалар зичликларини фарқи, г/см³; μ_c – яхлит фаза динамик қовушқоқлик коэффициентини, Па·с.

2.18.3. Элаксимон тарелкали экстрактор ҳисоби.

Саноат миқёсида кўпинча элаксимон тарелкали экстракцион колонналар қўлланилади (2.38-расм).

Қурилма яхлит фаза билан тўлдирилган бўлиб, у бир тарелкалараро бўшлиқдан кейингисига қуйилиш патрубкеси орқали оқиб ўтади. Яхлит фаза қарама-қарши йўналишда дисперс фаза узатилади ва ушбу фаза ҳар бир тарелка остида **кўтариб турувчи** (подпорнқй) қатлам ҳосил қилади ва тарелка тешиклари орқали ўтиб яхлит фаза тарқалади. Кўтарувчи куч ёрдамида томчилар яхлит фаза орқали тепага ҳаракатланади ва кейинги тарелка остида бирлашиб яна **кўтариб турувчи** (подпорнқй) қатлам ҳосил қилади.



2.38-расм. Элаксимон тарелкали экстракцион колонна.

Дисперс фазанинг кўп маротаба парчаланиб ва қайтадан бирлашиб, яхлит фазага нисбатан қарама-қарши ҳаракати туфайли элаксимон тарелкали колоннада поғонали экстракция жараёни кечади. Охирги тарелкадан ўтган дисперс фаза томчилари ажратиш камераси ёки тиндиргичга юборилади ва сўнг қурилмадан чиқарилади.

Колоннали экстракторларда дисперс фаза сифатида ҳам енгил, ҳам оғир фаза бўла олади.

Тарелкалардаги тешиклар диаметри $d_o=3\ldots6$ мм, уларнинг тенг томонли учбурчак чўққиларида жойлаштириш қадами эса $t=12\ldots20$ мм бўлади.

Дисперс фазанинг тарелка тешигидан оқиб ўтиш тезлигига қараб томчи ҳосил бўлишнинг 3 та режими мавжуд:

- 1) нотекис томчи ҳосил бўлиш – битта ёки бир нечта тешик қиррасидан вақти- вақти билан узилиб чиқади;
- 2) бир текисда томчи ҳосил бўлиш – бир хил катталиқдаги томчилар катта частота

билан тешиқ қиррасидан билан узилиб чиқади;

3) оқимчали оқиб ўтиш – юқори тезликда оқимнинг томчиларга парчаланиб ҳаракатланиши.

Табиийки энг самарали режим – бу оқимчали режим бўлиб, дисперс фазанинг тешиқлардаги тезлиги 0,15...0,3 м/с ташкил этиши керак.

Тарелканинг тешиқли қисмининг юзаси дисперс фазанинг сарфи бўйича ҳисобланади:

$$F_1 = \frac{G}{3600 \rho_o \cdot \varepsilon \cdot w_o} \quad (2.176)$$

бу ерда ρ_o – дисперс фаза зичлиги, кг/м³; ε - тарелка тешиқли қисмининг эркин қўндаланг кесим юзаси коэффициент.

Тўғри олтибурчак чўққиларида тешиқлар жойлаштирилганда ε ни ушбу формуладан топиш мумкин:

$$\varepsilon = \frac{0,907 d_o^2}{t^2} \quad (2.177)$$

Тарелканинг қуйилиш патрубканинг юзаси яхлит фазанинг сарфи бўйича ҳисобланади:

$$F_2 = \frac{L}{3600 \rho_c \cdot w_n} \quad (2.178)$$

Агар яхлит фаза билан илашиб кетаётган майда заррачалар диаметри 0,5...1 мм қабул қилсак, яхлит фазанинг қуйилиш патрубкидаги тезлигини Стокс формуласи бўйича ҳисоблаш мумкин:

$$w_n = \frac{g \cdot \Delta \rho \cdot d_{yq}^2}{18 \mu_c} \quad (2.179)$$

Тарелкани қобиққа маҳкамлаш ва қуйилиш патрубкани монтаж қилиш учун колонна ичига халқа пайвандланади ва унинг юзаси қуйидагича аниқланади:

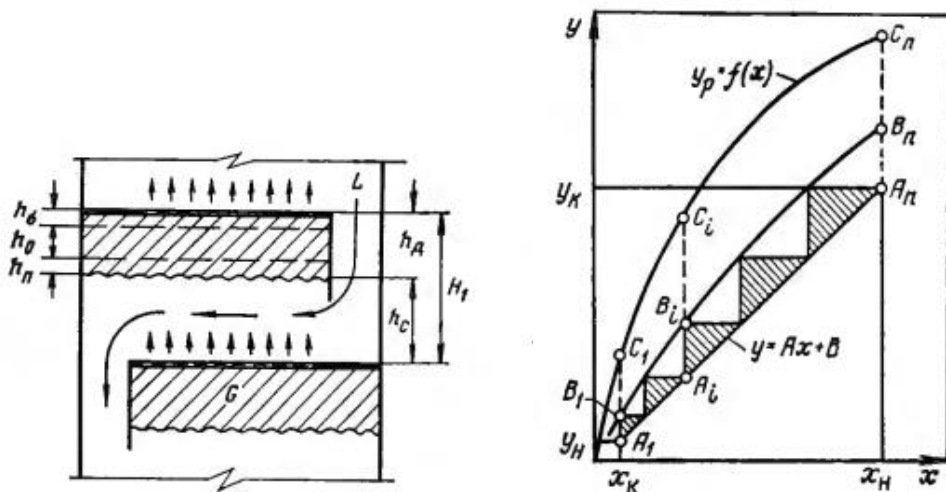
$$F_3 = 0,1 \cdot (F_1 + F_2) \quad (2.180)$$

Унда, колоннанинг диаметри ушбу формуладан топилади:

$$D = \sqrt{\frac{4(F_1 + F_2 + F_3)}{\pi}} \quad (2.181)$$

Ҳар тарелка ости (ёки усти) даги дисперс суюқликни таянч (кўтариб турувчи) қатлам баландлиги қуйидагига тенг (2.39-расм):

$$h_o = h_\sigma + h_o + h_n \quad (2.182)$$



2.39-расм. Тарелкалар орасидаги масофа ва таянч қатлам баландлигини ҳисоблашга оид.

2.40-расм. Қарама-қарши экстракция жараёни учун кинетик чизик қуриш ва тарелкалар сонини аниқлаш.

Фазалараро сиртий таранглик кучларини енгиш учун зарур дисперс суюқлик қатламининг баландлиги тенг бўлиши ушбу тенгламадан аниқлаш мумкин:

$$h_{\sigma} = \frac{4\sigma}{d_o \cdot g \cdot \Delta\rho} \quad (2.183)$$

Тарелка тешикларида керакли ишчи тезлик w_o ни таъминловчи дисперс суюқлик қатламининг баландлигини қуйидагига тенг:

$$h_o = \xi_o \cdot \frac{w_o^2 \cdot \rho_o}{2g\Delta\rho} \quad (2.184)$$

бу ерда $\xi_o=1,82$ – тешиклар қаршилиқ коэффициенти.

Қуйилиш патрубккаларида яхлит фазанинг керакли ишчи тезлиги w_n ни таъминлаш учун зарур дисперс суюқлик қатламининг баландлиги ушбу формуладан топилади:

$$h_n = \xi_n \cdot \frac{w_n^2 \cdot \rho_c}{2g \cdot \Delta\rho} \quad (2.185)$$

бу ерда $\xi_n=4,5$ – қуйилиш патрубкка қаршилиқ коэффициенти.

Тарелкалар орасидаги масофа а H_T дисперс фаза h_d ва яхлит фаза h_c баландликларининг йиғиндисига тенг:

$$H_T = h_o + h_c \quad (2.186)$$

Одатда, тарелкалар орасидаги масофа 0,25 дан 0,6 метргача бўлади.

Масса ўтказиш коэффициенти маълум бўлса, ўтказиш бирлиги сони қуйидаги формуладан аниқланади:

$$m_{ym} = \frac{K_{yf} \cdot F}{G} \quad (2.187)$$

Сўнг, x – y диаграммада мувозанат чизиғи $y_p=f(x)$ ни ва экстракция жараёни ишчи чизиғи $y=Ax+B$ ни қуриб, диаграммада жараённинг кинетик чизиғини ўтказамиз. Бунинг учун мувозанат ва ишчи чизиқлар орасидаги кесмалар қуйидаги нисбатларга бўлинади

$$\frac{A_1 C_1}{B_1 C_1} = \frac{A_2 C_2}{B_2 C_2} = \dots = \frac{A_i C_i}{B_i C_i} = \dots = \frac{A_n C_n}{B_n C_n} = e^{m_{yr}} \quad (2.188)$$

ва ҳосил бўлган $B_1, B_2, B_3, \dots, B_i, \dots, B_n$ нуқталар эгри чизиқ (кинетик эгри чизиқ) билан бирлаштирилади.

Белгиланган чегаравий концентрациялар x_n, x_k ёки y_n, y_k лар, ҳамда кинетик ва ишчи чизиқлар орасида ҳосил бўлган поғоналар сони тарелкалар сони N ни кўрсатади.

Экстракцион колоннанинг ишчи қисмининг умумий баландлиги ушбу тенгликдан топилади:

$$H_{ишчи} = H_T \cdot N \quad (2.189)$$

Экстракторларни эксплуатация қилиш тажрибаси шуни кўрсатдики, тарелкали колонналар ичи бўш ва насадкали экстракторларга қараганда анча самарали. Бунинг сабаби шундаки, ичи бўш ва насадкали экстракторларда яхлит фаза нотекис ҳаракатланади, чунки дисперс фаза томчилари яхлит фазага таъсир этиб, кўндаланг кесим бўйича унинг тезликларининг тақсимланишини нотекис қилади. Натижада, яхлат фазанинг бўйлама аралашини юзага келтириб, қурилма узунлиги бўйича концентрация тенглашишига олиб келади.

Ушбу камчиликлар элаксимон тарелкали экстракторлада бартараф этилган. Бу турдаги экстракторларда қайта тақсимлаш тарелкаларнинг мавжудлиги яхлит ва дисперс фазаларнинг бўйлама аралашини умуман йўл қўймайди ва элаксимон тарелкали колонналарни идеал сиқиб чиқариш қурилмаларга ўхшаш деб ҳисоблашга бўлади.

2.19. Кристаллизация жараёни ва қурилмаларини ҳисоблаш формулалари

Эритмалардан эриган қаттиқ компонентларни кристалл ҳолда ажратиш олиш **кристалланиш** жараёни деб номланади.

Кристалланишга тескари жараён **эритиш** жараёни дейилади.

Кристалл деганда ҳар хил шаклдаги, текис қирралар билан чекланган бир жинсли қаттиқ моддалар тушунилади.

Кристалланиш қаттиқ моддаларни тоза ҳолда олишнинг асосий усули, чунки кристалланиш жараёнида ҳар доим шундай шароит яратиш мумкинки, кераксиз моддалар эритмада қолиб, фақат тоза модда кристалланади.

Кристалланиш жараёни кимё, нефть кимёси, металлургия, медицина, фармацевтика, озик – овқат ва бошқа саноатларда кенг миқёсда қўлланилади. Кристалланиш жараёнини ўтказишдан мақсад: эритмалардан кристаллик фазани ажратиш; бир ва кўп босқичли кристаллаш усулларида аралашмаларни ажратиш; моддаларни аралашмалардан ўта тозалаш; монокристаллар етиштириш.

Кристалланиш жараёнида турли ўлчамли кристаллар, яъни сочилувчан маҳсулот олинади.

Ҳар бир модда кристалларининг ўзига хос геометрик шакллари бор. Ҳаммаси бўлиб 32 хил кристаллар симметрия ўқлар сони мавжуд ва улар 7 та кристаллографик гуруҳга ажратилган: кубик, тригонал, тетрагонал, гексагонал, ромбик, моноклин, триклин.

Бир кимёвий модда бир неча хил кристаллар ҳосил қилиши **полиморфизм** деб

юрителилади.

Ўз таркибида сув молекулаларини тутган кристалл **кристаллогидратлар** дейилади.

Кристалланиш жараёни рўй бериши учун бошланғич эритма ўта тўйинган ҳолатда бўлиши керак. Агар, эритмадаги эриган модда концентрацияси унинг эрувчанлигидан юқори бўлса, бундай эритмалар ўта тўйинган деб номланади. Лекин, ўта тўйинган эритмалар нотурғун система бўлгани учун, ундан эриган модданинг ортиқча миқдори ажралиб чиқади, яъни кристалланиш жараёни содир бўлади. Кристаллар ажраб чиқиши тугагандан кейин тўйинган эритма қолади.

Кристалланиш жараёни 3 боскичдан иборат: кристалланиш - кристалларни эритмалардан ажратиш - кристалларни ювиш ва қуриштиш.

Саноат миқёсида кристалланиш расплав, эритма ва буғлардан амалга оширилади. Кристалланиш самарали тезликда фақат ўта тўйинган эритмаларда боради, чунки уларда кристалларнинг зародқшлари ҳосил бўлади. Бирир критик ўлчам $r_{кр} = 0,5...5$ нм дан бошлаб тез ва катта миқдорда турли ўлчамли зародқшлар ҳосил бўла бошлайди.

Саноат миқёсида кристалланишнинг 3 та усулидан фойдаланилади:

- изотермик, ўзгармас температурада маълум бир қисм эритувчини буғлатиб эритмани ўта тўйинишига эришилади;

- изогидрик, эритмани совутганда эритувчи массасини ўзгармас сақлаган ҳолда уни ўта тўйинишига эришилади;

- комбирланган, вакуум остида кристаллашда эритувчи ажратиб олинадиган ва бир вақтда температурани пасайтиришга эришилади.

Ушбу усулга асосланган ҳолда, саноатда уч турдаги кристаллизаторлар қўлланилади:

1) эритувчининг бир қисмини ажратувчи;

2) эритмани совутувчи;

3) вакуум-кристаллизаторлар.

Эритмани ўта тўйинтириш усуллари турлича бўлишига қарамасдан, стационар ёки ёпик контурда циркуляцион мақҳум қайнаш қатламли кристаллизаторлар нисбатан кўпроқ ишлатилади. Атмосфера босимида ишлайдиган кристаллизаторлар кристалланиш температураси нольдан паст ёки нольга тенг бўлганда қўлланилади. Кристалланиш температураси 6°C дан паст бўлмаганда вакуум-кристаллизаторлар ишлатилади.

Кристалларнинг критик ўлчами $r_{кр}$ ушбу тенгламадан топиш мумкин:

$$r_{кр} = \frac{2 \cdot \sigma \cdot M}{\rho_{к} \cdot R \cdot T \cdot \ln \frac{C}{C^*}} \quad (2.190)$$

бу ерда C , C^* - эритманинг тўйинган ва ўта тўйинган концентрациялари, кг/м^3 ; σ - сиртий таранглик коэффиценти, Н/м ; $\rho_{к}$ - кристаллар зичлиги, кг/м^3 .

2.19.1. Кристалланиш усуллари

Кристалланиш жараёнини даврий ва узлуксиз ташкил этиш мумкин. Даврий кристалланиш жараёни кам тоннажли, узлуксиз эса — кўп тоннажли ишлаб чиқаришда қўлланилади.

Саноат миқёсида қуйидаги кристалланиш усулларида фойдаланади: эритмалардаги эритувчининг бир қисмини буғлатиш; эритма температурасини ўзгартириб кристаллаш; комбинацияланган усуллардан фойдаланиб кристаллаш.

Эритмадаги эритувчининг бир қисмини буғлатиб кристаллаш. Эритувчининг бир қисмини йўқотиш учун буғланиш ёки музлатиш усулидан фойдаланиш мумкин. Эритма

таркибидаги сувни ҳайдаш учун буғланиш кенг қўламда ишлатилади. Одатда бу жараён буғлатиш қурилмаларида амалга оширилади. Керакли даражадаги ўта тўйинган эритма ҳосил бўлгандан кейин, у шу қурилмада кристалланади. Ушбу усул **изотермик** кристалланиш деб аталади.

Бу усулнинг камчиликлари: ҳосил бўлаётган кристаллар иссиқлик алмашилиш юзларига ёпишиб қолади; бошланғич эритма таркибидаги аралашмалар ҳам қуюқлашади.

Ўқурилма ичида қаттиқ моддалар ёпишиб ёки чўкиб қолмаслиги учун эритманинг циркуляция тезлиги кўпайтирилади.

Кристалларни ажратиш ва ювиш фильтр ёки центрифугаларда ўтказилади.

Эритма температурасини ўзгартириб кристаллаш. Бундай усул **изогидрик** кристаллаш деб номланади, чунки бу жараён эритмада эритувчи миқдори ўзгармас бўлган ҳолатда олиб борилади.

Кимё саноатида мусбат эрувчанликка эга тузларни кристаллаш жуда кенг тарқалган. Бундай эритмаларнинг ўта тўйинишига уни совитиш йўли билан эришилади. Жараён даврий ёки узлуксиз, поғонали жойлашган бир ёки кўп қобикли қурилмаларда олиб борилади. Совутувчи элткич сифатида сув ишлатилади. Ҳаво ёрдамида совутилганда жараён нисбатан секин боради, лекин йирик ва бир жинсли кристаллар ҳосил бўлади. Манфий эрувчанликка эга эритмаларни кристаллаш учун эритма қиздирилиши зарур.

Комбинацияланган усулларга вакуум остида, эритувчининг бир қисмини иссиқлик элткич ёрдамида буғлатиб кристаллаш ва фракцияли кристаллашлар киради.

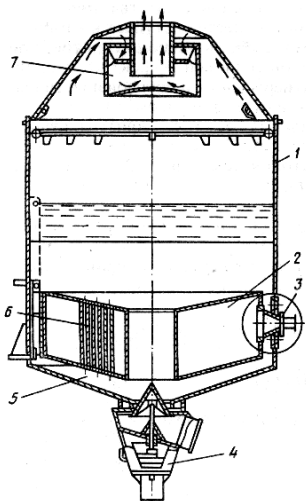
Вакуум остида кристаллаш. Бу усулда эритувчи девор орқали иссиқлик узатиш йўли билан буғлатилмасдан, балки эритманинг ўз физик иссиқлигини бериш ҳисобига рўй беради. Ушбу иссиқликнинг бир қисми эритувчини (таҳминан 10% масс) буғлатиш учун сарфланади. Ҳосил бўлаётган буғлар вакуум - насос ёрдамида сўриб олинади. Узатилаётган иссиқ тўйинган эритма температураси қурилмадаги босимга тегишли эритманинг қайнаш температурасигача пасаяди ва жараён адиабатик кечади. Эритманинг ўта тўйиниш ҳолатига уни совитиш йўли билан эришилади, чунки концентрация бунда сезилар - сезилмас ўзгаради. Эритувчи эритманинг физик иссиқлиги ҳисобига, ҳамда кристалланиш жараёнида ажралиб чиқаётган иссиқлик ҳисобига буғланиши мумкин. Эритманинг совитиш ва кристалланиши билан бирга буғланиши унинг бутун ҳажмида содир бўлади. Бундай ҳолат қурилма деворларида кристаллар ёпишиб қолишини камайтиради, ҳамда уни тозалаш билан боғлиқ сарфлар қисқаради.

Эритувчининг бир қисмини иссиқлик элткич ёрдамида буғлатиб кристаллаш. Бу усулда эритувчининг бир қисми эритма устида ҳаракатланаётган ҳаво ёрдамида буғланади ва эритма совутилади.

Фракцияли кристаллаш. Агар эритма таркибида ажратиладиган моддалар бир нечта бўлса, уни фракцияли кристаллаш усулида қайта ишланади. Бу усулда эритма температура ва концентрациясини ўзгартириш йўли билан кристаллар кетма - кет чўктирилади ва ажратиб олинади.

2.19.2. Кристаллизаторлар конструкциялари

Ишлаш принципига қараб кристаллизаторлар даврий ва узлуксиз қурилмаларга бўлинади. Узлуксиз ишлайдиган қурилмалар ўз навбатида эритувчининг бир қисмини буғлатувчи ва эритмани совутувчи кристаллизаторларга ажралади. Ундан ташқари, мавҳум қайнаш қатламли кристаллизаторлар ҳам бўлади.



2.41-расм. Осма иситувчи камерали вакуум - кристаллизатор.

1 - қобик; 2 - иситувчи камера; 3 – буғни узатиш мосламасы; 4 – циркуляцион труба; 5 - конуссимон туб; 6 - иситувчи труба; 7 - инерцион сепаратор.

Табиий циркуляцияли, даврий ишлайдиган, осма иситувчи камерали вакуум - кристаллизатор
2.41-расмда тасвирланган.

Иситувчи камера конуссимон тешикли панжара ва трубалар ўрамидан таркиб топган. Трубалар ушбу панжарага развальцовка усулида маҳкамланган.

Иситувчи камеранинг ўқи бўйлаб циркуляцион труба жойлантирилган. Қурилма қобиғи ва иситувчи камера орасида халқасимон бўшлиқ бўлиб, унда **утфель** циркуляция қилади. Қурилмада температуралар фарқи туфайли чизикли узайишлар пайдо бўлади. Шу сабабли, буғни узатиш учун температура деформацияларини компенсация қилувчи махсус мослама ўрнатилган.

Ушбу мослама иситувчи камера билан қаттиқ бирлаштирилган бўлса, қурилма қобиғи билан эса - температура таъсирида ҳосил бўладиган узайишларни бартараф қилувчи мембрана ёрдамида бирлаштирилади. Утфель циркуляциясини яхшилаш мақсадида иситувчи

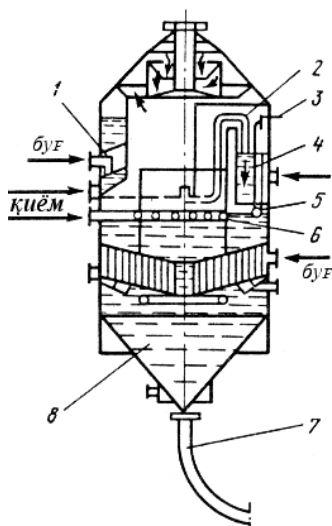
камера остига буғ ёрдамида пуфлаш қўлланилади.

Вакуум - кристаллизаторларда қўлланиладиган иситувчи камера конструкциялари турли бўлиши мумкин. Ҳозирги кунда энг кенг тарқалган иситувчи камера конструкцияси - бу осма камералардир. Уларнинг тешикли панжараси конуссимон, сферик ва бошқа мураккаб шаклли бўлиши мумкин. Иситувчи буғ камеранинг трубалараро бўш-лиғига, буғлатилаётган эритма эса - труба ичига юборилади.

Узлуксиз ишлайдиган кристаллизаторлар қуюқлаштиргич, кристалл генератори ва кристалл ўстириш камерасидан иборат. Қурилма конструкцияси кристалларни деворларга чўкиб қолмаслигини таъминловчи, интенсив циркуляцияли бўлиши керак. Ундан ташқари, унинг иссиқлик алмашилиши юқори ва бир хил катталиқдаги кристаллар олишни таъминлаши керак.

2.42-расмда қанд ишлаб чиқариш саноатида қўлланиладиган узлуксиз ишлайдиган кристаллизатор конструкцияси келтирилган. Қуюқлаштиргич ва кристалл генераторлари халқасимон сегмент кўринишида ясалган бўлиб, иситиш юзалари зарур ўлчамдаги трубалардан ҳосил қилинган. Қурилманинг бошқа қисмларидан қуюқлаштиргич ажратилган ва яхши зичланган. Шунинг учун ҳам, унинг ичида бошқа қисмларига боғлиқ бўлмаган ҳолда ортиқча босим ҳосил қилиш имкони бор. Кристалл генераторининг юқори, очиқ қисми кристалл ўстириш камераси утфель усти бўшлиғи билан боғланган. Одатда, кристалл ўстириш камераси цилиндрик кўринишда бўлиб, цилиндрик ва радиал тўсиқлар ёрдамида 4 та бўлимга ажратилган бўлади.

Турғун режим ўрнатилгандан сўнг, қиём (патока) қуюқлаштиргич ва кристалл ўстириш камерасига узатилади.



2.42-расм. Узлуксиз ишлайдиган кристаллизатор.

1 - куюклаштиргич; 2 – труба; 3 - труба ҳолатини ростловчи ғилдирак (штурвал); 4 - кристалл генератори; 5 - қуйилиш труба лари; 6 - барботер; 7 – тўкиш мосламаси; 8- кристаллар ўстириш камераси.

Куюклаштиргичдаги юқори босимда ва кристалл ҳосил бўлиш температурасидан $10...15^{\circ}\text{C}$ юқори температурада қиём концентрацияси оширилади. Сўнг эса, куюклаштирилган эритма кристалл генераторига юборилади ва у ерда қайнайди. Натижада эритмадаги эритувчининг бир қисми буғланади ва температураси пасаяди. Бу ҳол ўта тўйиниш коэффициентининг кескин ўсишига олиб келади. Қиёмнинг циркуляцияси даврида интенсив равишда кристаллар ҳосил бўлиб бошлайди. Куюклаштиргичдаги қиёмнинг ўта қизиш катталиги ва кристалл генераторига узатилаётган буғ микдори билан кристаллар таркибини ростлаш мумкин.

Кристалл генераторида олинган утфель ва қиём узлуксиз равишда кристалл ўстириш камерасининг биринчи бўлимига узатилади. Утфель эса биринчи бўлимдан тўрттинчисига оқиб ўтади, қайнатиб қуюлтирилади ва тўкиш мосламаси орқали узлуксиз равишда чиқариб

турилади.

Курилма ишлаши автоматик равишда бошқарилади.

Даврий ишлайдиган кристаллизаторлар механик аралаштиргичли ва змеевикли вертикал, цилиндрик курилмалардир. Бундай курилмаларда кристаллаш жараёни ва эритмани совитиш бир вақтда олиб борилади.

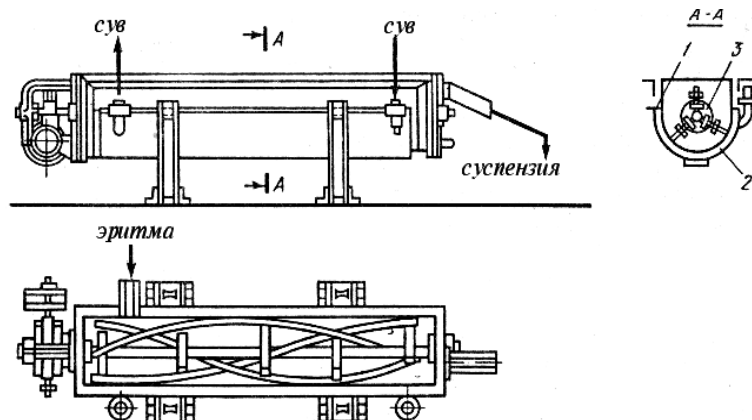
Лента аралаштиргичли тоғорасимон типдаги кристаллизатор 2.43-расмда кўрсатилган. Айрим ҳолларда лентали аралаштиргич ўрнига узлуксиз винт шаклидаги шнекли аралаштиргич ўрнатилиши мумкин.

Бу турдаги кристаллизаторда олинган кристаллар ўлчами $0,5...6$ мм дан ошмайди. Тоғорасимон кристаллизаторлар тузилиши содда, эксплуатация қилиш қулай ва ишончилиги юқори.

Барабанли кристаллизаторлар таркибида сув ёки ҳаволи совитиш мосламали бўлади. Ҳаво ёрдамида совутилганда, эритмадан ҳавога иссиқлик бериш коэффициенти кичик бўлади.

Шунинг учун йирик, катта ўлчамли кристаллар ҳосил бўлади. Лекин, кристаллизатор иш унумдорлиги, сув билан совитиш усулига қараганда, камроқ бўлади.

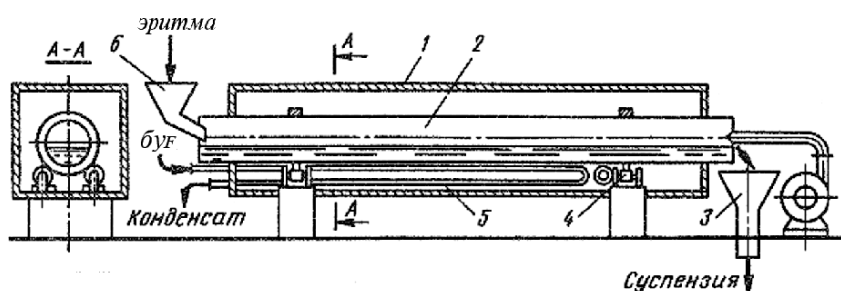
Барабанли кристаллизатор айланувчи, цилиндрик барабандан ташкил топган. Одатда барабан эритма ҳаракат йўналиши бўйлаб, уфқ чизигига нисбатан маълум қиялик бурчагида



2.43-рasm. Лента аралаштиргичли кристаллизатор.

1 - тоғорасимон қобик; 2 - сувли ғилоф; 3 - аралаштиргичлар.

ўрнатилади (2.44-рasm).



2.44-рasm. Барабанли кристаллизатор.

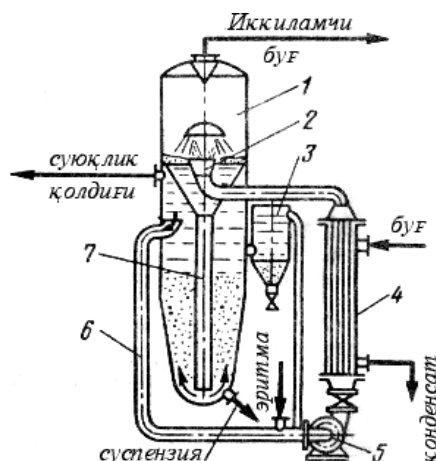
1 - қобик; 2 - барабан; 3 - суспензия; 4 - ғилдиракча;
5 - змеевик; 6 - воронка.

Эритма барабаннинг тепа қисмига берилади ва ҳосил бўлган кристаллар унинг пастки учидан тўкилади. Барабан айланиши пайтида унинг деворлари эритма билан ҳўлланади ва натижада сувнинг буғланиш юзаси ортади.

Барабан қобик ичига жойлаштирилган бўлиб, улар орасидаги ҳалқасимон бўшлиққа совуқлик элткичлар, яъни сув ёки ҳаво юборилади. Эритма ва совуқлик элткич қарама - қарши йўналишда ҳаракатланади. 1 м³ эритмани совитиш учун тахминан 5 м³ сув сарфла нади. Қурилма деворларида кристаллар чўкиб ёки ёпишиб қолиш олдини олиш мақсадида барабаннинг пастки қисми қиздириб турилади. Бунинг учун қобик ва барабан орасидаги бўшлиққа змеевик ўрнатилади.

Мавҳум қайнаш қатламли кристаллизаторлар кристаллаш жараёнини интенсив режимларда ўтказиш имкониятини беради (2.45-рasm).

Кристалланиш жараёни эритувчининг бир қисмини буғлатиб йўқотиш ёки эритмани совитиш усулларида ташкил этилиши мумкин.



2.45-расм. Мавхум қайнаш қатламли кристаллизатор.

1 - қобик; 2- қайнаш труба; 3 - йиғгич;
4 - иссиқлик алмашиниш қурилмасы;
5 - насос; 6 – циркуляцион труба;
7 - марказий трубалар.

Циркуляцион трубада бошланғич эритма циркуляция қилаётган кристаллари ажратиб олинган эритма қолдиғи билан аралашади. Сўнг, аралашма иссиқлик алмашиниш қурилма-сида қиздирилади, қайнаш труба орқали қурилмага ўтади ва у ерда интенсив равишда қай-наб буғ ҳосил қилади. Жараён мобайнида ҳосил бўлган ўта тўйинган эритма кристаллизаторнинг пастки қисмига тушади. Бу ерда, эритманинг циркуляцияси ҳисобига мавхум қайнаш қатлами пайдо бўлади. Ҳосил бўлган йирик (2 мм гача) кристаллар қурилма тубига чўкади ва улар чиқариб юборилади.

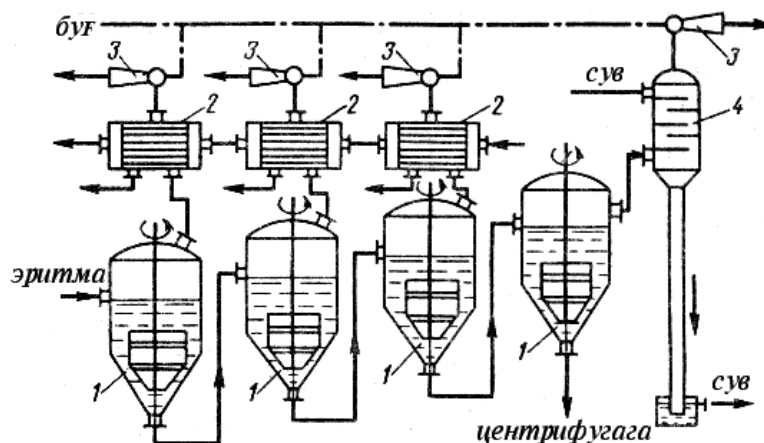
Майда кристаллар эса, жараёнда қатнашиб, ўсишда давом этади ёки йиғгич 3 орқали чиқарилади.

Мавхум қайнаш қатламида суспензиянинг интенсив аралашishi туфайли эритмада модданинг диффузия тезлиги ортади ва кристаллларнинг ўсиш жараёни тезлашади. Бунда, эритманинг ўта тўйиниш даражаси камаяди ва кристаллларнинг ўсиш тезлиги кристаллаш марказлари ҳосил бўлиш тезлигига нисбатан катта бўлади. Мавхум қайнаш қатламида кристаллаш жараёнида бошқа усулларга нисбатан яхши гранулометриқ таркибли кристаллар олинади.

Кўп қобикли вакуум – кристаллаш қурилмасы 2.46-расмда келтирилган. Одатда бундай қурилмалар таркибида 3...4 та аралаштиргичли вакуум кристаллизатор бўлади.

Эритма, ҳар бир қуйидаги жойлашган қобикдан юқоридаги қобикга вакуум ҳисобига сўриб олинади. Ҳар бир қобик сиртий конденсатор ва буғ оқимчали насос билан таъминланган. Охирги қобикдаги вакуум, барометрик конденсатор ёрдамида ҳосил қилинади. Сиртий конденсаторлар бошланғич эритма ёрдамида совутилади. Суспензия эса, охирги қобикдан чиқарилади.

Кўп қобикли вакуум - кристаллизаторлар тузилиши содда, иқтисодий жihatдан самарадор ва йирик, кўп тоннажли корхоналарда ишлатилади.



2.46-расм. Кўп қобикли вакуум-кристаллаш қурилмаси.

1 - вакум-кристаллизаторлар; 2 - сиртий конденсаторлар;
3 - буғ-оқимчали насос; 4 - барометрик конденсатор.

2.19.3. Кристаллизатор ҳисоби

МОДДИЙ БАЛАНС

Эритмадаги эритувчининг бир қисмини буғлатиб кристаллаш. Жараёнда қатнашаётган моддалар ва оқимлар параметрларини белгилаб оламиз:

- $G_б$, $G_{лр}$, G_m - бошланғич эритма, олинган кристаллар ва кристаллардан ажратилган суюқлик қолдиқларининг массаси, кг;

- W - буғлатилган эритувчи массаси, кг;

- $x_б$, x_m - бошланғич эритма ва кристаллари ажратиб олинган суюқлик қолдиғи таркибидаги эриган модда концентрациялари, массавий улушлар;

- $a = M/M_{кр}$ - эриган абсолют қуруқ модда молекуляр массасининг кристаллогидратнинг молекуляр массасига нисбати; сув молекулаларини қўшмасдан кристаллаш учун $M = M_{кр} \cdot a = 1$;

- L - қуруқ газ сарфи, кг;

- x_1 , x_2 - газнинг бошланғич ва жараён охиридаги нам сақлаши.

Кристалланиш жараёнининг умумий моддий баланси ушбу формула билан ифодаланади:

$$G_б = G_{кр} + G_k + W \quad (2.191)$$

Эриган абсолют қуруқ модда бўйича моддий баланс ушбу кўринишда бўлади:

$$G_б x_б = G_{кр} a + G_m x_m \quad (2.192)$$

Агар, $a=1$ бўлса, буғлатилган эритувчининг массаси ушбу формуладан топилади:

$$W = \frac{G_{кр}}{G_{\delta} \left(1 - \frac{x_{\delta}}{x_m} \right)} \quad (2.193)$$

(2.191) ва (2.193) формулалардан фойдаланиб ҳосил бўлган кристаллар массасини аниқлаш мумкин:

$$G_{кр} = \frac{G_{\delta}(x_m - x_{\delta}) - W \cdot x_m}{x_m - a} \quad (2.194)$$

Эритмадаги эритувчини буғлатмасдан кристаллашда $W=0$ бўлади. Бу усулда олинган кристаллар миқдори:

$$G_{кр} = \frac{G_{\delta}(x_{\delta} - x_m)}{a - x_m} \quad (2.195)$$

Агар $a=1$ бўлса:

$$G_{кр} = \frac{G_{\delta}(x_{\delta} - x_m)}{1 - x_m}$$

Эритувчини буғ ҳолатига ўтказиш учун сарфланган газ миқдори ушбу тенгламадан ҳисобланади:

$$L = \frac{W}{x_2 - x_1} \quad (2.196)$$

ИССИҚЛИК БАЛАНСИ.

Эритмадаги эритувчининг бир қисmini буғлатиб кристаллаш. Иссиқлик балансini тузиш учун ушбу белгилашларни киритамиз:

- D - иситувчи буғ сарфи, кг/с;
- $i_p, i_{кр}, i_m, i_{em}, i', i''$ - эритма, кристалл, кристаллари ажратиб олинган эритма қолдиғи, иккиламчи буғ, иситувчи буғ ва конденсатларнинг солиштирма энтальпияси, кЖ/кг;
- $r_{кр}$ - кристалларнинг кристаллик панжараси ҳосил қилиш иссиқлиғи, кЖ/кг;
- Δq - эритмани x_{δ} дан x_m гача концентрлашнинг иссиқлик эффекти.

Эритмани кристаллаш жараёнида кристаллик панжараси ҳосил бўлади ва маълум

миқдорда иссиқлик (қотиб қолиш иссиқлиги) ажралиб чиқади. Моддаларни эритиш жараёнида эса, иссиқлик сарфлар зарур бўлади.

Агар, эритилаётган модда эритувчи билан кимёвий реакцияга киришиб гидратлар ҳосил қилса, унда иссиқлик ажралиб чиқади.

Қотиш иссиқлиги ва гидратлар ҳосил бўлишига қараб кристалланишнинг суммар иссиқлик эффекти мусбат ёки манфий бўлади.

Юқорида қабул қилинган белгилашларни ҳисобга олсак,

- кристалланиш иссиқлиги - $Q_{кр} = Q_{кр} r_{кр}$,
- гидратлаш иссиқлиги эса - $Q_{г} = \pm \Delta q G_{м} x_{м}$.

Иссиқлик балансини қуйидаги тенглик билан ифодалаш мумкин:

$$G_{\delta} i_p + G_{кр} \cdot r_{кр} \pm \Delta q G_{м} x_{м} + D \cdot i'' = G_{кр} \cdot i_{кр} + G_{м} \cdot i_{м} + W \cdot i_{BT} + D \cdot i' + Q_n \quad (2.197)$$

Бундан, кристаллаш учун зарур бўлган буғ сарфини аниқлаш мумкин:

$$Q = D(i'' - i') = G_{кр} \cdot i_{кр} + G_{м} \cdot i_{м} + W \cdot i_{BT} + Q_n - G_{м} \cdot r_{кр} \pm \Delta q \cdot G_{м} \cdot x_{м} \quad (2.198)$$

Эритмани совитиш жараёнидаги совуқ сувнинг массавий сарфи:

$$G_{суг} = \frac{Q_{сов}}{G_{м} c_{м} (t_{ох} - t_{\delta})} \quad (2.199)$$

Совуқ ҳавонинг сарфи эса:

$$L = \frac{Q_{сов}}{i_{ох} - i_{\delta}} \quad (2.200)$$

бу ерда t_{δ} , $t_{ох}$ - сувнинг бошланғич ва охири температуралари, °C; i_{δ} , $i_{ох}$ - ҳавонинг бошланғич ва охири энтальпиялари, кЖ/кг.

Кристаллизаторларнинг иситиш ва совитиш юзалари иссиқлик алмашилиш қурилмаларини ҳисоблаш формулалари бўйича олиб борилади.

2.19.4. Мавҳум қайнаш қатламининг баландлигини аниқлаш

Ўта тўйинган эритмадан кристалл ҳосил бўлиш жараёнида кристаллизация иссиқлиги ажралиб чиқади. Шундай қилиб, эритманинг кристалланиш зонасида ҳаракати даврида унинг концентрацияси ва температураси ўзгаради.

Кристаллар массасининг ўсиш тезлиги ташқи масса алмашиниш интенсивлигига боғлиқ, яъни:

$$i = \beta_c (C - C_n) \quad (2.201)$$

$$i = K_w (C_n - C^*) \quad (2.202)$$

бу ерда β_c – масса бериш коэффициенти, м/с; K_w – кристаллар ўсиш тезлигининг константаси, м/с; C_n , C – кристал юзаси атрофида ва суюқлик ядросидаги концентрациялар, кг/(м³·с).

(2.201) ва (2.202) тенгламалардан кристаллик фазага кирувчи масса оқимининг зичлигини топамиз:

$$i = K_c (C - C^*) \quad (2.203)$$

бу ерда $K_c = (1/\beta_c + 1/K_w)^{-1}$ – масса ўтказиш коэффициенти, м/с.

Мавҳум қайнаш қатламда кристаллаш жараёнида масса ўтказиш тезлиги ташқи масса алмашиниш $K_c = \beta_c$ билан белгиланади деб қабул қилиб, ҳажмий масса ўтказиш коэффициенти ушбу тенгламадан аниқланади:

$$K_{vc} = \beta_c \cdot f = 0,105 \cdot 10^{-3} \cdot f \cdot w \cdot \left(\frac{\nu}{D} \right)^{0,07} \quad (2.204)$$

Мавҳум қайнаш қатламда кристаллаш жараёнининг моддий ва иссиқлик баланслари қуйидаги кўринишда ёзилади:

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} + w \frac{\partial C}{\partial x} + K_{vc} (C - C^*) = 0 \quad (2.205)$$

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} + w \frac{\partial C}{\partial x} = \frac{\alpha_v}{\rho_{cl} \cdot c_{psc}} \cdot (t_n - t) \quad (2.206)$$

бу ерда α_v – ҳажмий иссиқлик бериш коэффициенти, Вт/(м³·К); ρ_{cl} – мавҳум қайнаш қатлам зичлиги, кг/м³; c_{psc} – мавҳум қайнаш қатлам ўртача иссиқлик сифими, Ж/(кг·К); t_n – юза температураси, °С.

Кристал ўстиргичда температура ўзгариши сезилар-сезилмас ўзгаргани учун мувозанат концентрация C^* температуранинг чизикли функция билан ифодаланиши мумкин:

$$C^* = at + b \quad (2.207)$$

бу ерда a, b – константалар.

Турғун жараён учун (2.205) ва (2.206) тенгламалар системасидан концентрация ва температураларнинг мавҳум қайнаш қатлам баландлигига боғлиқлиги аниқланади:

$$C_{\kappa} = C'_{\kappa} - \frac{C'_{\kappa} - (at'_{\kappa} + b)}{1 + aA} \cdot \left\{ 1 - \exp \left[-\frac{K_{\kappa}}{w} \cdot (1 + aA) \cdot H \right] \right\} \quad (2.208)$$

$$t_{\kappa} = t'_{\kappa} - \frac{C'_{\kappa} - (at'_{\kappa} + b)}{1 + aA} \cdot \left\{ 1 - \exp \left[-\frac{K_{\kappa}}{w} \cdot (1 + aA) \cdot H \right] \right\} \quad (2.209)$$

бу ерда H – мавҳум қайнаш қатлам баландлиги, м; C_{κ} , t_{κ} – кристаллизатордан чиқиб кетаётган эритма концентрация (кг/м³) ва температураси (°C); C'_{κ} , t'_{κ} – кристаллизатордан кираётган эритма концентрация (кг/м³) ва температураси (°C);

(2.208) ва (2.209) тенгламалардаги константа A қуйидагига тенг:

$$A = \frac{q}{c_{py} \cdot \rho_y \cdot \varepsilon + \rho_x \cdot c_{px} \cdot (1 - \varepsilon)} \quad (2.210)$$

Қурилма баландлиги (2.208) тенгламанинг олд экспоненциал кўринишининг бирга тенглигидан топилади [58]:

$$\frac{K_{\kappa} \cdot (1 + aA) \cdot H}{w} = 1 \quad (2.211)$$

Кўриниб турибдики, эритма концентрациясининг мавҳум қайнаш қатлами баландлигига боғлиқлиги тўғри чизиққа яқинроқ.



3.1. Насадкали абсорбер ҳисоби

Углерод диоксидининг водород ва азот билан аралашмасидан сув билан ютиб ажратиш учун қарама-қарши йўналишли насадкали абсорбер ҳисоблансин.

Бошланғич маълумотлар:

Аралашма таркиби: $H_2 = 62\%$; $CO_2 = 18\%$; $N_2 = 20$. Абсорберга киришда газ сарфи $G_1 = 1000$ кмоль/ч. Қурилмадаги босим $P = 2,0$ МПа. Пуркаш учун $20^\circ C$ температурали сув узатилади. Углерод диоксидини талаб этиладиган ажратиш даражаси 90% .

Абсорбцион колоннанинг технологик ҳисоби

Моддий баланс тузамиз ва сув сарфини аниқлаймиз (3.1-расм). Колоннага кираётган газ таркибида углерод диоксидининг моль улуши $0,18$, сарфи эса:

$$G_1 \cdot y_H = 1000 \cdot 0,18 = 180 \text{ кмоль / соат} \quad (3.1)$$

бу ерда G_1 – қурилмага кираётган аралашма миқдори, кмоль/соат.

Ютилган углерод диоксиди миқдорини ушбу формуладан аниқлаймиз:

$$M = G_1 y_H \eta = 180 \cdot 0,9 = 162 \text{ кмоль / соат} \quad (3.2)$$

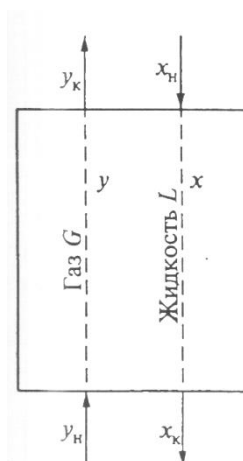
бу ерда $\eta = 0,9$ - CO_2 ни ажратиш даражаси.

Чиқиб кетаётган газ миқдори:

$$G_2 = G_1 - M = 1000 - 162 = 838 \text{ кмоль / соат} \quad (3.3)$$

Унда углерод диоксидининг миқдори:

$$G_1 y_H - M = 180 - 162 = 18 \text{ кмоль / соат} \quad (3.4)$$



3.1-расм. Моддий балансга оид схема.

Чиқиб кетаётган газдаги углерод диоксидининг моль улуши:

$$y_k = \frac{G_1 y_H - M}{G_2} = \frac{18}{838} = 0,021 \quad (3.5)$$

Қурилмадан чиқаятган сув таркибида углерод диоксида концентрацияси мувозанатда деб фарз қилиб, элтиқчилар қарама-қарши ҳаракатланганда сувнинг минимал сарфи:

$$L_{1\min} = \frac{M}{X_H} = \frac{162}{0,0027} = 60000 \text{ кмоль / соат} \quad (3.6)$$

бу ерда x_H^* - сувдаги CO_2 нинг мувозанат концентрацияси. Белгиланган шароит учун $x_H^* = 0,0027$, $x_H = 0$. Сув сарфини 30% га оширсак:

$$L_\rho = 1,3L_{1\min} = 1,3 \cdot 60000 = 78000 \text{ кмоль / соат} \quad (3.7)$$

ва эриган углерод диоксидини инобатга олсак:

$$L_1 = L_\rho + M = 78000 + 102 = 78102 \text{ кмоль / соат} \quad (3.8)$$

Кмоль/соат бирлигидан м³/соат ўлчов бирлигига ўтиш учун:

$$L_1 = L_1 M_1 \frac{1}{\rho} = 78102 \cdot 18 \frac{1}{1000} = 1404 \text{ м}^3 / \text{соат} \quad (3.9)$$

бу ерда L_1 – сувнинг ҳажмий сарфи, м³/ч; M_1 – сувнинг моляр массаси, кг/кмоль ($M_{\text{H}_2\text{O}} = 18 \text{ кг/кмоль}$); $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1000 \text{ кг/м}^3$ – сув зичлиги.

Чиқиб кетаятган сувдаги углерод диоксидининг миқдори:

$$x_K = \frac{M}{L_1} = \frac{162}{78000} = 0,002 \quad (3.10)$$

Ўтказиш бирлиги сонини аниқлаймиз.

Босим остида углерод диоксидининг сувда эришида фазавий мувозанат константаси ушбу эмпирик тенглама ёрдамида топамиз:

$$m_{p-x} = \frac{124,5}{a - bp} \quad (3.11)$$

бу ерда p – қараятган газда углерод диоксидининг парциал босими, МПа; a , b - температурага боғлиқ коэффициентлар: $a = 0,972$; $b = 0,087$ при 20 °С.

Газлар аралашмасида углерод диоксидининг парциал босими:

$$p_H = P_{\text{yH}} = 2,0 \cdot 0,18 = 0,36 \text{ МПа}$$

бу ерда P – қурилмадаги босим, МПа.

$P = 2,0 \text{ МПа}$ босим ва $t = 20^\circ\text{C}$ температура учун:

$$m_{p-x} = \frac{124,5}{0,972 - 0,087 \cdot 0,36} = 132 \text{ МПа}$$

Қурилмадаги газ шароитига мос углерод диоксидининг мувозанат концентрациясини топамиз:

$$x_H^* = \frac{p_H}{m_{p-x}} = \frac{0,36}{132} = 0,0027$$

ва газ фазасининг қурилмага кириш ва чиқишда ундаги мувозанат концентрацияни аниқлаймиз:

$$y_H^* = \frac{m_p - x^{xk}}{P} = \frac{132 \cdot 0.002}{2.0} = 0.132$$

$$y_K^* = \frac{m_p - x^{xH}}{P} = \frac{132 \cdot 0}{2.0} = 0$$

Жараённи ҳаракатга келтирувчи кучини ўртача логарифмик катталиқ сифатида ҳисоблаб топамиз:

$$\Delta y_{cp} = \frac{(y_H - y_H^* - (y_K - y_K^*))}{\ln \frac{y_H y_H^*}{y_K - y_K^*}} = \frac{(0.18 - 0.132) - (0.021 - 0)}{\ln \frac{0.18 - 0.132}{0.021 - 0}} = 0.0327$$

Ўтказиш бирлиги сонини ушбу формуладан аниқлаймиз:

$$N_{or} = \frac{y_H - y_K}{\Delta y_{cp}} = \frac{0.18 - 0.002}{0.0327} = 4.86$$

Абсорбер диаметрини аниқлаймиз.

Даставвал қурилманинг тиқилиб қолиш тезлигини баҳолаймиз:

$$\lg = \left[\frac{\omega_{Pr}^2 a \rho_r}{g \varepsilon^3 \rho_{жс}} \mu_{жс}^{0.16} \right] = A - B \left(\frac{\bar{L}}{\bar{G}} \right)^{0.25} \left(\frac{\rho_r}{\rho_{жс}} \right)^{0.12} \quad (3.12)$$

Насадка сифатида Паль пўлат халқаларини 50x50x1,0 танлаймиз. Унинг характеристикалари: $\alpha = 108 \text{ м}^2/\text{м}^3$; $\varepsilon = 0,9 \text{ м}^3/\text{м}^3$; $d_s = 0,033 \text{ м}$; $\rho = 415 \text{ кг/м}^3$; халқалар сони 6400 л/м^3 , бу ерда d_s – эквивалент диаметр; ρ – тўкма зичлик.

Газ аралашмасининг зичлигини ушбу формуладан топамиз:

$$\rho_r = \rho_{см} \frac{T_0 P}{TP_0} = \sum_{i=1}^3 (x_i \rho_i) \frac{T_0 P}{TP_0} = (x_{H_2} \rho_{H_2} + x_{CO_2} + x_{N_2} \rho_{N_2}) \frac{T_0 P}{TP_0} =$$

$$= (0,62 \cdot 0,0899 + 0,18 \cdot 1,98 + 0,2 \cdot 1,25) \frac{273 \cdot 2,0}{(273 + 20)0,1} = 12,3 \text{ кг/м}^3$$

бу ерда x_i - аралашманинг i - компонентининг моль улуши; ρ_i - аралашма i -компонентининг зичлиги, кг/м^3 ; T, P, T_0, P_0 – жараён ва нормал шароитлар учун температура ва босим; H_2, CO_2, N_2 газларнинг зичликлари нормал шароит учун; $\rho_{жс} = 1000 \text{ кг/м}^3$ - 20°C да сувнинг зичлиги; $\mu_{жс} = 1 \text{ мПа} \cdot \text{с}$ - 20°C да сувнинг қовушқоқлик коэффициентини; $A = 0,022$; $B = 1,75$ коэффициентлар Паль халқаси бетартиб жойланганда; $\bar{L}, \bar{G}$ – суюқлик ва газ фазалар массавий сарфлари, кг/ч ; $\alpha = 108 \text{ м}^2/\text{м}^3$, $\varepsilon = 0,9 \text{ м}^3/\text{м}^3$ деб қабул қиламиз.

Моль сарфдан массавий сарфга ўтиш учун сув ва газ аралашмаларининг моляр массаларига кўпайтирамиз:

$$M_{см} = \sum M_i \cdot y_i = y_{H_2} \cdot M_{H_2} + y_{CO_2} \cdot M_{CO_2} + y_{N_2} \cdot M_{N_2} = 0,62 \cdot 2 + 0,18 \cdot 44 + 0,2 \cdot 28 = 14,76 \text{ кг/кмоль}$$

бу ерда M_i - аралашма i - компонентининг моляр массаси; y_i - аралашма i - компонентининг моль улуши.

Суюқ ва газ фазалар массавий сарфлари:

$$\bar{L} = L_i M_{H_2O} = 78162 \cdot 18 = 140400 \text{ кг/ч}$$

$$\bar{G} = G_i M_{H_2O} = 1000 \cdot 14.76 = 14760 \text{ кг / ч}$$

Ушбу тенгликни тузамиз:

$$\lg \left[\frac{108 w_{np}^2}{92 \cdot 0.9^3} \cdot \frac{12.3}{1000} \cdot 1^{0.16} \right] = 0.022 - 1.75 \cdot \left(\frac{140400}{14760} \right)^{0.25} \cdot \left(\frac{12.3}{1000} \right)^{0.125}$$

ва уни ечиб, тиқилиб қолиш тезлигини аниқлаймиз: $w_{np} = 0.063 \text{ м/с}$.

Ишчи тезликни тиқилиб қолиш тезлигидан 20% кам қабул қиламиз, яъни:

$$w = 0.8 w_{wnn} = 0.8 \cdot 0.063 = 0.05 \text{ м / с}$$

ва қурилманинг ишчи режимида кираётган газ ҳажмий сарфи топамиз:

$$V_r = \frac{G \cdot 22.4}{3600} \cdot \frac{P_0 \cdot T}{P \cdot T_0} = \frac{1000 \cdot 22.4}{3600} \cdot \frac{0.1(273 + 20)}{2.0 \cdot 273} = 0.334 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Абсорбер диаметрини ушбу формулада ҳисоблаймиз:

$$D_{\min} = \sqrt{\frac{4V_r}{\pi w}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.334}{3.14 \cdot 0.05}} = 2.9 \text{ м}$$

Абсорбер диаметрини $D=3.0 \text{ м}$ деб қабул қиламиз.

Ушбу колонна диаметри насадкаларни нормал пуркашини таъмишлашини текшираамиз.

Бунинг учун колоннада пуркаш зичлигини ҳисоблаймиз:

$$\sigma = \frac{4L_p \cdot M_{H_2O}}{\rho_{жс} \cdot \pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot (78000 / 3600) \cdot 18}{1000 \cdot 3.14 \cdot 3^2} = 0.0552 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{с})$$

ва уни бетартиб насадкали абсорбернинг минимал пуркаш зичлиги билан солиштирамиз:

$$\sigma_{\min} = a q_{эф} \quad (3.13)$$

бу ерда $q_{эф}$ – пуркаш зичлигининг чизиқли самарадорлиги, чунончи, Паль халқалари учун $q_{эф} = 0.022 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$.

Унда

$$\sigma_{\min} = 108 \cdot 0.022 \cdot 10^{-3} = 0.0024 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{с})$$

$v > \sigma_{\min}$ бўлгани учун, насадканинг пуркалиши нормал.

Газ фаза учун ўтказиш бирлиги сонини топамиз:

$$h_r = 0.615 \cdot d_s \cdot \text{Re}_r^{0.345} \cdot (\text{Pr}_r)^{0.667} \quad (3.14)$$

Бу ерда

$$\text{Re}_r = \frac{4W_r}{a\mu_r} \quad (3.15)$$

$$W_r = \frac{\bar{G}}{S} = \frac{4G}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 14760}{3.14 \cdot 3600 \cdot 3^2} = 0.58 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}$$

$$\mu_{\Gamma} = \mu_{CM}$$

- газ аралашмасынинг қовушқоқлиги;

$$\frac{M_{CM}}{\mu_{CM}} = \sum_{i=1}^n \frac{y_i M_i}{\mu_i} = \frac{y_{H_2} M_{H_2}}{\mu_{H_2}} + \frac{y_{CO_2} M_{CO_2}}{\mu_{CO_2}} + \frac{y_{N_2} M_{N_2}}{\mu_{N_2}} \quad (3.16)$$

бу ерда $M_{CM}=14,76$ кг/кмоль – аралашма моляр массаси; μ_i - аралашма i - компонентининг қовушқоқлиги, Па·с.

Параметрларнинг сон қийматлари ўрнига қўйилганда, қуйидаги натижани оламиз:

$$\frac{14,76}{\mu_{CM}} = \frac{0,62 \cdot 2}{0,0032 \cdot 10^{-3}} + \frac{0,18 \cdot 44}{0,015 \cdot 10^{-3}} + \frac{0,2 \cdot 28}{0,018 \cdot 10^{-3}}$$

бундан

$$\mu_{CM} = 45,2 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}; \quad \text{Re}_r = \frac{4 \cdot 0,58}{108 \cdot 45,2 \cdot 10^{-6}} = 1413$$

Сўнг, Прандтль критерийсини аниқлаймиз:

$$\text{Pr}_{\Gamma} = \frac{\mu_{\Gamma}}{\rho_{\Gamma} D_{\Gamma}} \quad (3.17)$$

бу ерда $\rho_z = 12,3$ кг/м³ – газ аралашма зичлиги; D_z - диффузия коэффиценти, м²/с ва ушбу формуладан топилади:

$$D_{\Gamma} = D_0 \cdot \frac{P_0}{P} \cdot \left(\frac{T}{T_0} \right)^{3/2} \quad (3.18)$$

бу ерда $D_0=13,8 \cdot 10^{-6}$ м²/с – нормал шароитда ҳаводаги углерод диоксидининг диффузия коэффиценти; P, P_0 - нормал шароитда қурилмадаги босим, МПа; T, T_0 – ишчи ва нормал шароитдаги температуралар, К.

Параметр сон қийматларини формулага қўйиб, қуйидагига эга бўламиз:

$$D_{\Gamma} = 13,8 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{0,1 \left(\frac{273+20}{273} \right)^{3/2}}{2,0} = 0,77 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 / \text{с}$$

ва

$$\text{Pr}_{\Gamma} = \frac{4,52 \cdot 10^{-5}}{12,3 \cdot 0,77 \cdot 10^{-6}} = 4,7$$

Шундай қилиб, газ фазада ўтказиш бирлиги баландлиги қуйидагига тенг:

$$h_r = 0,615 \cdot 0,033 (1413)^{0,345} (4,7)^{0,667} = 0,339 \text{ м}$$

Суюқ фазада ўтказиш бирлиги баландлигини ушбу формуладан топамиз:

$$h_{\text{жс}} = 119 \cdot \delta_{\text{ПП}} \cdot \text{Re}_{\text{жс}}^{0,25} \cdot (\text{Pr}_{\text{жс}})^{0,5} \quad (3.19)$$

бу ерда

$$\delta_{\text{ПП}} = \left(\frac{\mu_{\text{жс}}^2}{\rho_{\text{жс}}^2 g} \right)^{1/3} = \left(\frac{0,001^2}{1000^2 \cdot 9,8} \right)^{1/3} = 4,67 \cdot 10^{-5} \text{ м}$$

$$\omega_{\text{жс}} = \frac{\vec{L}}{S} = \frac{4\vec{L}}{\pi D^2} = \frac{4 \cdot 1404000}{3600 \cdot 3,14 \cdot 3^2} = 55,2 \text{ К} / (\text{м}^2 \cdot \text{с})$$

$$Re_{жс} = \frac{4W_{жс}}{a\mu_{жс}} \frac{4 \cdot 55.2}{108 \cdot 1 \cdot 10^{-3}} = 2045$$

$$Pr_{жс} = \frac{\mu_{жс}}{\rho_{жс} D_{жс}} = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{1000 \cdot 1,8 \cdot 10^{-9}} = 560$$

бу ерда $D_{жс}$ – газни сувда диффузия коэффициенти газа (углерод диоксида учун $D_{жс} = 1,8 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$).

$$h_{жс} = 119 \cdot 4,67 \cdot 10^{-5} \cdot 2045^{0,25} \cdot 560^{0,5} = 0,884 \text{ м}$$

Сўнг, умумий ўтказиш бирлиги баландлигини ушбу формуладан ҳисоблаймиз:

$$h_{or} = h_r + \frac{m_{yx} G}{L} h_{жс} \quad (3.20)$$

бу ерда

$$m_{yx} = \frac{m_{px}}{P} = \frac{130}{2,0} = 65$$

фазавий мувозанат константаси бўлиб, унда мувозанат фазаси таркиби моль улушларда ифодаланган. Унда,

$$h_{or} = 0,339 + \frac{65 \cdot 1000}{78000} 0,884 = 1,08 \text{ м}$$

Насадка баландлиги ушбу йўл билан топилади:

$$H_{иш} = N_{оз} \cdot h_{ор} = 4,86 \cdot 1,08 = 5,24 \text{ м}$$

Захира коэффициентини 1,4 бўлганда, ишчи баландлик қуйидагига тенг:

$$H_{иш} = 1,4 \cdot 5,24 = 7,3 \text{ м}$$

Девор олди эффектини камайтириш учун қайта тақсимлаш мосламасини ўрнатиш керакми ёки йўқлигини текшираемиз. Қайта тақсимлаш мосламасини ўрнатмаслик учун зарур насадка пакетининг максимал баландлиги:

$$D = (4...5) \cdot 3 = 12...15 \text{ м}$$

Бизнинг ҳолатда $H_{иш} < H_{max}$, демак, қайта тақсимлаш мосламасини ўрнатиш керак эмас. Колоннанинг умумий баландлиги қуйидагига тенг:

$$H_{\kappa} = H_{иш} + H_{сен} + H_{куб} = 7,3 + 1 + 1,7 = 10 \text{ м}$$

$H_{сен} = 1 \text{ м}$; $H_{куб} = 1,7 \text{ м}$ деб қабул қиламиз.

Гидравлик қаршилиқни аниқлаймиз.

Қуруқ насадка қатлами учун

$$\Delta P_{сух} = \xi \frac{H_{раб} a \omega^2}{8 \cdot \varepsilon^3} \cdot \rho_{\varepsilon} \quad (3.21)$$

бу ерда

$$\xi = \frac{16}{Re_{\varepsilon}^{0,2}} = \frac{16}{1413^{0,2}} = 3,75$$

Унда

$$\Delta P_{\text{сyx}} = 3,75 \frac{7,3 \cdot 108 \cdot 0,05^2}{8 \cdot 0,9^3} 12,3 = 15,5 \text{ Па}$$

Пуркалаётган насадканинг гидравлик қаршилиги:

$$\Delta P_{op} = \Delta P_{\text{сyx}} 10^{b\sigma} \quad (3.22)$$

Паль халқалари учун $b = 35$ [7, 4.5-жадвал]:

$$\Delta P_{op} = 15,5 \cdot 10^{35 \cdot 0,0552} = 1328 \text{ Па}$$

Абсорбцион колонна механик ҳисоби. Ички босим остидаги цилиндрик обечайка қалинлиги ушбу формуладан топилади:

$$S = \frac{D_B \cdot P}{2[\sigma]\varphi - P} + C = \frac{3,0 \cdot 2,0}{2 \cdot 148 \cdot 0,8 - 2,0} + 0,001 = 0,027 \text{ м}$$

Қалинлиги $\delta = 28$ мм ли Х18Н9Т легирланган пўлат учун манфий қўйим 0,9 мм инобатга олсак

$$S = 0,027 + 0,001 = 0,028 \text{ м}$$

Танланган эллиптик днище қалинлиги ушбу формуладан топилади:

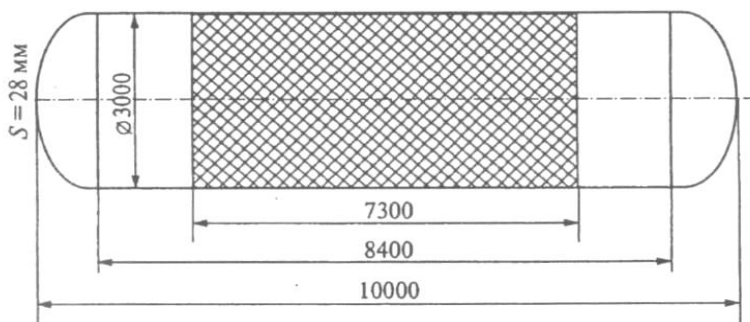
$$S_d = \frac{PR}{2[\sigma]\varphi - 0,5P} + C \quad (3.23)$$

бу ерда $R = \frac{D^2}{4H_d} = \frac{3^2}{4 \cdot 0,75} = 3 \text{ м}$; $H_d = 0,75 \text{ м}$ – чети букланмаган днище баландлиги.

Унда

$$S_d = \frac{2,0 \cdot 3}{2 \cdot 148,0 \cdot 0,8 - 0,5 \cdot 2,0} + 0,001 = 0,0264 \text{ м}$$

днище
обечайка
оламинз,
Қурилма
ҳисоби.
бино



жараёни
сув билан ажратиш усулида ташкил этилган. Температура мусбат бўлади.

Яхлитлаб,
қалинлигини
қалинлигидек
яъни 28 мм.

таянчи
Абсорбер
ичида
ўрнатилган,
абсорбция
иссиқликни

**3.2-расм. Абсорбернинг максимал оғирлигини ҳисоблашга оид
(қурилма шартли равишда горизонтал қўрсатилган).**

Даставвал қурилма максимал оғирлигини топамиз (3.2-расм):

$$G_{\max} = G_{\text{обеч}} + G_{\text{д}} + G_{\text{нас}} + G_{\text{H}_2\text{O}} \quad (3.24)$$

бу ерда $G_{\text{обеч}} = V_{\text{обеч}} \cdot \rho_{\text{ст}} \cdot g$ – обечайка оғирлиги, МН; $V_{\text{обеч}} = \pi D H_{\text{обеч}}$ – объем листа обечайка листининг ҳажми; $\rho_{\text{ст}} = 7900 \text{ кг/м}^3$ – пўлат обечайка зичлиги; $H_{\text{обеч}}$ – обечайка баландлиги.

Демак, обечайка оғирлиги:

$$G_{\text{обеч}} = \pi D H_{\text{обеч}} \cdot S \cdot \rho_{\text{ст}} \cdot g = 3,14 \cdot 3 \cdot 8,4 \cdot 0,028 \cdot 7900 \cdot 9,81 = 0,1715 \text{ МН}$$

Днишче оғирлиги

$$G_{\text{д}} = 2 \cdot 2356 \cdot 9,81 = 0,046 \text{ МН}$$

Насадка оғирлиги

$$\begin{aligned} G_{\text{нас}} &= V_{\text{нас}} \cdot \rho_{\text{нас}} \cdot g = \frac{\pi D^2}{4} H_{\text{раб}} \rho_{\text{нас}} g = \\ &= \frac{3,14 \cdot 3^2}{4} 7,3 \cdot 520 \cdot 9,8 = 262823 \text{ Н} = 0,262 \text{ МН} \end{aligned}$$

бу ерда $V_{\text{нас}}$ – насадка ҳажми, м^3 ; $\rho_{\text{нас}}$ – насадка зичлиги, кг/м^3 .

Гидравлик синов учун зарур сув миқдорини ҳисоблаймиз:

$$G_{\text{H}_2\text{O}} = V_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \rho_{\text{H}_2\text{O}} \cdot g \quad (3.25)$$

бу ерда $\rho_{\text{H}_2\text{O}}$ – сув зичлиги, кг/м^3 ; $V_{\text{H}_2\text{O}}$ – сув ҳажми, м^3 .

Сув ҳажми учта қўшилувчининг йиғиндисига тенг:

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = V'_{\text{H}_2\text{O}} + V''_{\text{H}_2\text{O}} + V'''_{\text{H}_2\text{O}} \quad (3.26)$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{(H_{\text{обеч}} - H_{\text{нас}}) \cdot \pi \cdot D^2}{4} = \frac{(8,4 - 7,3) \cdot 3,14 \cdot 3^2}{4} = 7,7 \text{ м}^3$$

Обечайканинг насадкаси қисмидаги сув ҳажми:

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = V_{\text{нас}} \cdot \varepsilon = \frac{3,14 \cdot 3^2}{4} 7,3 \cdot 0,78 = 40,2 \text{ м}^3$$

бу ерда $V_{\text{нас}}$ – насадка ҳажми, м^3 ; ε – насадканинг бўш ҳажми, $\text{м}^3/\text{м}^3$.

Днишчелардаги сув ҳажми:

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 2 \cdot 3,89 = 7,78 \text{ м}^3$$

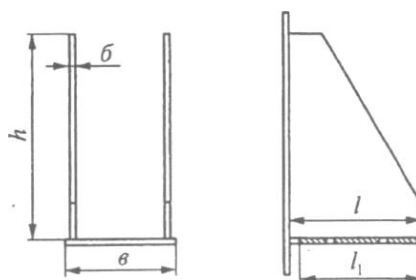
Демак,

$$G_{\text{H}_2\text{O}} = (7,7 + 40,2 + 7,78) \cdot 1000 \cdot 9,81 = 0,54 \text{ МН}$$

Жами:

$$G_{\max} = 0,17 + 0,046 + 0,262 + 0,54 = 1,01 \text{ МН}$$

Вертикал абсорбер учун таянч танлаймиз (3.3-расм). Ҳар бир таянчга рухсат этилган юклама $25 \cdot 10^{-2}$ МН.



3.3-расм. Таянч

Таянчлар сонини топамиз:

$$n \geq \frac{G_{\max}}{G_{\text{он}}} = \frac{1,01}{25 \cdot 10^{-2}} = 4,04$$

Таянчлар сонини 4 та деб қабул қиламиз. Абсорбер бино ичида ўрнатилгани учун таянчларга юклама бир хилда тақсимланган бўлади. Унда, таянч қовурғасининг қалинлиги ушбу формуладан топилади:

$$\delta = \frac{2,24 \cdot G}{K \cdot n \cdot Z \cdot l \cdot [\sigma]} + C = \frac{2,24 \cdot 1,02}{0,6 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 0,48 \cdot 100} + 0,001 = 0,011 \text{ м}$$

$l/13 = 0,48/13 = 0,037 \text{ м} > \delta = 0,011 \text{ м}$ бўлгани учун, K нинг қийматини 0,275 гача камайтирамиз ва қуйидагини оламиз:

$$\delta = \frac{2,24 \cdot G}{K \cdot n \cdot Z \cdot l \cdot [\sigma]} + C = \frac{2,24 \cdot 1,02}{0,275 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 0,48 \cdot 100} + 0,001 = 0,023 \text{ м}$$

$l/21,5 = 0,48/21,5 = 0,022 \text{ м} < \delta = 0,023 \text{ м}$ бўлгани учун қовурғаниннг қалинлиги $\delta = 23 \text{ мм}$ қабул қиламиз.

Таянчнинг обечайкадан чиқиб туриши l ни қовурға баландлиги h га нисбатини $l/h = 0,5$ деб қабул қиламиз. Унда

$$h = \frac{l}{0,5} = \frac{0,48}{0,5} = 0,96 \text{ м}$$

Пайванд чоклар мустаҳкамлигини текширамиз.

$$\frac{G}{n} \leq 0,7 \cdot L_{\text{ш}} \cdot h_{\text{ш}} \cdot [\tau]_{\text{ш}} \quad (3.27)$$

бу ерда $h_{\text{ш}} = 0,008 \text{ м}$; $[\tau]_{\text{ш}} = 80 \text{ МПа}$; $L_{\text{ш}} = 4(h+l) = 4(0,96+0,023) = 3,9 \text{ м}$

$$\frac{G}{n} = \frac{1,01}{4} = 0,25 \text{ МН}$$

Формула (а) даги иккинчи параметр қуйидагига тенг:

$$0,7 \cdot 3,9 \cdot 0,008 \cdot 80 = 1,74 \text{ МН}$$

$1,74 \text{ МН} > 0,25 \text{ МН}$ бўлгани учун пайванд чоклар мустаҳкамлиги таъминланган.

Таянч асос плитасининг энини $b=0,4$ м ва узунлигини $l_1=0,43$ м деб қабул қиламиз. Бетон маркаси 200 ($[\sigma]_\phi=14$ МПа) дан тайёрланган пойдевор мустаҳкамлигини текшираамиз. Мустаҳкамлик шарт:

$$F_1 \geq \frac{G}{4[\sigma]_\phi} = \frac{1,01}{4 \cdot 14} = 0,0182 \text{ м}^2$$

Таянч юзаси:

$$F_1 = l_1 \cdot b = 0,43 \cdot 0,4 = 0,172 \text{ м}^2$$

$$F_1 = 0,172 \text{ м}^2 > 0,0182 \text{ м}^2$$

3.2. Иссиқлик поғонали ажратиладиган абсорбция жараёни ҳисоблансин (SO_2 ни H_2SO_4 билан абсорбцияси)

SO_2 ни сульфат кислота билан ютиш учун панжара тарелкали абсорбер ҳисоблансин.

Бошланғич маълумотлар: Газ сарфи $0,2516 \text{ м}^3/\text{с}$ ($20000 \text{ м}^3/\text{соат}$ 0°C ва $0,1$ МПа да); температура 40°C ; босим $0,3$ МПа. Газдаги SO_2 миқдори $y_1=0,07$ ($Y_1=0,0753$); пуркаш учун $98,3\%$ -ли H_2SO_4 узатилмоқда; чиқаётган суюқлик – олеум, таркибида 20% эркин боғланган SO_2 бор. Абсорбцияга узатилаётган газ температураси 100°C ; кислота температураси 50°C ; совутувчи сув температураси 25°C ; Талаб этилаётган газдан SO_2 ни ажратиш даражаси $99,9\%$.

Ечиш:

1. Моддий баланс тузиш ва абсорбцияга сарфланадиган суюқлик миқдорини аниқлаш. Инерт газ сарфини топамиз:

$$G_0 = 0,2516 \cdot (1 - 0,07) = 0,234 \text{ кмоль} / \text{с}$$

Чиқиб кетаётган газда SO_2 нинг миқдори:

$$Y_2 = 0,753 \cdot (1 - 0,999) = 0,00007$$

Суюқлик концентрациянинг нисбий моль катталиклари (кмоль SO_2 /кмоль H_2O) қуйидагига тенг: $X_1=1,3$ (20% -ли олеум учун); $X_2=0,91$ ($98,3\%$ -ли H_2SO_4 учун).

$$l_0 = \frac{Y_1 - Y_2}{X_1 - X_2} = \frac{0,0753 - 0,00007}{1,3 - 0,91} = 0,193$$

Ютувчи фаза сарфи (сувга ҳисоблаганда):

$$L_o = l_o \cdot G_0 = 0,193 \cdot 0,234 = 0,045 \text{ кмоль} / \text{с}$$

улушда $0,0864 \text{ кмоль} / \text{с}$ $98,3\%$ - ли H_2SO_4 .

2. Абсорбер диаметрини аниқлаш. Колоннадан чиқишда газ сарфи $0,234 \text{ кмоль} / \text{с}$. Газнинг ўртача миқдори:

$$\frac{0,2516 + 0,234}{2} = 0,243 \text{ кмоль} / \text{с}$$

Ўртача температура 65°C бўлганда газнинг ҳажмий сарфи:

$$V_{\tau} = 0,243 \cdot 22,7 \cdot \frac{273 + 65}{273} = 6,75 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Абсорбер ички диаметрини 2250 мм деб қабул қилсак, унга $S=3,98 \text{ м}^2$ ли кўндаланг кесим тўғри келади. Унда, газнинг келтирилган тезлиги:

$$w = \frac{V_{\tau}}{S} = \frac{6,75}{3,98} = 1,7 \text{ м} / \text{с}$$

3. Тарелка турини танлаш. Тирқиши $b=2 \text{ мм}$ ва эркин юзаси $\varepsilon=0,15$ ли панжарали тарелка қабул қиламиз. Ҳар бир тарелкада юзаси $F=10 \text{ м}^2$ ли совутувчи элементлар мавжуд. Совитиш юзасининг тарелка юзасига нисбати:

$$\psi = \frac{F}{S} = \frac{10}{3,98} = 2,51$$

Тарелка тешикларидаги тезлик:

$$w_o = \frac{w}{\varepsilon} = \frac{1,7}{0,15} = 11,3 \text{ м} / \text{с}$$

4. Иш режимининг юқори чегарасини аниқлаш. Ўртача массавий сарф ушбу формуладан топилади:

$$\bar{G} = 0,243 \cdot 29 = 7,05 \text{ кг} / \text{с}$$

Кислотанинг ўртача массавий сарфи:

$$\bar{L} = \left(1,18 + \frac{0,91 + 1,3}{2} \cdot 80 \right) \cdot 0,045 = 4,77 \text{ кг} / \text{с}$$

Газнинг зичлиги $\rho_{\tau}=1,06 \text{ кг} / \text{м}^3$, суюқликники $\rho_{\text{ж}}=1800 \text{ кг} / \text{м}^3$.

$$w_o = \frac{\rho_{\tau}}{\rho_{\text{ж}}} \cdot \sqrt{\frac{\rho_{\tau}}{\rho_{\text{жаво}}}} = 11,6 \cdot \left(\frac{\bar{L}}{\bar{G}} \right)^{-0,228} \quad (3.28)$$

бу ерда $\rho_{\text{ж}}$, ρ_{τ} – суюқлик ва сув зичликлари.

$$w_o = \frac{1000}{1800} \cdot \sqrt{\frac{1,06}{1,2}} = 11,6 \cdot \left(\frac{4,77}{7,05} \right)^{-0,228}$$

Бундан, иш режимининг юқори чегарасига тўғри келадиган тешиклардаги газнинг тезлиги 24,4 м/с тенг. Тешиклардаги ҳақиқий тезлик эса чегаравий тезликни нг 50% ни ташкил этади.

5. Тарелка гидравлик қаршилигини ҳисоблаш. Қуруқ тарелканинг гидравлик қаршилиги:

$$\Delta P = \xi \cdot \frac{\rho_{\tau} \cdot w_o^2}{2} = 1,5 \cdot \frac{1,06 \cdot 11,3^2}{2} = 102 \text{ Па}$$

Суюқликнинг ўртача ҳажмий сарфи:

$$V_{жс} = \frac{\bar{L}}{\rho_{жс}} = \frac{4,77}{1800} = 0,00265 \text{ м}^3 / \text{с} \quad \text{ёки} \quad 9,54 \text{ м}^3 / \text{соат}$$

Суюқликни пуркаш зичлиги:

$$U = \frac{V_{жс}}{S} = \frac{9,54}{3,98} = 2,4 \text{ м} / \text{соат} \quad (3.29)$$

Барботаж қатлам гидравлик қаршилигини, “ $SO_3 - H_2SO_4$ ” ва “ $\text{ҳаво} - H_2O$ ” эмпирик тенглама ёрдамида аниқлаймиз:

$$\begin{aligned} \Delta P_{жс} &= \Delta P_2 + \Delta P_3 = \frac{(1,235\varepsilon^{1,47} + 4,5wU) \cdot 10^7}{\varepsilon^{2,72} \cdot \rho_{жс}} = \\ &= \frac{(1,235 \cdot 15^{1,47} + 4,5 \cdot 1,7 \cdot 2,4) \cdot 10^7}{15^{2,72} \cdot 1800} = 247 \text{ Па} \end{aligned} \quad (3.30)$$

бу ерда эркин юзаси ε улуш эмас, балки процентларда келтирилган.

Тарелканинг тўлиқ гидравлик қаршилиги ушбу формуладан топилади:

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_{жс} = 102 + 247 = 349 \text{ Па}$$

Сиртий таранглик туфайли ҳосил бўлган гидравлик қаршилиги ушбу тенгламадан аниқланади:

$$\Delta P_2 = \frac{4\sigma}{d_{экр}} = \frac{4 \cdot 0,051}{0,004} = 51 \text{ Па} \quad (3.31)$$

Қўпик қатламининг гидравлик қаршилиги қуйидаги тенгламадан ҳисобланади:

$$\Delta P_3 = \Delta P_{жс} - \Delta P_2 = 247 - 51 = 196 \text{ Па} \quad (3.32)$$

6. Қўпик қатламининг баландлиги. Тиниқ суюқлик баландлигини топамиз:

$$h_o = \frac{\Delta P_3}{g \cdot \rho_{жс}} = \frac{196}{9,81 \cdot 1800} = 0,0111 \text{ м} \quad (3.33)$$

Қўпик қатламининг нисбий зичлиги k ушбу эмпирик формуладан ҳисобланади:

$$k = 2,52w^{-1,1} \cdot \left(\frac{U}{w}\right)^{0,316} = 2,52 \cdot 15^{-1,1} \cdot \left(\frac{2,4}{1,7}\right)^{0,316} = 0,144 \quad (3.34)$$

Тарелкадаги қўпик баландлиги:

$$h_n = \frac{h_o}{k} = \frac{0,0111}{0,144} = 0,077 \text{ м}$$

7. Тарелкалар бўйича абсорбер ҳисоби. Моногидрат учун масса ўтказиш коэффициентини аниқлаймиз:

$$K_o = 1,23\Delta P_{жс} = 1,23 \cdot 247 = 394 \text{ кмоль} / (\text{м}^2 \cdot \text{соат}) \quad (3.35)$$

ёки $P=1$ бар бўлганда

$$K = 304 \text{ кмоль}/(\text{м}^2 \cdot \text{сoат})$$

Сўнг, 1-пастки тарелка учун ҳисоблаш ўтказамиз. Бунинг учун газ нисбий таркиби ва моль улушлари орасидаги фарқни инобатга олмаймиз.

- кислота концентрацияси $C=104,5\%$ H_2SO_4 (20% эркин SO_2) бўлганда масса ўтказиш коэффициентини ушбу формула бўйича ҳисобланади:

$$K = K_o \cdot [1 - 0,106 \cdot (C - 100)] = 304 \cdot [1 - 0,106 \cdot (105,5 - 100)] = 153 \text{ кмоль}/(\text{м}^2 \cdot \text{сoат})$$

бу ерда C - олеумда H_2SO_4 концентрацияси, %.

- тарелкага тўғри келадиган ўтказиш бирлининг сони:

$$N_{oz} = \frac{K \cdot S}{G_o} = \frac{153 \cdot 3,98}{3600 \cdot 0,234} = 0,722 \quad (3.36)$$

- тарелка самарадорлиги (суюқлик тўлиқ аралашади деб қабул қиламиз):

$$E_A = 1 - e^{-N_{oz}} = 1 - e^{-0,722} = 0,51 \quad (3.37)$$

- тарелкадан чиқишда газнинг нисбий таркиби:

$$Y'' = Y' - E_A \cdot (Y' - Y'') = 0,0753 - 0,51 \cdot (0,0753 - 0,043) = 0,0587 \quad (3.38)$$

бу ерда 20% -ли олеум устида (20°C температурада) SO_3 мувозанат концентрацияси $Y''=0,043$ га тенг. SO_3 нинг мувозанат концентрацияси асосида ҳисобланган [50, 19-расм].

- тарелкадан узатилаётган суюқлик таркиби:

$$X'' = X' - E_A \cdot (Y' - Y'') / l_o = 1,3 - 0,51 \cdot (0,0753 - 0,043) / 0,193 = 1,214$$

- $E_T=E_A=0,51$ деб қабул қилиб, тарелкадан чиқаётган газ температурасини ушбу формуладан топамиз:

$$t'' = t' + E_A \cdot (g' - t') = 100 + 0,51 \cdot (75 - 100) = 87,5^\circ C \quad (3.39)$$

- совутувчи сув билан (барботаж қатламдан совуқ сувга иссиқлик ўтказиш коэффициентини $0,95 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ деб қабул қиламиз) максимал ажратиб олиш мумкин бўлган иссиқлик миқдорини топиш учун ушбу формуладан фойдаланамиз:

$$Q_{o \max} = \psi \cdot k \cdot S \cdot (g' - \theta') = 2,51 \cdot 0,95 \cdot 3,98 \cdot (75 - 25) = 472 \text{ кВт} \quad (3.40)$$

- тарелкага кираётган кислота температурасини белгилаб олиб, яъни $g'' = 71^\circ C$ ($g = 71 - 75 = -4^\circ C$), иссиқлик баланси тенгламасидан совуқ сув билан ажратиб олинаётган иссиқлик миқдорини аниқлаймиз:

$$\begin{aligned} Q_o &= W_w \cdot c_w \cdot \Delta\theta = G_o \cdot (l_o \cdot c \cdot \Delta g - \Phi \cdot \Delta Y - c' \cdot \Delta t) = \\ &= 0,234 \cdot [0,193 \cdot 174 \cdot (-4) - 58500 \cdot (0,0587 - 0,0753) - 29(-12,5)] = 280 \text{ кВт} < Q_{o \max} \end{aligned} \quad (3.41)$$

бу ерда $\Phi=58500$ кЖ/кмоль – олтингугурт ангидридининг дифференциал эриш иссиқлиги; $c'=29$ кЖ/(кмоль·К) - газ иссиқлик сизими (1 кмоль инерт газга); $c=174$ кЖ/(кмоль·К) - суюқлик иссиқлик сизими (1 кмоль сувга).

- параметр P ни ҳисоблаймиз:

$$P = \frac{Q_o}{Q_{o\max}} = \frac{280}{472} = 0,592 \quad (3.42)$$

ва ушбу формуладан E_θ ни топамиз:

$$0,592 = \frac{E_\theta}{-\ln(1-E_\theta)} \quad (3.43)$$

бундан $E_\theta=0,685$.

- тарелкадан чиқишда совуқлик элткич температурасини аниқлаймиз:

$$\theta'' = E_\theta \cdot (g' - \theta') + \theta' = 0,685 \cdot (75 - 25) + 25 = 59^\circ C \quad (3.44)$$

- совуқлик элткич сарфини топамиз:

$$W_w = \frac{Q_o}{c_w \cdot (\theta'' - \theta')} = \frac{280}{4,19 \cdot (59 - 25)} = 1,97 \text{ кг/с}$$

Худди шундай қолган тарелкалар учун ҳам ҳисоблаймиз.

3-1 жадвалдан кўриниб турибдики, белгиланган даражада SO_3 ажратиб олиш учун 7 та тарелка етарли.

Абсорбернинг умумий гидравлик қаршилиги $7 \times 350 = 2450$ Па. Совуқлик элткичнинг умумий сарфи 23,5 кг/с ёки 84,5 м³/соат.

- Тарелкалараро масофани аниқлаймиз. Сепарация бўлимининг минимал баландлигини топамиз (суюқлик учиб чиқиши $U=0,02$ кг/кг):

$$H_o = \left(\frac{0,00014 \cdot f}{u} \right)^{0,39} \cdot w = \left(\frac{0,00014 \cdot 2,82}{0,02} \right)^{0,39} \cdot 1,7 = 0,37 \text{ м} \quad (3.45)$$

Бу ерда тузатиш коэффициенти f қуйидагича ҳисобланади:

$$f = 0,0565 \cdot \left(\frac{\rho_{ж}}{\sigma} \right)^{1,1} = 0,0565 \cdot \left(\frac{1800}{51} \right)^{1,1} = 2,82 \text{ м} \quad (3.46)$$

Агар, кўпик баландлиги $h_n=0,077$ м да, зарур тарелкалараро масофа қуйидагига тенг:

$$H = H_o + h_n = 0,37 + 0,077 = 0,45 \text{ м}$$

3-1 жадвал

Концентрация ва температуралар ўзгаришини ҳисоблаш

Кўрсаткич	1	2	3	4	5	6	7	Эслатма
X'	1,3	1,214	1,106	0,968	0,923	0,913	0,9106	0,91

Эркин SO ₃ концент.	20	15	7,5	0,5	-	-	-	-
Концентрация H ₂ SO ₄	104,5	103,4	101,6	100,1	100	99	98,3	98,3
Y'	0,0753	0,0587	0,0379	0,0113	0,00254	0,00063	0,00015	0,00004
Y''	0,043	0,024	0,002	0	0	0	0	0
t'	100	87,5	77,6	69,5	63,1	57,7	52,6	50,6
g'	75	71	66	61	56	51	50	50
K, кмоль/(м ² ·с)	153	195	254	300	304	304	304	-
N _{ог}	0,727	0,92	1,2	1,41	1,41	1,41	1,41	-
E _A =E _T	0,51	0,6	0,7	0,756	0,756	0,756	0,756	-
ΔY	-0,0168	-0,0208	-0,0266	-0,0087	-0,0019	-0,0004	-0,0001	-
ΔX	-0,086	-0,108	-0,138	-0,045	-0,01	-0,0024	-0,0006	-
Δt	-12,5	-9,9	-8,1	-6,4	-5,4	-5,1	-2	-
Δg	-4	-5	-5	-5	-5	-1	0	-
Q _{омах} , кВт	472	435	386	340	293	246	236	-
Q _о , кВт	280	358	360	204	52	39,2	16,2	-
P=Q _о /Q _{омах}	0,59	0,285	0,935	0,6	0,175	0,16	0,07	-
E _θ	0,685	0,33	0,14	0,68	0,99	0,99	1	-
θ''	59	40,2	31,6	49,2	55,6	50,8	50	-
W _w , кг/с	1,96	5,6	13	2	0,4	0,36	0,15	-

3.3. Трубади абсорбер ҳисоби

Иссиқликни узлуксиз равишда ажратиб абсорбциялашни ҳисоблаш (NH₃ ни H₂O абсорбцияси)

NH₃ ни сув билан ютивчи сув билан совутиладиган трубади юпқа қатламли абсорбер ҳисоблансин.

Бошланғич маълумотлар: Газ сарфи 0,66 м³/с (0°C ва 0,1 МПа да); температура 40°C; босим 0,3 МПа. Газ таркибида аммиакнинг миқдори 40 ҳажм.%; абсорбцияга узатиладиган сув температураси 20°C; совутувчи сув температураси 10°C. NH₃ талаб этиладиган ажратиб олиш даражаси 99,5%. Аммиакли сув таркиби x₁ = 0,105 (10 масс.% NH₃).

Ечиш:

1. Моддий баланс тузиш ва абсорбция зарур сув сарфини аниқлаш. Моддий баланс тенгламасидан элткичлар сарфини топамиз:

$$G_0 = 0,0179 \text{ кмоль/с}$$

ва

$$L_0 = 0,101 \text{ кмоль/с}$$

Бундан, ютувчи фазанинг солиштирма сарфи:

$$l_0 = \frac{L_0}{G_0} = \frac{0,101}{0,0179} = 5,65$$

Газ фазанинг бошланғич ва охири концентрациялари:

$$Y_1 = \frac{0,4}{1 - 0,4} = 0,667 \quad \text{ва} \quad Y_2 = 0,667(1 - 0,995) = 0,003$$

Ютилган NH_3 миқдорини ҳисоблаймиз:

$$W_A = 0,0179(0,667 - 0,003) = 0,0119 \text{ кмоль} / \text{с}$$

2. Совутувчи сув сарфини аниқлаш. Абсорбция жараёнида ажралиб чиққан иссиқлик миқдори (при $\Phi = 34\,500 \text{ кЖ/кмоль } \text{NH}_3$):

$$0,0119 \cdot 34\,500 = 410 \text{ кЖ/с}$$

Сув температураси 10°C кўтарилади деб қабул қилиб, унинг сарфини топамиз [$c_w = 4,19 \text{ кЖ/(кг} \cdot \text{K)}$]:

$$W_w = \frac{410}{4,19 \cdot 10} = 9,8 \text{ кг} / \text{с}$$

3. Иссиқликнинг сувда тарқалишида иссиқлик ўтказиш коэффициентини аниқлаш. Труба ўлчами $38 \times 3 \text{ мм}$, трубалар сони 361 та деб қабул қиламиз. Труба ички юза деворидан юпқа қатлам кўринишида оқиб тушаётган ютувчи фаза сарфи қуйидагига тенг:

$$0,101 \cdot 18 = 1,82 \text{ кг/с}$$

Пуркалаётган суюқликнинг чизикли зичлиги:

$$\Gamma = \frac{1,82}{3,14 \cdot 0,032 \cdot 361} = 0,05 \text{ кг} / (\text{м} \cdot \text{с})$$

Труба ички юза деворидан оқиб тушаётган юпқа қатламдан иссиқлик бериш коэффициенти α_1 ни ҳисоблаш учун $Re_{жс}$ и Pr критерийларини, ҳамда $g_{прив}$ [$\mu_{жс} = 0,001 \text{ Па} \cdot \text{с}$; $c = 4,19 \text{ кЖ/(кг} \cdot \text{K)}$; $\lambda = 0,6 \cdot 10^{-3} \text{ кВт/(м} \cdot \text{K)}$; $\rho_{жс} = 1000 \text{ кг/м}^3 \text{ да}$] ни аниқлаймиз:

$$Re_{жс} = \frac{4\Gamma}{\mu_{жс}} = \frac{4 \cdot 0,05}{0,001} = 200$$

$$Pr = \frac{\mu_{жс} c}{\lambda} = \frac{0,001 \cdot 4,19}{0,6 \cdot 10^{-3}} = 7$$

$$g_{прив} = \left(\frac{\mu_{жс}^2}{\rho_{жс}^2 g} \right) = \left(\frac{0,001^2}{1000^2 \cdot 9,81} \right)^{1/5} = 4,67 \cdot 10^{-5} \text{ м} \quad (3.47)$$

Рейнольдс критерийсининг критик қийматини ушбу формуладан топамиз:

$$Re_{кр} = 2460 \cdot Pr^{-0,65} = 2460 \cdot 7^{-0,65} = 700 \quad (3.48)$$

$Re < Re_{кр}$ бўлган шароитда Nu критерийсини қуйидаги формуладан аниқлаймиз:

$$Nu = A \cdot Nu_{жс}^m \cdot Pr_{жс}^n = 2,06 Re_{жс}^{-0,33} = 2,06 \cdot 200^{-0,33} = 0,352 \quad (3.49)$$

Формуладаги коэффициент ва даража кўрсаткичлари қуйидаги жадвалдан олинади:

3-2 жадвал

$Re_{жс}$ чегаралари	A	m	n
$< Re_{кр}$	2,06	-0,33	0
$Re_{кр} < 1600$	0,032	0,2	0,34
$1600 < Re_{кр} < 3200$	0,001	0,67	0,34
$Re_{кр} > 3200$	0,0088	0,4	0,34

бундан

$$\alpha_1 = \frac{\lambda}{g_{прив}} \cdot Nu = \frac{0,6 \cdot 10^{-3}}{4,67 \cdot 10^{-5}} \cdot 0,352 = 4,53 \text{ кВт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Девордан совуқ сувга иссиқлик бериш коэффициентини $\alpha_2 = 0,185 \text{ кВт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ва девор иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентини $\lambda_{cm} = 0,029 \text{ кВт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ деб қабул қилиб, иссиқлик ўтказиш коэффициентини ҳисоблаймиз $K = 0,175 \text{ кВт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

4. Газ фазада масса бериш коэффициентини аниқлаш. Қуйида келтирилган формула ёрдамида ҳисоблаш ўтказамиз, фақат ўнг қисмига газда компонент концентрациясини инобатга олувчи ушбу кўпайтмани $(P/p_o, c_p)^{0,67}$ киритамиз [50]. Шунини таъкидлаш лозимки, ушбу формула суюқлик ҳаракатини инобатга олмаган, лекин газ тезлиги w асосида ҳисобланади:

$$St'_r = 0,125 \cdot (0,11 + 0,9K^{0,66}) \cdot Re_{oz}^{-0,16} \cdot (Pr'_z)^{-0,66} \quad (3.50)$$

Бунинг учун даставвал газ тезлигини (трубага кириш шароити учун):

$$w = \frac{0,66}{0,785 \cdot 0,32^2 \cdot 361} \cdot \frac{0,1}{0,3} \cdot \frac{273 + 40}{273} = 0,86 \text{ м/с}$$

ва юпқа қатлам тезлисини қуйидаги формула орқали ҳисоблаймиз:

$$u_{cp} = \frac{\Gamma}{\rho_{жс} \cdot s} = \sqrt{\frac{\Gamma^2 \cdot g}{3\mu_{жс} \cdot \rho_{жс}}} = \sqrt[3]{\frac{0,05^2 \cdot 9,81}{3 \cdot 0,001 \cdot 1000}} = 0,2 \text{ м/с} \quad (3.51)$$

Сўнг, газнинг нисбий тезлигини

$$w_0 = 0,86 + 0,2 = 1,06 \text{ м/с}$$

ва $\sigma = 0,07 \text{ Н/м}$ деб қабул қилиб комплекс K ни ушбу формула ёрдамида топамиз:

$$K = \frac{u_{cp} \cdot \mu_{жс}}{\sigma} = \frac{0,2 \cdot 0,001}{0,07} \approx 0,003 \quad (3.52)$$

Вычисляем критерии Re_{oz} ва Pr критерийларини ушбу маълумотларга ($\mu = 0,191 \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с}$; $\rho_z = 3,48 \text{ кг/м}^3$; $D_z = 0,08 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$) таяниб ҳисоблаймиз:

$$Re_{oz} = \frac{\omega_0 d \rho_z}{\mu_z} = \frac{1,06 \cdot 0,032 \cdot 3,48}{0,191 \cdot 10^{-4}} = 6200$$

$$Pr'_z = \frac{\mu_z}{\rho_z D_z} = \frac{0,191 \cdot 10^{-4}}{3,48 \cdot 0,08 \cdot 10^{-4}} = 0,69$$

Инерт газлар парциал босими $0,3 \cdot 0,6 = 0,24$ МПа дан (газ асосий массасида) $0,3...0,0035 = 0,2965$ МПа гача (фазаларни ажратувчи чегарада, бу ерда **NH₃** нинг парциал босими тахминан $0,0035$ МПа). Инерт газларнинг ўртача парциал босими:

$$\rho_{0,cp} = \frac{0,24 + 0,2965}{2} = 0,268 \text{ МПа}$$

Масса бериш коэффициентни қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$\begin{aligned} \beta_z &= 0,125 \cdot (0,11 + 0,9 \cdot K^{0,66}) \cdot Re_{oz}^{-0,16} \cdot (Pr'_z)^{-0,67} = \\ &= 0,125 \cdot (0,11 + 0,9 \cdot 0,003^{0,66}) \cdot 0,86 \cdot 6200^{-0,16} \cdot 0,69^{-0,66} \cdot \left(\frac{0,3}{0,268} \right)^{0,67} = 0,0048 \text{ м/с} \end{aligned} \quad (3.53)$$

ёки

$$\beta_y = \beta_z \cdot \frac{P}{RT} = \frac{0,0048 \cdot 0,3 \cdot 10^3}{8,31 \cdot (273 + 40)} = 0,00055 \text{ кмоль / (м}^2 \cdot \text{с)}$$

Худди шундай қилиб газ чиқиш томонида масса бериш коэффициентини топамиз (ушбу коэффициент ўзгаришига газ тезлиги ва сарфининг камайиши, ҳамда инерт газлар парциал босимининг кўпайиши; газ температурасининг ўзгариши инобатга олинмайди), ва у $\beta_z = 0,0029 \text{ м/с}$ ёки $\beta_y = 0,00033 \text{ кмоль / (м}^2 \cdot \text{с)}$ га тенг.

5. Суюқ фаза масса бериш коэффициентини аниқлаш. Критерий **Re_{жс}** ва юпқа қатламнинг келтирилган қалинлиги юқорида аниқланган. Труба узунлигини $l = 3$ м деб қабул қиламиз. Критерий $Pr'_{жс}$ ни ($D_{жс} = 1,83 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$) да топамиз:

$$Pr'_{жс} = \frac{\mu_{жс}}{\rho_{жс} D_{жс}} = \frac{0,001}{1000 \cdot 1,83 \cdot 10^{-9}} = 545$$

Re_{жс} сон қиймати асосида Борисов формуласидан фойдаланамиз (4-10 жадвал):

$$Nu'_{жс} = 0,89 \cdot Re_{жс}^{0,45} \cdot (Pr'_{жс})^{0,5} \cdot \left(\frac{\theta_{прив}}{l} \right)^{0,5} = 0,89 \cdot 200^{0,45} \cdot 545^{0,5} \cdot \left(\frac{4,67 \cdot 10^{-5}}{3} \right)^{0,5} = 1,05 \quad (3.54)$$

бундан

$$\beta_{жс} = \frac{D_{жс}}{\theta_{прив}} Nu'_{жс} = \frac{1,83 \cdot 10^{-9}}{4,67 \cdot 10^{-5}} \cdot 1,05 = 0,41 \cdot 10^{-4} \text{ м / с}$$

ёки

$$\beta_x = \beta_{жс} \cdot \frac{\rho_{жс}}{M_{жс}} = \frac{0,41 \cdot 10^{-4} \cdot 1000}{18} = 0,00223 \text{ кмоль / (м}^2 \cdot \text{с)}$$

6. Масса ўтказиш коэффициентини аниқлаш. Газ кириш томонида фаза мувозанати константаси ($\theta_2 = 20^\circ \text{C}$; $x_1 = 0,105$ деб қабул қиламиз) $m_{yx} = 0,49$ га тенг, газ чиқиш томонида

($\theta_2 = 20^\circ \text{C}$) $m_{yx} = 0,26$.

Газ кириш томонида масса ўтказиш коэффициенти:

$$K_y = \frac{1}{\frac{1}{0,00055} + \frac{0,49}{0,00223}} = 0,00048 \text{ кмоль} / (\text{м}^2 \cdot \text{с})$$

газ чиқиш томонида эса:

$$K_y = \frac{1}{\frac{1}{0,00033} + \frac{0,23}{0,00223}} = 0,00032 \text{ кмоль} / (\text{м}^2 \cdot \text{с})$$

Соддалаштириш учун ҳисоблашни ўртача қиймат бўйича амалга оширамиз:

$$K_y = \frac{0,00048 + 0,00032}{2} = 0,0004 \text{ кмоль} / (\text{м}^2 \cdot \text{с})$$

Бир оз захира билан $K_y = 0,00037$ кмоль / ($\text{м}^2 \cdot \text{с}$) деб қабул қиламиз.

7. Газдан суюқликка иссиқлик бериш коэффициенти. Иссиқлик ва масса алмашилиш жараёнларининг ўхшашлиги асосида ушбу формула ёрдамида α нинг ўртача қиймати аниқланади:

$$\alpha = c_e \cdot \rho_e \cdot \beta_e = 1 \cdot 3,48 \cdot 0,00385 = 0,0134 \text{ кВт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (3.55)$$

бу ерда $c_e = 1$ кЖ/(кг·К) газнинг солиштирма иссиқлик сиғими.

Масса бериш коэффициенти β_e нинг ўртача қиймати қуйидагига тенг:

$$\beta_e = \frac{0,0048 + 0,0029}{2} = 0,00385 \text{ м/с}$$

8. Труба узунлиги бўйича концентрация ва температура ўзгариши. Совуқ сув трубалараро бўшлиққа ҳайдалади ва у газга нисбатан параллел ҳаракат қилиши таъминланади.

Шундай қилиб,

$$w = \frac{W_w \cdot c_w}{G_0} = \frac{9,8 \cdot 4,19}{0,0179} = 2300 \text{ кЖ} / (\text{кмоль} \cdot \text{К})$$

Ушбу шароитда совитиш юзаси фазалар тўқнашиш юзасига тенг, яъни $\psi = 1$. Дифференциал тенгламалардаги коэффициентларни топамиз:

$$\rho = \frac{\alpha}{c \cdot K_y} = \frac{0,0134}{29 \cdot 0,00037} = 1,25$$

$$r = \frac{\kappa \cdot \psi}{w \cdot K_y} = \frac{0,175 \cdot 1}{2300 \cdot 0,00037} = 0,206$$

Ҳамда иссиқлик балансинг ушбу кўринишидаги

$$\frac{d\vartheta}{dN} = A \frac{dY_A}{dN} + B \frac{dY_B}{dN} + P \frac{dt}{dN} + R \frac{d\theta}{dN} \quad (3.56)$$

тенглама коэффицентлари аниқлаймиз:

$$A = \frac{\Phi}{l_0 \cdot c} = \frac{34500}{5,65 \cdot 75,5} = 80,8 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3.57)$$

$$P = \frac{c'}{l_0 \cdot c} = \frac{29}{5,65 \cdot 75,5} = 0,068 \quad (3.58)$$

$$R = \frac{w}{l_0 \cdot c} = \frac{2300}{5,65 \cdot 75,5} = 5,38 \quad (3.59)$$

бу ерда газа $c' = 29$ кДж/(кмоль·К) ва суюқлик $c = 75,5$ кДж/(кмоль·К) иссиқлик сиғимлари.

Кетма-кет яқинлашиш усулида ҳисоблаб, дифференциал тенгламалар системасини интеграл тенгламаларга ўтказамиз [50]. Интеграллаш чегараси z нинг 0 дан 1 гача бўлган оралиғини 5 та участкага шундай ажратамизки, интеграллаш ўзгарувчисининг ҳар бирига нуқтасига $\Delta\zeta = 0,2$ қўшилиши керак. Y_A , Y_B , t , ва θ ларнинг ҳар нуқтадаги қиймати олдиндан қабул қилинади. Y нинг z га боғлиқлиги чизиқли; t ва θ ларни чегаравий қийматларга тенг деб тахмин қиламиз; Уларни тахминий ҳисоблашлар асосида қабул қилиш мумкин ёки тахминлар ёки исталган қийматни ихтиёрий олинади ($t^{(0)} = t_1 = 40^\circ\text{C}$ ва $\theta^{(0)} = \vartheta^{(0)} = 20^\circ\text{C}$):

$$\begin{aligned} \theta &= \theta_1 - \frac{\vartheta_1 - \vartheta - A \cdot (Y_1 - Y) - P \cdot (t_1 - t)}{R} = \\ &= 10 - \frac{\vartheta_1 - \vartheta - 80,8 \cdot (0,667 - Y) - 0,068 \cdot (40 - t)}{5,38} = \\ &= 20,5 - 0,186 \cdot (\vartheta_1 - \vartheta) - 15Y - 0,01263t \end{aligned} \quad (3.60)$$

Параметр X нинг қийматлари ушбу тенглама асосида ҳисобланади

$$X = X_2 + \frac{Y - Y_2}{l_0} = \frac{Y - 0,03}{5,65} \quad (3.61)$$

ва моль улушларга қайта ҳисоблаймиз.

Параметр Y қуйидаги тенгламалар

$$\frac{dY_A}{dN} = -(y_A - y_A^*) \quad \text{ва} \quad \frac{dt}{dN} = \rho \cdot (\vartheta - t) \quad (3.62)$$

асосида, ϑ нинг қиймати эса ушбу формулани интеграллаб олинган

$$\vartheta = \vartheta_2 + N_0 \left[A \int_z^1 (y - y_A^*) \cdot d\zeta + \int_z^1 S_b (y_B - y_B^*) d\zeta - \int_z^1 S_p (\vartheta - t) d\zeta - \int_z^1 S_r (\vartheta - \theta) d\zeta \right] \quad (3.63)$$

қуйидаги тенглама ёрдамида аниқланади [50] :

$$\begin{aligned} \mathcal{G} &= \mathcal{G}_2 - N_0 \left[-A \int_z^1 (y - y^*) \cdot d\xi + S_p \int_z^1 (\mathcal{G} - t) \cdot d\xi + S_r \int_z^1 (\mathcal{G} - \theta) \cdot d\xi \right] = \\ &= 20 + N_0 [80,8 \cdot (I_1' - I_1) - 0,085 \cdot (I_2' - I_2) - 1,11 \cdot (I_3' - I_3)] \end{aligned} \quad (3.64)$$

3-3 жадвал

Концентрация ва температуралар ўзгаришини ҳисоблаш

z	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	Эслатма
$Y^{(0)}$	0,667	0,534	0,401	0,268	0,135	0,003	-
$t^{(0)}$	40	40	40	40	40	40	-
$\mathcal{G}^{(0)}$	20	20	20	20	20	20	-
$\theta^{(0)}$ [(3.60) формула]	10	12	14	16	18	20	-
$X^{(0)}$ [(3.61) формула]	0,118	0,094	0,070	0,047	0,023	0	-
$x^{(0)} = X/(1+X)$	0,105	0,086	0,066	0,045	0,023	0	-
$y^{(0)} = Y/(1+Y)$	0,400	0,348	0,286	0,211	0,119	0,003	-
y^*	0,036	0,027	0,020	0,013	0,006	0	-
$I_1 = \int_0^z (y - y^*) d\xi$	0	0,0685	0,1272	0,1738	0,2049	0,2165	$N_0^{(0)} = \frac{0,667 - 0,003}{0,2165} = 3,06$
$I_2 = \int_0^z (\mathcal{G} - t) d\xi$	0	-4	-8	-12	-16	-20	-
$I_3 = \int_0^z (\mathcal{G} - \theta) d\xi$	0	1,8	3,2	4,2	4,8	5	-
$Y^{(1)} = 0,667 - 3,06 I_1$	0,667	0,457	0,277	0,135	0,040	0,003	-
$t^{(1)}$ [(3.65) формула]	40	36,2	32,4	28,6	24,7	20,9	$\varepsilon = 0,25$
$\mathcal{G}^{(1)}$ [(3.66) формула]	40,8	34,7	29,4	24,8	21	20	$\varepsilon = 0,5$
$\theta^{(1)}$ [(3.60) формула]	10	12	13,8	15,2	15,9	16,3	-
$Y^{(8)}$	0,667	0,323	0,125	0,040	0,012	0,003	$N_0^{(7)} = 6,1$
$t^{(8)}$	40	28,4	19,7	17	19	24,2	-
$\mathcal{G}^{(8)}$	32,8	26,7	21,4	19,2	18,7	20	-
$\theta^{(8)}$	10	14,2	16,3	17,2	17,5	17,8	-

Бу ерда 0 дан z оралиғида I_1 , I_2 ва I_3 лар орқали бўлиб, I_1' , I_2' , I_3' орқали эса 0 дан 1 оралиғида тегишли интеграллар белгиланган. Бунда

$$S_p = P_p = 0,068 \cdot 1,25 = 0,085$$

$$S_r = R_r = 5,38 \cdot 0,206 = 1,11$$

y^* нинг мувозанат қийматларини адабиётдан оламиз [50, 15-расм].

Коэффициент ε ни киритиб итерация ўтказилса, $\mathcal{G}$ ни топишда юқори аниқликка эришилади. Ушбу коэффициент t ва $\mathcal{G}$ лар яқинлашишларни топиш учун киритилади, чунки дастлабки ҳисоблашлар шуни кўрсатдики, улар маълум ораликда ўзгариб туришади. Шундай қилиб, t ва $\mathcal{G}$ лар учун $(p+1)$ - яқинлашиш ушбу формуладан ҳисобланади:

$$t^{(p+1)} = \varepsilon \cdot (40 + 1,25 N_0^{(p)} \cdot I_2) + (1 - \varepsilon) \cdot t^{(p)} \quad (3.65)$$

$$g^{(p+1)} = \varepsilon \cdot \{20 + N_0^{(p)} \cdot [80,8 \cdot (I'_1 - I_1) - 0,085 \cdot (I'_2 - I_2) - 1,11 \cdot (I'_3 - I_3)]\} + (1 - \varepsilon) \cdot g^{(p)} \quad (3.66)$$

Интегралларни ҳисоблашда трапециялар формуласидан фойдаланамиз (3-3 жавдал).

1-яқинлашишнинг ҳисоби қилиниб, ўтказиш бирлигининг сони $N_0^{(0)} = 3,06$ келтирилган. Кейинги яқинлашишлар худди шундай бажарилади. Жадвалда фақат 8-яқинлашиш натижалари берилган.

9. Тўқнашиш юзасини аниқлаш. Ҳисоблаб топилган ўтказиш бирлиги сонининг қиймати $N_0 = 6,1$ (7-кетма-кет яқинлашишдан сўнг) дан келиб чиққан ҳолатда жараёни ҳаракатга келтирувчи кучни топамиз:

$$\Delta_{cp} = \frac{Y_1 - Y_2}{N_0} = \frac{0,667 - 0,003}{6,1} = 0,109$$

Трубаларнинг зарур юзаси:

$$F = \frac{W_A}{K_y \Delta_{cp}} = \frac{0,0119}{0,00037 \cdot 0,109} = 296 \text{ м}^2$$

Бундан, труба узунлиги қуйидагига тенг бўлади:

$$l = \frac{296}{3,14 \cdot 0,032 \cdot 361} = 8,15 \text{ м}$$

Ҳар бир секцияда труба узунлиги 4,1 м бўлган икки секцияли абсорбер танлаймиз. Қабул қилинган 3 м ли труба узунлиги ҳисобланган узунликдан кам ва ҳамма ҳисоблашга таъсир қилмайди. Шундай қилиб, қабул қилинган труба узунлиги ва диаметрига мос келадиган абсорбер диаметри 1 м ни ташкил этади.

3.4. Насадкали ректификацион колонна ҳисоби

«Бензол – толуол» аралашмасини ажратиш учун насадкали ректификацион колонна ҳисоблансин.

Бошланғич маълумотлар: дистиллят бўйича унумдорлиги $\bar{G}_D = 1200 \text{ кг/ч} = 0,3333 \text{ кг/с}$; босим $P = 0,1 \text{ МПа}$; аралашмада енгил учувчан (НК) компонентнинг моляр массаси $x_f = 0,40 \text{ кмоль/кмоль}$; куб қолдиғида енгил учувчан (НК) компонентнинг моляр массаси $x_w = 0,025 \text{ кмоль/кмоль}$; дистиллятда енгил учувчан (НК) компонентнинг моляр массаси $x_d = 0,98 \text{ кмоль/кмоль}$; насадка типи - керамик Берль эгари 25 мм, тартибсиз жойланган.

Маҳсулотлар бўйича моддий баланс ҳисоби

Маҳсулотлар массавий сарфлари.

Атмосфера босимида бензолнинг қайнаш температураси $t_{нк} = 80,2^\circ\text{C}$, толуолники эса $t_{бк} = 110,8^\circ\text{C}$ [5,26]. Демак, бензол ва толуолдан таркиб топган аралашмаларда, бензол енгил учувчан (НК) компонент, толуол эса қийин енгил учувчан (БК) компонент бўлиб, аралашманинг таркиби таркибида бензол миқдори орқали ифодаланган,

Таъминлаш бўйича колонна унумдорлиги $\bar{G}_F$, кг/с,

$$\bar{G}_F = \frac{\bar{G}_D (\bar{x}_D - \bar{x}_w)}{\bar{x}_F - \bar{x}_w}, \quad (3.67)$$

бу ерда $\bar{x}_F, \bar{x}_D, \bar{x}_W$ - НК компонентнинг таъминлашда, дистиллятда ва куб қолдиғидаги массавий улушлари, кг/кг.

Таъминлаш ва ажратиш махсулотларини моляр улушлардан массавий улушларга ўтказамиз:

$$\begin{aligned}\bar{x}_F &= \frac{x_F \cdot M_{HK}}{x_F \cdot M_{HK} + (1 - x_F) \cdot M_{HK}}; \\ \bar{x}_D &= \frac{x_D \cdot M_{HK}}{x_D \cdot M_{HK} + (1 - x_D) \cdot M_{HK}}; \\ \bar{x}_W &= \frac{x_W \cdot M_{HK}}{x_W \cdot M_{HK} + (1 - x_W) \cdot M_{BK}},\end{aligned}\tag{3.68}$$

бу ерда M_{HK}, M_{BK} - НК ва ВК ларнинг моляр массаси, кг/кмоль. $M_{HK} = 78,1$ кг/кмоль; $M_{BK} = 92,1$ кг/кмоль [26,49].

$$\begin{aligned}\bar{x}_F &= \frac{0,40 \cdot 78,1}{0,40 \cdot 78,1 + (1 - 0,40) \cdot 92,1} = 0,3612 \text{ кг} / \text{кг} \\ \bar{x}_D &= \frac{0,98 \cdot 78,1}{0,98 \cdot 78,1 + (1 - 0,98) \cdot 92,1} = 0,9765 \text{ кг} / \text{кг} \\ \bar{x}_W &= \frac{0,025 \cdot 78,1}{0,025 \cdot 78,1 + (1 - 0,025) \cdot 92,1} = 0,02128 \text{ кг} / \text{кг} \\ \bar{G}_F &= \frac{0,3333 \cdot (0,9765 - 0,02128)}{0,3612 - 0,02128} = 0,9368 \text{ кг} / \text{кг}\end{aligned}$$

Куб қолдиғи бўйича колонна унумдорлиги $\bar{G}_W$, кг/с,

$$\bar{G}_W = \bar{G}_F - \bar{G}_D.\tag{3.69}$$

$$\bar{G}_W = 0,9368 - 0,3333 = 0,6035 \text{ кг/с}.$$

Таъминлаш ва ажратиш махсулотлари массавий сарфларини моляр сарфларига қуйидаги формулалар ёрдамида ўтказамиз:

таъминлаш учун $F = \frac{\bar{G}_F}{M_F};\tag{3.70}$

дистиллят учун $D = \frac{\bar{G}_D}{M_D};\tag{3.71}$

куб қолдиғи учун $W = \frac{\bar{G}_W}{M_W},\tag{3.72}$

бу ерда F, D, W - таъминлаш, дистиллят ва куб қолдиғи моляр сарфлари, кмоль/с;
Таъминлаш, дистиллят ва куб қолдиғи моляр массалари қуйидаги формулалардан аниқланади:

$$\text{таъминлаш учун} \quad M_F = M_{HK} \cdot x_F + M_{BK}(1 - x_F); \quad (3.73)$$

$$\text{дистиллят учун} \quad M_D = M_{HK} \cdot x_D + M_{BK}(1 - x_D); \quad (3.74)$$

$$\text{куб қолдиғи учун} \quad M_W = M_{HK} \cdot x_W + M_{BK}(1 - x_W). \quad (3.75)$$

M_F, M_D ва M_W - таъминлаш, дистиллят ва куб қолдиғи моляр массалари, кг/кмоль.

$$M_F = 78,1 \cdot 0,40 + 92,1 \cdot (1 - 0,40) = 86,50 \text{ кг / кмоль}$$

$$M_D = 78,1 \cdot 0,98 + 92,1 \cdot (1 - 0,98) = 78,38 \text{ кг / кмоль}$$

$$M_W = 78,1 \cdot 0,025 + 92,1 \cdot (1 - 0,025) = 91,75 \text{ кг / кмоль}$$

$$F = \frac{0,9368}{86,50} = 0,01083 \text{ кмоль / с}$$

$$D = \frac{0,3333}{78,38} = 4,253 \cdot 10^{-3} \text{ кмоль / с}$$

$$W = \frac{0,6035}{91,75} = 6,5776 \cdot 10^{-3} \text{ кмоль / с}$$

Таъминлашнинг нисбий моляр сарфи ушбу формуладан топилади:

$$f = \frac{F}{D} \quad (3.76)$$

$$f = \frac{0,01083}{4,253 \cdot 10^{-3}} = 2,547$$

Мувозанат шартлари. Келгуси ҳисоблашларда, тажриба маълумотлари асосида қурилган $x-y$ ва $t-x-y$ – мувозанат диаграммалари қўллаш зарур. Атмосфера босимидаги «бензол – толуол» аралашмаси учун мувозанат бўйича тажриба маълумотлари 3-4 жадвалда келтирилган. Жадвалда қабул қилинган белгилашлар: x ва y - суюқлик ва буғда бензолнинг моляр улуши, кмоль НК/кмоль смеси; t - температура, °С.

3-4 жадвал

**Атмосфера босимидаги «бензол – толуол» аралашмаси учун
суюқлик-буғ мувозанат бўйича маълумотлари**

$x \cdot 10^2, \frac{\text{кмоль}}{\text{кмоль}}$	0	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$y \cdot 10^2, \frac{\text{кмоль}}{\text{кмоль}}$	0	11,5	21,4	38	51,1	61,9	71,2	79	85,4	91	95,9	100
$t, ^\circ\text{C}$	110,6	108,3	106,1	102,2	98,6	95,2	92,1	89,4	86,8	84,4	82,3	80,2

Жадвалдаги маълумотлар асосида мувозанат диаграммаларини курамиз (3.4 ва 3.5-расмлар).

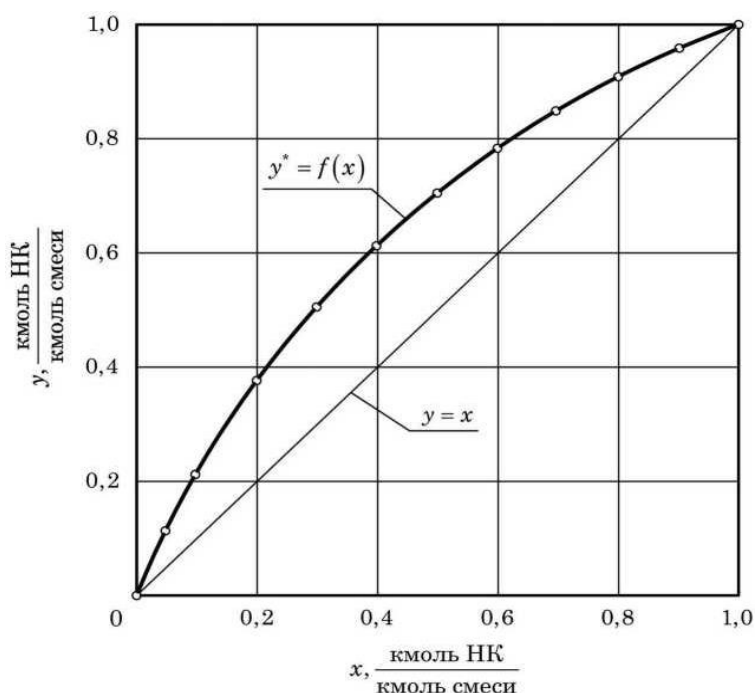
Минимал ва ишчи флегма сонларини ҳисоблаш.

Минимал ишчи флегма сони $R_{\min}$ ушбу тенгламадан аниқланади:

$$R_{\min} = \frac{x_D - y_F^*}{y_F^* - x_F}, \quad (3.77)$$

бу ерда y_F^* - таъминлаш (суюқ) билан мувозанатда бўлган буғдаги бензол моляр улуши, кмоль/кмоль.

$y_F^* = 0,619$ кмоль/кмоль қийматни график усулда топамиз (3.6-расмда C нуқтанинг ординатаси).



3.4 - расм. “Бензол-толуол” аралашмаси учун x - y мувозанат диаграммаси ($P = 0,1$ МПа).

$$R_{\min} = \frac{0,98 - 0,619}{0,619 - 0,40} = 1,648$$

x - y -диаграмма нуқта $A(x_d; y_d = x_d)$ ва $B(x_w; y_w = x_w)$ белгилаймиз. Нуқта $C(x_F; y_F^*)$ ни A ва B нуқталар билан кесмалар ёрдамида бирлаштирамиз. Ҳосил бўлган AC ва BC мувозанат чизиғи $y^* = f(x)$ ни кесиб ўтмайди, лекин тегиб ўтади ва C нуқта ҳосил қилади. Демак, $R_{\min}$ ни ҳисоблаш учун қўлланган (3.13) формула тўғри келди.

Ишчи флегма сонини ҳисоблаш. Бензол-толуол аралашмаси учун x - y -диаграммада алоҳида нуқта (азеотропа нуқта) си, букилиш нуқтаси бўлмаганлиги учун ишчи (оптимал) флегма сони R ни Джилиленднинг эмпирик тенгламаси орқали етарли аниқликда ҳисоблаш мумкин:

$$R = 1,3 \cdot R_{\min} + 0,3 = 1,3 \cdot 1,648 + 0,3 = 2,443 \quad (3.78)$$

Ишчи чизиклар ва уларни x - y диаграммада тасвирлаш.

Ишчи флегма сонида колонна **концентрловчи (юкори)** ва **ажратувчи (пастки)** қисмларининг ишчи чизиқлари куйидагига тенг:

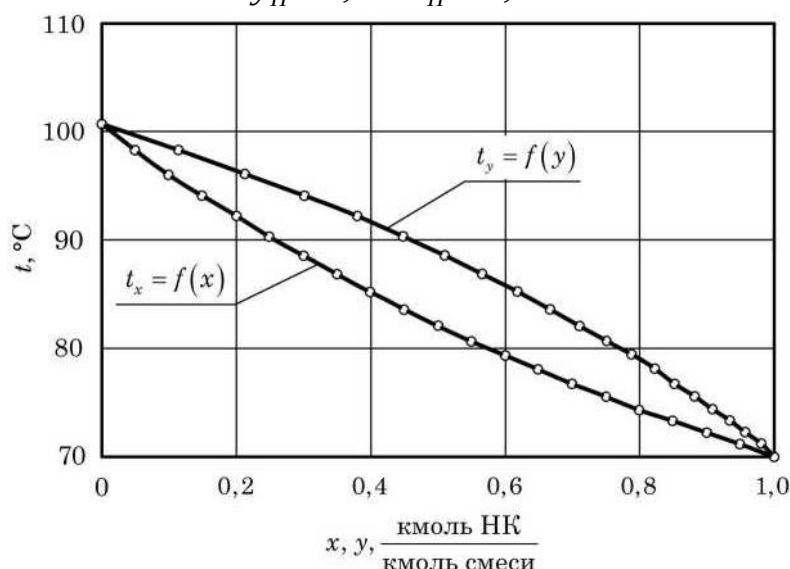
$$y_B = \frac{R}{R+1} \cdot x_B + \frac{x_D}{R+1}; \quad (3.79)$$

$$y_H = \frac{R+f}{R+1} \cdot x_H + \frac{1-f}{R+1} x_W \quad (3.80)$$

ва ушбу кўринишни олади:

$$y_B = 0,7096x_B + 0,2846 \quad (3.81)$$

$$y_H = 1,449x_H - 0,01123 \quad (3.82)$$



3.5 - расм. Бензол-толуол аралашмаси учун t - x - y мувозанат диаграммаси ($P = 0,1$ МПа).

x - y диаграммага $A(x_d; y_d = x_d)$ ва $B(x_w; y_w = x_w)$ нуқталарни белгилаймиз. Ордината y да ушбу координатлар ($x_E = 0; y_E = \frac{x_D}{R+1} = 0,2846;$) га эга E нуқтани қўямиз ва уни A нуқта

билан тўғри кесма билан бирлаштирамиз.

Кесма EA га x_f қийматдан чизик ўтказамиз ва ишчи флегма сонида ишчи чизик билан кесишиш нуқтаси C ни топамиз. AC тўғри чизик колонна **концентрловчи** қисмининг, BC эса – **ажратувчи** қисмининг ишчи чизиғи.

3.7-расмда ишчи флегма сонида ишчи чизикли x - y диаграмма тасвирланган.

Колоннанинг концентрловчи ва ажратувчи қисмларида суюқлик ва бугнинг ўртача параметрларини топиш.

Колоннанинг концентрловчи ва ажратувчи қисмларида суюқлик ўртача таркибларини ҳисоблаш.

Колоннанинг концентрловчи ($x_{вс}$, кмоль/кмоль) ва ажратувчи ($x_{нс}$, кмоль/кмоль) қисмларида суюқликда НК нинг ўртача моляр улушларини куйидаги формулалардан аниқлаймиз:

$$x_{вс} = 0,5 \cdot (x_F + x_D) \quad (3.83)$$

$$x_{нс} = 0,5 \cdot (x_W + x_F) \quad (3.84)$$

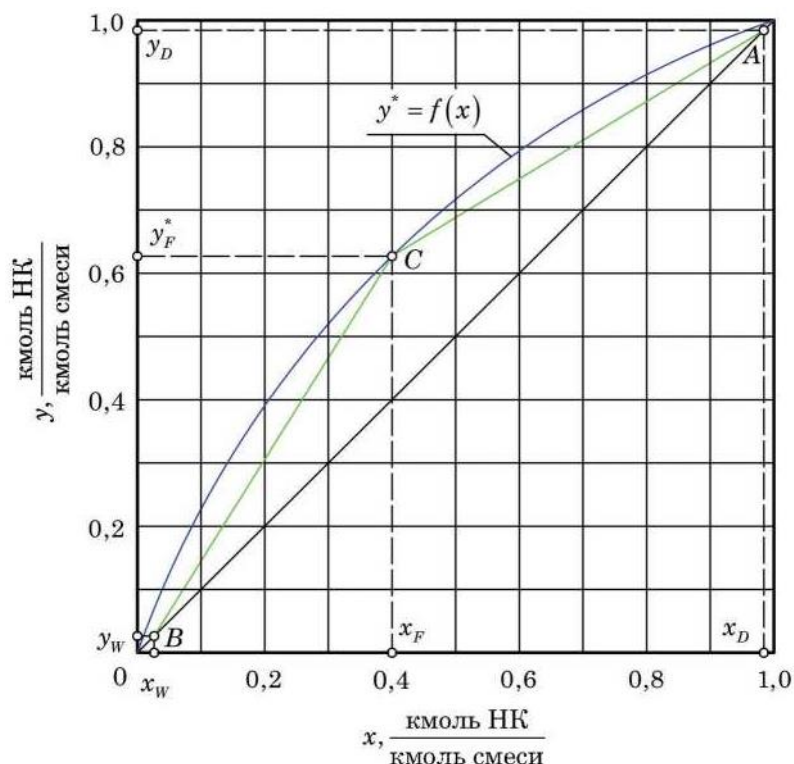
$$x_{\text{вс}} = 0.5 \cdot (0.40 + 0.98) = 0.6900 \text{ кмоль / кмоль};$$

$$x_{\text{нс}} = 0.5 \cdot (0.025 + 0.40) = 0.2125 \text{ кмоль / кмоль}$$

Колоннанинг концентрловчи қисмида бугда НК нинг ўртача моль улуши ($y_{\text{вс}}$, кмоль/кмоль) ни ва ажратувчи қисмида ўртача моль улуш ($y_{\text{нс}}$, кмоль/кмоль) ларини қуйидаги формулалардан аниқлаймиз:

$$y_{\text{вс}} = \frac{R}{R+1} \cdot x_{\text{вс}} + \frac{x_D}{R+1} \quad (3.85)$$

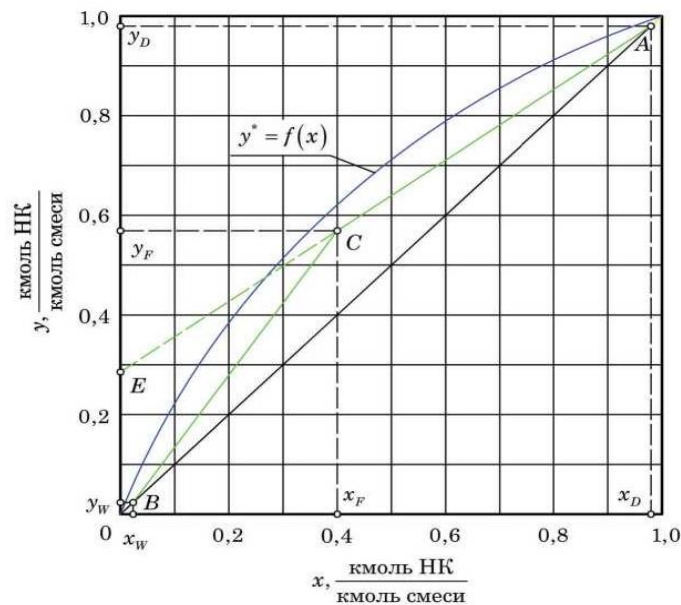
$$y_{\text{нс}} = \frac{R+f}{R+1} \cdot x_{\text{нс}} + \frac{1-f}{R+1} \cdot x_W. \quad (3.86)$$



3.6–расм. $R_{\min}$ ни аниқлашга оид.

$$y_{\text{вс}} = \frac{2.443}{2.443+1} \cdot 0.6900 + \frac{0.98}{2.443+1} = 0.7742 \text{ кмоль / кмоль}$$

$$y_{\text{нс}} = \frac{2.443+2.547}{2.443+1} \cdot 0.2125 + \frac{1-2.547}{2.443+1} \cdot 0.025 = 0.2967 \text{ кмоль / кмоль}$$



3.7-расм. Ишчи флегма сони $R = 2,443$ да жараённинг ишчи чизиғи.

Колонна **концентрловчи** қисмидаги суюқликнинг ўртача моляр массаси $M_{хв}$ ушбу формуладан аниқланади:

$$M_{хв} = M_{нк} \cdot x_{вс} + M_{ок} (1 - x_{вс}) \quad (3.87)$$

$$M_{хв} = 78,1 \cdot 0,6900 + 92,1 \cdot (1 - 0,6900) = 82,44 \text{ кг / кмоль}$$

Колонна **ажратувчи** қисмидаги суюқликнинг ўртача моляр массаси $M_{хн}$ ушбу формуладан аниқланади:

$$M_{хн} = M_{нк} \cdot x_{нс} + M_{ок} (1 - x_{нс}) \quad (3.88)$$

$$M_{хн} = 78,1 \cdot 0,2125 + 92,1 \cdot (1 - 0,2125) = 89,13 \text{ кг / кмоль}$$

Колонна **концентрловчи** қисмидаги буғнинг ўртача моляр массаси $M_{ув}$ ушбу формуладан аниқланади:

$$M_{ув} = M_{нк} \cdot y_{вс} + M_{ок} (1 - y_{вс}) \quad (4.23)$$

$$M_{ув} = 78,1 \cdot 0,7742 + 92,1 \cdot (1 - 0,7742) = 81,26 \text{ кг / кмоль}$$

Колонна **ажратувчи** қисмидаги буғнинг ўртача моляр массаси $M_{ун}$ ушбу формуладан аниқланади:

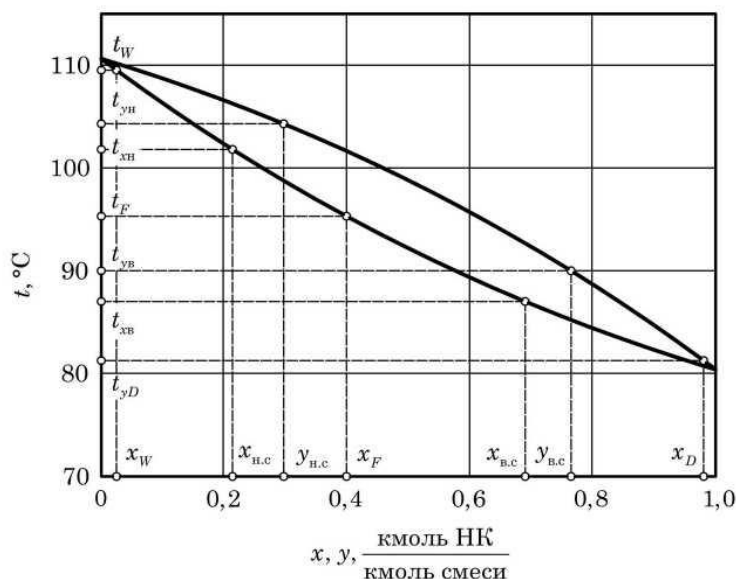
$$M_{ун} = M_{нк} \cdot y_{нс} + M_{ок} (1 - y_{нс}) \quad (3.89)$$

$$M_{ув} = 78,1 \cdot 0,2967 + 92,1 \cdot (1 - 0,2967) = 87,95 \text{ кг / кмоль}$$

Суюқлик ва буғ температураларини аниқлаш.

3.8-расмда фазалар температураларини топишга зарур параметрлар t - x - y диаграммага қурилган. Натижада қуйидаги натижалар олинди:

- колоннага узатилаётган суюқлик температураси, $t_f = 95,2^\circ\text{C}$;
- колоннадан чиқаётган куб қолдиғининг температураси, $t_w = 109,4^\circ\text{C}$;
- колоннадан чиқаётган флегма буғи ва дистиллятнинг температураси, $t_{yd} = 81,29^\circ\text{C}$;
- дефлегматордан чиқаётган суюқ флегма ва дистиллят температураси, $t_{xd} = t_{yd} = 81,29^\circ\text{C}$;
- колонна **концентрловчи** қисмидаги суюқликнинг ўртача температураси $t_{xb} = 87,05^\circ\text{C}$;
- колонна **ажратувчи** қисмидаги суюқликнинг ўртача температураси $t_{xn} = 101,7^\circ\text{C}$;
- колонна **концентрловчи** қисмидаги буғнинг ўртача температураси, $t_{yb} = 89,98^\circ\text{C}$;
- колонна **ажратувчи** қисмидаги буғнинг ўртача температураси $t_{yn} = 104,2^\circ\text{C}$.



3.8 - расм. t - x - y диаграммада суюқлик ва буғнинг температураларини аниқлаш.
Суюқлик оқимининг зичлиги ρ_i ($\text{кг}/\text{м}^3$) ушбу формуладан топилади:

$$\rho_i = \frac{1}{\frac{\bar{x}_i}{\rho_{\text{НК}}} + \frac{1 - \bar{x}_i}{\rho_{\text{ВК}}}}, \quad (3.90)$$

бу ерда $\bar{x}_i$ - i -оқимда НК нинг массавий улуши, $\text{кг}/\text{кг}$; $\rho_{\text{НК}}$ ва $\rho_{\text{ВК}}$ – оқим температурасида суюқ НК ва ВК ларнинг зичлиги, $\text{кг}/\text{м}^3$.

$t_w = 109,4^\circ\text{C}$ температуре суюқ НК ва ВК ларнинг зичликлари (И1-жадвал):

$$\begin{aligned} \rho_{\text{НК}} &= 781,9 \text{ кг}/\text{м}^3; \\ \rho_{\text{ВК}} &= 778,0 \text{ кг}/\text{м}^3. \end{aligned}$$

$\bar{x}_w = 0,02128 \text{ кг}/\text{кг}$ да суюқ куб қолдиғининг зичлиги ρ_w , ($\text{кг}/\text{м}^3$)

$$\rho_w = \frac{1}{\frac{0,02128}{781,9} + \frac{1 - 0,02128}{778,0}} = 778,1 \text{ кг}/\text{м}^3$$

$t_f = 95,2^\circ\text{C}$ температурада суюқ НК ва ВК ларнинг зичликлари (И1-жадвал):

$$\begin{aligned} \rho_{\text{НК}} &= 798,4 \text{ кг}/\text{м}^3; \\ \rho_{\text{ВК}} &= 792,9 \text{ кг}/\text{м}^3. \end{aligned}$$

$\bar{x}_f = 0,56$ кг/кг да суюқ куб қолдифининг зичлиги ρ_w , (кг/м³)

$$\rho_f = \frac{1}{\frac{0,3612}{798,4} + \frac{1-0,3612}{792,9}} = 794,9 \text{ кг/м}^3$$

$t_d = 81,29^\circ\text{C}$ температурада суюқ НК ва ВК ларнинг зичликлари (И1-жадвал):

$$\rho_{нк} = 814,3 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{вк} = 807,4 \text{ кг/м}^3.$$

$\bar{x}_d = 0,98$ кг/кг да суюқ дистиллятнинг зичлиги ρ_w , (кг/м³)

$$\rho_d = \frac{1}{\frac{0,9765}{814,3} + \frac{1-0,9765}{807,4}} = 814,2 \text{ кг/м}^3$$

Колонна **концентрловчи** ва **ажратувчи** қисмларида ўртача таркибли суюқликда НК нинг массавий улушлари ($\bar{x}_{B,C}$ ва $\bar{x}_{H,C}$, кг/кг) :

$$\bar{x}_{вс} = \frac{x_{вс} \cdot M_{нк}}{M_{нк} \cdot x_{вс} + M_{вк} \cdot (1 - x_{вс})}. \quad (3.91)$$

$$\bar{x}_{нс} = \frac{x_{нс} \cdot M_{нк}}{M_{нк} \cdot x_{нс} + M_{вк} \cdot (1 - x_{нс})}. \quad (3.92)$$

$$\bar{x}_{вс} = \frac{0,6900 \cdot 78,1}{78,1 \cdot 0,6900 + 92,1 \cdot (1 - 0,6900)} = 0,6537 \text{ кг/кг}$$

$$\bar{x}_{нс} = \frac{0,2125 \cdot 78,1}{78,1 \cdot 0,2125 + 92,1 \cdot (1 - 0,2125)} = 0,1862 \text{ кг/кг}$$

$t_{xв} = 87,05^\circ\text{C}$ температурада суюқ НК ва ВК ларнинг зичликлари (И1-жадвал):

$$\rho_{нк} = 807,4 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{вк} = 801,0 \text{ кг/м}^3$$

Колонна **концентрловчи** қисмида ўртача таркибли суюқлик зичлиги $\rho_{хв}$ ушбу формуладан топилади:

$$\rho_{хв} = \frac{1}{\frac{0,6537}{807,4} + \frac{1-0,6537}{801,0}} = 805,2 \text{ кг/м}^3$$

$t_{хн} = 101,7^\circ\text{C}$ температурада суюқ НК ва ВК ларнинг зичликлари (И1-жадвал):

$$\rho_{нк} = 791,0 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{\text{вк}} = 786,2 \text{ кг/м}^3$$

Колонна **ажратувчи** қисмида ўртача таркибли суюқлик зичлиги $\rho_{\text{хн}}$ ушбу формуладан топилади:

$$\rho_{\text{хн}} = \frac{1}{\frac{0,1862}{791,0} + \frac{1-0,1862}{786,2}} = 787,1 \text{ кг/м}^3$$

Колонна дефлегматоридан чиқишда флегма буғи ва дистиллят зичликлари ρ_{yd} (кг/м³) қуйидагича топилади:

$$\rho_{\text{yd}} = \frac{M_d}{22,4} \cdot \frac{273}{t_{\text{yd}} + 273} \cdot \frac{P}{P_0}$$

бу ерда P_0 - нормал барометрик босим, Па.
Нормал барометрик босим $P_0 = 1,013 \cdot 10^5$ Па.

$$\rho_{\text{yd}} = \frac{78,38}{22,4} \cdot \frac{273}{81,29 + 273} \cdot \frac{1 \cdot 10^5}{1,013 \cdot 10^5} = 2,662 \text{ кг/м}^3$$

Колонна **концентрловчи** қисмида ўртача таркибли буғлар зичлиги ρ_{yg} (кг/м³) ушбу формулада ҳисоблаймиз:

$$\rho_{\text{yg}} = \frac{M_{\text{yg}}}{22,4} \cdot \frac{273}{t_{\text{yg}} + 273} \cdot \frac{P}{P_0}$$

$$\rho_{\text{yg}} = \frac{81,26}{22,4} \cdot \frac{273}{89,98 + 273} \cdot \frac{1 \cdot 10^5}{1,013 \cdot 10^5} = 2,694 \text{ кг/м}^3$$

Колонна **ажратувчи** қисмида ўртача таркибли буғлар зичлиги ρ_{yh} (кг/м³) ушбу формулада ҳисоблаймиз:

$$\rho_{\text{yh}} = \frac{M_{\text{yh}}}{22,4} \cdot \frac{273}{t_{\text{yh}} + 273} \cdot \frac{P}{P_0} \quad (3.93)$$

$$\rho_{\text{yh}} = \frac{87,95}{22,4} \cdot \frac{273}{104,2 + 273} \cdot \frac{1 \cdot 10^5}{1,013 \cdot 10^5} = 2,805 \text{ кг/м}^3$$

Суюқлик ва буғларнинг массавий сарфларини ҳисоблаш.

Флегманинг массавий сарфи $\bar{G}_R$ ушбу формуладан топилади:

$$\bar{G}_R = \bar{G}_D \cdot R \quad (3.94)$$

$$\bar{G}_R = 0,3333 \cdot 2,443 = 0,8143 \text{ кг/м}^3$$

Колонна **концентрловчи** ва **ажратувчи** қисмларида суюқликнинг ўртача массавий

сарфлари ($\bar{G}_{xв}$ и $\bar{G}_{xн}$, кг/с) ушбу формуладан аниқланади:

$$\bar{G}_{xв} = M_{xв} \cdot DR \quad (3.95)$$

$$\bar{G}_{xн} = M_{xн} \cdot D(R + f) \quad (3.96)$$

$$\bar{G}_{xв} = 82,44 \cdot 4,253 \cdot 10^{-3} \cdot 2,443 = 0,8565 \text{ кг/с}$$

$$\bar{G}_{xн} = 89,13 \cdot 4,253 \cdot 10^{-3} \cdot (2,443 + 2,547) = 1,891 \text{ кг/с}$$

Колоннадан чиқаётган флегма ва дистиллят буғларининг массавий сарфи $\bar{G}$ ни қуйидаги тенгламадан топамиз:

$$\bar{G} = \bar{G}_R + \bar{G}_D \quad (3.97)$$

$$\bar{G} = 0,8143 + 0,3333 = 1,148 \text{ кг/с}$$

Колонна **концентрловчи ва ажратувчи** қисмларида буғнинг ўртача массавий сарфлари ($\bar{G}_{yв}$ и $\bar{G}_{yн}$, кг/с) ушбу формуладан аниқланади:

$$\bar{G}_{yв} = M_{yв} \cdot D(R + 1) \quad (3.98)$$

$$\bar{G}_{yн} = M_{yн} \cdot D(R + 1) \quad (3.99)$$

$$\bar{G}_{yв} = 81,26 \cdot 4,253 \cdot 10^{-3} \cdot (2,443 + 1) = 1,190 \text{ кг/с}$$

$$\bar{G}_{yн} = 87,95 \cdot 4,253 \cdot 10^{-3} \cdot (2,443 + 1) = 1,288 \text{ кг/с}$$

Суюқлик ва буғнинг ҳажмий сарфи ҳисоблаш.

Ишчи шароитда флегма ва дистиллят буғларининг массавий сарфи қуйидаги тенгламадан топилади:

$$V_G = \frac{\bar{G}_R}{\rho_{yd}} \quad (3.100)$$

$$V_G = \frac{0,8143}{2,662} = 0,3059 \text{ м}^3/\text{с}$$

Колонна **концентрловчи ва ажратувчи** қисмларида буғнинг ўртача ҳажмий сарфлари ($\bar{V}_{yв}$ и $\bar{V}_{yн}$, кг/с) ушбу формуладан аниқланади:

$$V_{yв} = \frac{\bar{G}_{yв}}{\rho_{yв}} \quad (3.101)$$

$$V_{yH} = \frac{\bar{G}_{yH}}{\rho_{yH}} \quad (3.102)$$

$$V_{y\theta} = \frac{1,190}{2,694} = 0,4417 \text{ м}^3 / \text{с}$$

$$V_{yH} = \frac{1,288}{2,805} = 0,4590 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Сууюқлик агрегат ҳолатидаги таъминлаш, дистиллят ва куб қолдиқларининг ҳажмий сарфлари V_F , V_D ва V_W ушбу формулалардан топилади:

$$V_F = \frac{\bar{G}_F}{\rho_F} \quad (3.103)$$

$$V_D = \frac{\bar{G}_D}{\rho_D} \quad (3.104)$$

$$V_W = \frac{\bar{G}_W}{\rho_W} \quad (3.105)$$

$$V_F = \frac{0,9368}{794,9} = 1,179 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с}$$

$$V_D = \frac{0,3333}{814,2} = 4,094 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 / \text{с}$$

$$V_F = \frac{0,6035}{778,1} = 7,756 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 / \text{с}$$

Флегманинг ҳажмий сарфи:

$$V_R = \frac{\bar{G}_R}{\rho_D} \quad (3.106)$$

$$V_R = \frac{0,8143}{814,2} = 1,000 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с}$$

Колонна **концентрловчи ва ажратувчи** қисмларида сууюқликнинг ўртача ҳажмий сарфлари ($\bar{V}_{x\theta}$ и $\bar{V}_{xH}$, кг/с) ушбу формуладан аниқланади:

$$V_{x\theta} = \frac{\bar{G}_{x\theta}}{\rho_{x\theta}} \quad (3.107)$$

$$V_{xH} = \frac{\bar{G}_{xH}}{\rho_{xH}} \quad (3.108)$$

$$V_{x\phi} = \frac{0,8565}{805,2} = 1,064 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с}$$

$$V_{xH} = \frac{1,891}{787,1} = 2,403 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с}$$

Суюқликларнинг динамик қовушқоқлигини ҳисоблаш.

Колонна **концентрловчи ва ажратувчи** қисмларида суюқликнинг ўртача динамик қовушқоқлик коэффициенти ($\mu_{x\phi}$ ва μ_{xH} , Па·с) ушбу формулада ҳисобланади:

$$\mu_{x\phi} = 10^{x_{\phi c} \cdot \lg \mu_{HK,\phi} + (1-x_{\phi c}) \cdot \lg \mu_{BK,\phi}} \quad (3.109)$$

$$\mu_{xH} = 10^{x_{Hc} \cdot \lg \mu_{HK,H} + (1-x_{Hc}) \cdot \lg \mu_{BK,H}} \quad (3.110)$$

бу ерда $\mu_{HK,\phi}$ ва $\mu_{BK,\phi}$ - $t_{x\phi}$ температурада суюқ НК ва ВК ларнинг динамик қовушқоқлик коэффициентлари, Па·с; $\mu_{HK,H}$ ва $\mu_{BK,H}$ - t_{xH} температурада суюқ НК ва ВК ларнинг динамик қовушқоқлик коэффициентлари, Па·с;
 $t_{x\phi} = 87,05^\circ\text{C}$ температурада суюқ НК ва ВК динамик қовушқоқлик коэффициенти (И12-жадвал):

$$\mu_{HK,\phi} = 2,947 \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с};$$

$$\mu_{BK,\phi} = 3,008 \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\mu_{x\phi} = 10^{0,6900 \cdot \lg(2,947 \cdot 10^{-4}) + (1-0,6900) \cdot \lg(3,008 \cdot 10^{-4})} = 2,966 \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$t_{xH} = 101,7^\circ\text{C}$ температурада суюқ НК ва ВК динамик қовушқоқлик коэффициенти (И12-жадвал):

$$\mu_{HK,H} = 2,569 \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с};$$

$$\mu_{BK,H} = 2,673 \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с};$$

$$\mu_{xH} = 10^{0,2125 \cdot \lg(2,569 \cdot 10^{-4}) + (1-0,2125) \cdot \lg(2,673 \cdot 10^{-4})} = 2,650 \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Буғларнинг динамик қовушқоқлигини ҳисоблаш.

Колонна **концентрловчи ва ажратувчи** қисмларида буғларнинг ўртача динамик қовушқоқлик коэффициенти ($\mu_{y\phi}$ ва μ_{yH} , Па·с) ушбу формулада ҳисобланади:

$$\mu_{y\phi} = \frac{M_{y\phi}}{\frac{y_{\phi c} \cdot M_{HK}}{\mu'_{HK,\phi}} + \frac{(1-y_{\phi c}) \cdot M_{BK}}{\mu'_{BK,\phi}}} \quad (3.111)$$

$$\mu_{yn} = \frac{M_{yn}}{\frac{y_{nc} \cdot M_{нк}}{\mu'_{нкн}} + \frac{(1-y_{nc}) \cdot M_{вк}}{\mu'_{вкн}}} \quad (3.112)$$

бу ерда $\mu'_{нкв}$ ва $\mu'_{вкв}$ - t_{yv} температурада буг НК ва ВК ларнинг динамик қовушқоқлик коэффициентлари, Па·с; $\mu'_{нкн}$ ва $\mu'_{вкн}$ - t_{yn} температурада буг НК ва ВК ларнинг динамик қовушқоқлик коэффициентлари, Па·с.
 $t_{yv}=89,98^{\circ}\text{C}$ температурада буг НК ва ВК динамик қовушқоқлик коэффициенти (И12-жадвал):

$$\mu'_{нкв} = 8,922 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\mu'_{вкв} = 8,685 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\mu_{yv} = \frac{81,26}{\frac{0,7742 \cdot 78,1}{8,922 \cdot 10^{-6}} + \frac{(1-0,7742) \cdot 92,1}{8,685 \cdot 10^{-6}}} = 8,860 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$t_{yn}=104,2^{\circ}\text{C}$ температурада буг НК ва ВК динамик қовушқоқлик коэффициенти (И12-жадвал):

$$\mu'_{нкн} = 9,319 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с};$$

$$\mu'_{вкн} = 8,990 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

$$\mu_{yn} = \frac{87,95}{\frac{0,2967 \cdot 78,1}{9,319 \cdot 10^{-6}} + \frac{(1-0,2967) \cdot 92,1}{8,990 \cdot 10^{-6}}} = 9,074 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Ректификацион колоннада бугнинг ишчи тезлигини ва диаметрини ҳисоблаш.

Ректификацион колонна **концентрловчи ва ажратувчи** қисмларининг диаметрлари D_{pv} ва D_{pn} қуйидаги формулада аниқланади:

$$D_{pv} = \sqrt{\frac{4V_{yn}}{\pi w_{pv}}} \quad (3.113)$$

$$D_{pn} = \sqrt{\frac{4V_{yn}}{\pi w_{pn}}}$$

бу ерда w_{pv} ва w_{pn} - колонна **концентрловчи ва ажратувчи** қисмларида буг фаза ишчи тезлиги, м/с.

Насадкали тартибсиз жойланган ректификацион колонналар учун ишчи тезликни текилиб қолиш тезлигининг 50...80% миқдорида қабул қилиш мақсадга мувофиқ [*].

Текилиб қолиш тезлигини ҳисоблаш.

Колонна **концентрловчи ва ажратувчи** қисмларидаги тезликларни w_{zv} ва w_{zn} ушбу тенгламадан топамиз:

$$\lg \left[\frac{w_{zv}^2 \cdot \alpha \rho_{yv}}{g \varepsilon^3 \cdot \rho_{xn}} \cdot (1000 \mu_{xv})^{0,16} \right] = A - 1,75 \cdot \left(\frac{\bar{G}_{xv}}{\bar{G}_{yv}} \right)^{0,25} \left(\frac{P_{yv}}{P_{xv}} \right)^{0,125} \quad (3.114)$$

$$\lg \left[\frac{w_{3H}^2 \cdot a \rho_{yH}}{g \varepsilon^3 \cdot \rho_{xH}} \cdot (1000 \mu_{xH})^{0,16} \right] = A - 1,75 \cdot \left(\frac{\bar{G}_{xH}}{\bar{G}_{yH}} \right)^{0,25} \left(\frac{P_{yH}}{P_{xH}} \right)^{0,125} \quad (3.115)$$

бу ерда a – насадкa солиштирма юзаси, м²/м³; g – эркин тушиш тезланиши, м/с²; ε – насадкa ғоваклилиги, м³/м³; A – коэффициент.

(3.52) ва (3.53) формулаларни ҳисоблашлар учун қулай кўринишда ёзиб оламиз:

$$w_{3B} = \sqrt{\frac{10^{A1_B}}{B \cdot 1_B}}; \quad (3.116)$$

$$w_{3H} = \sqrt{\frac{10^{A1_H}}{B \cdot 1_H}} \quad (3.117)$$

бу ерда $A1_B = A - 1,75 \cdot \left(\frac{\bar{G}_{xB}}{\bar{G}_{yB}} \right)^{0,25} \cdot \left(\frac{\rho_{xB}}{\rho_{yB}} \right)^{0,125}$

$$B1_B = \frac{a \cdot \rho_{yB}}{g \cdot \varepsilon^3 \cdot \rho_{xB}} \cdot (1000 \cdot \mu_{xB})^{0,16}$$

$$A1_H = A - 1,75 \cdot \left(\frac{\bar{G}_{xH}}{\bar{G}_{yH}} \right)^{0,25} \cdot \left(\frac{\rho_{yH}}{\rho_{xH}} \right)^{0,125}$$

$$B1_H = \frac{a \cdot \rho_{yH}}{g \cdot \varepsilon^3 \cdot \rho_{xH}} \cdot (1000 \cdot \mu_{xH})^{0,16}$$

Тартибсиз жойланган керамик Бёрль эгари (25 мм ли) дан таркиб топган насадкa катлами учун [И58-жадвал]:

$a = 260$ м²/м³ – солиштирма юза;

$\varepsilon = 0,69$ м³/м³ – ғоваклилик;

$A = -0,125$ – коэффициент ;

$g = 9,81$ м/с² – эркин тушиш тезланиши.

$$B1_B = \frac{260 \cdot 2,694}{9,81 \cdot 0,69^3 \cdot 805,2} \cdot (1000 \cdot 2,966 \cdot 10^{-4})^{0,16} = 0,2222$$

$$w_{3B} = \sqrt{\frac{10^{-0,9155}}{0,2222}} = 0,7394 \text{ м/с}$$

$$A1_H = -0,125 - 1,75 \cdot \left(\frac{1,891}{1,288} \right)^{0,25} \cdot \left(\frac{2,805}{787,1} \right)^{0,125} = -1,077$$

$$B1_H = \frac{260 \cdot 2,805}{9,81 \cdot 0,69^3 \cdot 787,1} \cdot (1000 \cdot 2,650 \cdot 10^{-4})^{0,16} = 0,2325$$

$$w_{3H} = \sqrt{\frac{10^{-1,077}}{0,2325}} = 0,6000 \text{ м/с}$$

Буг фазасининг ҳисобланган ишчи тезликлари.

Буг фазасининг ишчи тезликлари тиқилиб қолиш тезлигининг 70% миқдрида қабул қилинади:

$$W_{pv} = 0,70 \cdot 0,7394 = 0,5176 \text{ м/с}$$

$$W_{pn} = 0,70 \cdot 0,6000 = 0,4200 \text{ м/с}$$

Қурилманинг ҳисобланган ва стандарт диаметрлари.

Колонна **концентрловчи** қисмининг ҳисобланган диаметри.

$$D_{pv} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,4417}{3,14 \cdot 0,5176}} = 1,042 \text{ м}$$

Колонна **ажратувчи** қисмининг ҳисобланган диаметри.

$$D_{pn} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,4590}{3,14 \cdot 0,4200}} = 1,180 \text{ м}$$

Аниқланган диаметрлар фарқи катта эмас, яъни $D_{pn} - D_{pv} = 0,137 < 0,2 \text{ м}$, шунинг учун ҳисобланган диаметр сифатида катта диаметрни қабул қиламиз $D_p = D_{pn} = 1,180 \text{ м}$.

Колоннанинг ҳақиқий диаметрини стандарт қатордан $D_k = 1,2 \text{ м}$ деб қабул қиламиз [4-6].

Колоннада бугнинг ҳақиқий тезлиги.

Колонна **концентрловчи** ва **ажратувчи** қисмларидаги буг тезликларни w_{pv} ва w_{pn} ушбу тенгламадан ҳисоблаймиз:

$$w_{pv} = \frac{4V_{pv}}{\pi D_k^2} \quad (3.118)$$

$$w_{pn} = \frac{4V_{pn}}{\pi D_k^2} \quad (3.119)$$

$$w_{pv} = \frac{4 \cdot 0,4417}{3,14 \cdot 1,2^2} = 0,3905 \text{ м/с}$$

$$w_{pn} = \frac{4 \cdot 0,4590}{3,14 \cdot 1,2^2} = 0,4059 \text{ м/с}$$

Ректификацион колонна баландлигини ҳисоблаш.

Колоннанинг контакт қисмининг баландлиги назарий тарелкалар сонини ва насадка қатламининг баландлиги (битта назарий тарелкага тенг) орқали ҳисобланади.

Колоннанинг концентрловчи ва ажратувчи қисмларида назарий тарелкалар сонини ҳисоблаш.

Колонна **концентрловчи** ва **ажратувчи** қисмларидаги назарий тарелкалар сони N_{tv} ва N_{tn} Мак-Кэб и Тиле усулларида фойдаланиб аниқлаймиз (3.9-расмда **х-у** диаграммада

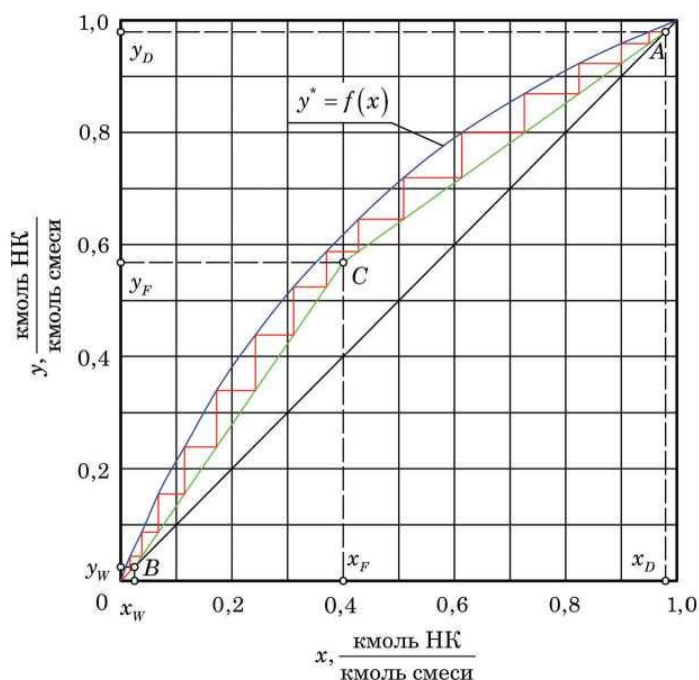
келтирилган). Колонна **концентрловчи** қисмидаги назарий тарелкалар сони $N_{ТВ} = 7,46$ дона, **ажратувчи** қисмидаги назарий тарелкалар сони $N_{ТН} = 6,65$ дона.

Колонна концентрловчи ва ажратувчи қисмларидаги битта назарий тарелкага тенг насадка қатламининг баландлигини ҳисоблаш.

Битта назарий тарелкага тенг Бёрль эгаридан ташкил топган қатлам баландлигини ҳисоблаш учун даставвал ушбу параметрни Рашиг халқаларидан иборат насадка қатлами учун топамиз.

Ректификацион колоннанинг **концентрловчи** ва **ажратувчи** қисмлари учун диаметри 25 мм ли Рашиг халқаларидан иборат насадка қатламининг баландликлари $h_{эвр}$ ва $h_{эпр}$ проф.Кафаров В.В. формуласи ёрдамида топиш мумкин:

$$h_{эвр} = 28 \cdot \frac{\varepsilon_p}{a_p} \cdot \left(\frac{w_{YB} \cdot P_{YB}}{\mu_{YB} \cdot a} \right)^{0,2} \cdot \left(\frac{R+1}{R} \right)^{0,342} \cdot \left(\frac{\rho_{XB}}{\rho_{YB}} \right)^{0,19} \cdot \left(\frac{\mu_{YB}}{\mu_{XB}} \right)^{0,038} \cdot \lg \left[\frac{R}{(R+1) \cdot m_B} \right] \times \left(\frac{R+1}{R} \right) \cdot \frac{R}{R - m_B(R+1)}; \quad (3.120)$$



3.9 – расм. Колоннанинг концентрловчи ва ажратувчи қисмларида назарий тарелкалар сонини аниқлашга оид.

$$h_{эпр} = 28 \cdot \frac{\varepsilon_p}{a_p} \cdot \left(\frac{w_{yn} \cdot P_{yn}}{\mu_{yn} \cdot a} \right)^{0,2} \cdot \left(\frac{R+1}{R+f} \right)^{0,342} \cdot \left(\frac{\rho_{xn}}{\rho_{yn}} \right)^{0,19} \cdot \left(\frac{\mu_{yn}}{\mu_{xn}} \right)^{0,038} \cdot \lg \left[\frac{R+f}{(R+1) \cdot m_n} \right] \times \left(\frac{R+f}{R+f - m_n(R+1)} \right), \quad (3.121)$$

бу ерда m_v ва m_n – колоннанинг **концентрловчи** ва **ажратувчи** қисмлари учун фазалар бўйича тарқалиш коэффициентининг ўртача қийматлари; a_p – насадка солиштирма юзаси (керамик Рашиг халқалари, диаметри 25 мм), m^2/m^3 ; ε_p – насадка ғоваклилиги (керамик Рашиг халқалари, диаметри 25 мм), m^3/m^3 .

Диаметри 25 мм керамик Рашиг халқалари учун $a_p = 200 m^2/m^3$, $\varepsilon_p = 0,74 m^3/m^3$ [И58-жадвал]. m_v ва m_n ларнинг қийматлари график аналитик усул билан, яъни тўғри бурчакли учбурчак гипотенузларини қуриш йўли орқали топилади [12,26].

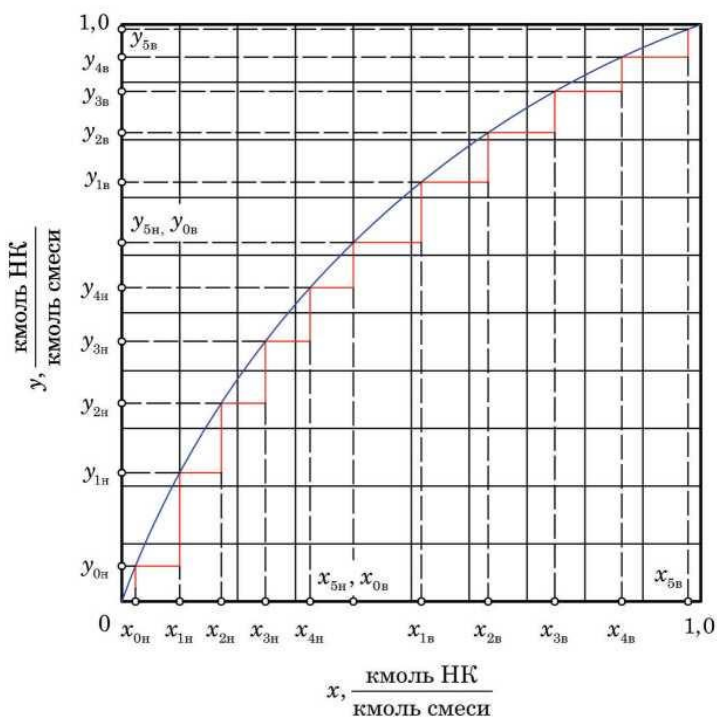
m_v ни ҳисоблаш учун x_f дан x_d гача бўлган суяқликдаги НК қийматларининг оралиғини $n = 5$ та тенг кесмаларга бўламиз, ҳар бир кесма узунлиги $\delta_{xv} = 0,116$ кмоль/кмоль.

x - y диаграммадан олинган $x_{0в} = x_f, x_{1в}, x_{2в}, x_{3в}, x_{4в}, x_{5в} = x_d$ қийматлардан, ҳамда унда чизилган мувозанат чизиғидан фойдаланиб, тегишли $y_{0в} = y_F^*, y_{1в}, y_{2в}, y_{3в}, y_{4в}, y_{5в}$ қийматларни аниқлаймиз (3.10-рasm ва 3-5 жадвал).

3-5 жадвал

те ўртача қийматини ҳисоблашга оид

$x_i, \frac{\text{кмоль}}{\text{кмоль}}$	$y_i, \frac{\text{кмоль}}{\text{кмоль}}$
0,400	0,6190
0,516	0,7255
0,632	0,8117
0,748	0,8817
0,864	0,9422
0,98	0,9925



3.10–рasm. Колоннанинг концентрловчи и ажратувчи қисмлари учун фазалар бўйича тарқалиш коэффициентларининг ўртача қийматларини аниқлашга оид.

Ҳар бир оралик учун фазалар бўйича модданинг тарқалиш коэффициентининг қийматлари ушбу формуладан топилади:

$$m_i = \frac{y_i - y_{i-1}}{\delta_x} \quad (3.122)$$

$$m_{1в} = \frac{0,7255 - 0,6190}{0,116} = 0,9182$$

$$m_{2g} = \frac{0,8117 - 0,6190}{0,116} = 0,7433$$

$$m_{3g} = \frac{0,8817 - 0,8117}{0,116} = 0,6032$$

$$m_{4g} = \frac{0,9422 - 0,8817}{0,116} = 0,5217$$

$$m_{5g} = \frac{0,9925 - 0,9422}{0,116} = 0,4334$$

m_g нинг ўртача қийматини қуйидаги формуладан топамиз:

$$m_i = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{n} \quad (3.123)$$

$$m_g = \frac{0,9182 + 0,7433 + 0,6032 + 0,5217 + 0,4334}{5} = 0,6440$$

m_g ни ҳисоблаш учун x_w дан x_f гача бўлган суюқликдаги НК қийматларининг оралиғини $n = 5$ та тенг кесмаларга бўламиз, ҳар бир кесма узунлиги $\delta_{xg} = 0,075$ кмоль/кмоль.

x - y диаграммадан олинган $x_{0g} = x_w, x_{1n}, x_{2n}, x_{3n}, x_{4n}, x_{5n} = x_f$ қийматлардан, ҳамда унда чизилган мувозанат чизигидан фойдаланиб, тегишли $y_{0n}, y_{1n}, y_{2n}, y_{3n}, y_{4n}, y_{5n} = y_F^*$ қийматларни аниқлаймиз (3.10-расм ва 3-6 жадвал).

3-6 жадвал

m_n ўртача қийматини ҳисоблашга оид

$x_i, \frac{\text{кмоль}}{\text{кмоль}}$	$y_i, \frac{\text{кмоль}}{\text{кмоль}}$
0,025	0,0599
0,100	0,2140
0,175	0,3421
0,250	0,4492
0,325	0,5397
0,400	0,6190

Ҳар бир оралиқ учун фазалар бўйича модданинг тарқалиш коэффициентининг қийматлари (3.60) формуладан топилади:

$$m_{1n} = \frac{0,2140 - 0,0599}{0,075} = 2,055$$

$$m_{2n} = \frac{0,3421 - 0,2140}{0,075} = 1,708$$

$$m_{3н} = \frac{0,4492 - 0,3421}{0,075} = 1,427$$

$$m_{4н} = \frac{0,5397 - 0,4492}{0,075} = 1,207$$

$$m_{5н} = \frac{0,6190 - 0,5397}{0,075} = 1,057$$

m_6 нинг ўртача қийматини қуйидаги (3.61) формуладан топамиз:

$$m_n = \frac{2,055 + 1,708 + 1,427 + 1,207 + 1,057}{5} = 1,491$$

(3.58) формуладан

$$h_{эвп} = 28 \cdot \frac{0,74}{200} \cdot \left(\frac{0,3905 \cdot 2,694}{8,860 \cdot 10^{-6} \cdot 200} \right)^{0,2} \cdot \left(\frac{2,443 + 1}{2,443} \right)^{0,342} \cdot \left(\frac{805,2}{2,694} \right)^{0,19} \cdot \left(\frac{8,860 \cdot 10^{-6}}{2,966 \cdot 10^{-4}} \right)^{0,038} \cdot \lg \left[\frac{2,443}{(2,443 + 1) \cdot 0,6440} \right] \cdot \left(\frac{2,443 + 1}{2,443} \right) \cdot \frac{2,443}{2,443 - 0,6440 \cdot (2,443 + 1)} = 0,4922 \text{ м};$$

(3.59) формуладан

$$h_{энр} = 28 \cdot \frac{0,74}{200} \cdot \left(\frac{0,4059 \cdot 2,805}{9,704 \cdot 10^{-6} \cdot 200} \right)^{0,2} \cdot \left(\frac{2,443 + 1}{2,443 + 2,547} \right)^{0,342} \cdot \left(\frac{787,1}{2,805} \right)^{0,19} \cdot \left(\frac{9,074 \cdot 10^{-6}}{2,650 \cdot 10^{-6}} \right)^{0,038} \cdot \lg \left[\frac{2,443 + 2,547}{(2,443 + 1) \cdot 1,491} \right] \cdot \left(\frac{2,443 + 2,547}{2,443 + 2,547 - 1,491(2,443 + 1)} \right) = 0,3637 \text{ м}$$

$h_{э.в.}$ ва $h_{э.н.}$ нинг қийматлари Бёрль эгаридан таркиб топган насадка қатлами Рашиг халқалариникига қараганда 1,1 маротаба кам [12,26]. Шунинг учун

$$h_{э.в.} = \frac{0,4922}{1,1} = 0,4474 \text{ м}$$

$$h_{э.н.} = \frac{0,3637}{1,1} = 0,3307 \text{ м}$$

Ректификацион колоннанинг концентрловчи ва ажратувчи қисмларидаги насадка қатламининг баландликларини ҳисоблаш.

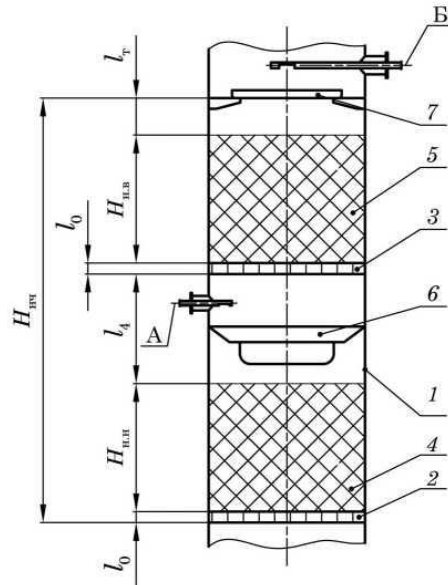
Насадка қатлами баландликлари $H_{нвр}$ ва $H_{ннр}$ ушбу формулалар ёрдамида ҳисобланади:

$$H_{нвр} = N_{тв} \cdot h_{эв} \quad (3.124)$$

$$H_{ннр} = N_{тн} \cdot h_{эн} \quad (3.125)$$

$$H_{нвр} = 7,46 \cdot 0,4474 = 3,338 \text{ м}$$

$$H_{ннр} = 6,65 \cdot 0,3307 = 2,199 \text{ м}$$



3.11 – расм. Яхлит пайвандланган ректификацион колоннанинг насадкали ыисмини ҳисоблаш схемаси
1 - обечайка; 2 ва 5 – тешикли панжаралар; 4 ва 5 - насадка қатламлари; 6 – қайта тақсимлаш тарелкаси; 7 - тақсимлаш тарелкаси. Штуцерлар: А - таъмиловчи; Б – флегма кириши учун.

Колонна насадкали қисми баландлигини ҳисоблаш.

Битта қатлам рухсат этилган чегаравий баландлигининг $l_{сл}^*$, м [12]:

$$l_{сл}^* = 4D_k = 4 \cdot 1,2 = 4,8 \text{ м} \quad (3.126)$$

$H_{нвр} < l_{сл}^*$ ва $H_{ннр} < l_{сл}^*$ бўлгани учун, колоннанинг **концентрловчи ва ажратувчи** қисмларида биттадан насадка қатлами деб қабул қиламиз. Колоннап **концентрловчи** қисмида насадка қатламининг ҳақиқий баландлиги $H_{нв} = 4$ м; **ажратувчи** қисмида эса $H_{нн} = 3$ м [21,29,49]. Ректификацион колонна насадкали қисми баландлиги $H_{нч}$, м, (3.11-расм) ушбу формуладан аниёлаймиз:

$$H_{нч} = H_{нв} + H_{нн} + 2l_0 + l_m + l_4 \quad (3.127)$$

бу ерда l_0 - тешикли панжара баландлиги, м; l_T - насадка тепа юзасидан тақсимловчи тарелкагача бўлган масофа, м; l_4 - насадка қатламлари орасидаги масофа, м. Тавсияларга биноан [49] $l_0 = 0,05$ м, $l_T = 0,5$ м; $l_4 = 1,215$ м.

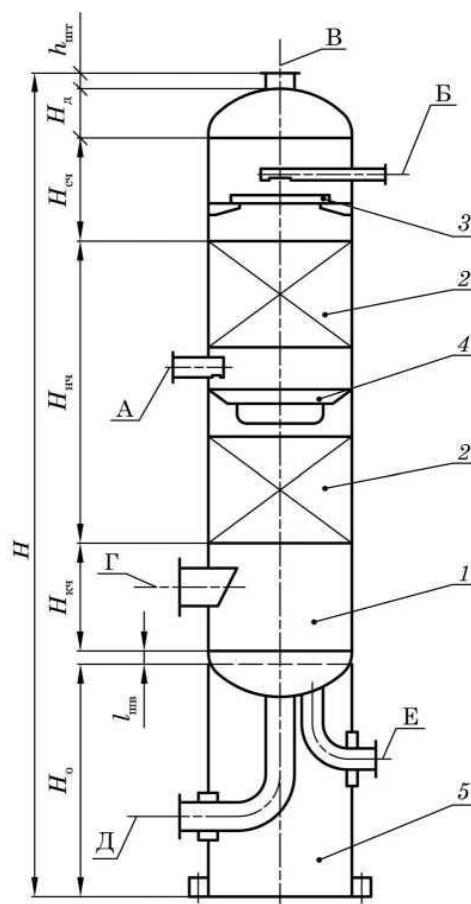
$$H_{нч} = 4 + 3 + 2 \cdot 0,05 + 0,5 + 1,215 = 8,815 \text{ м}$$

Ректификацион колонна баландлигини ҳисоблаш.

Яхлит пайвандланган насадкали ректификацион колонна баландлигини қуйидаги формуладан топамиз (3.12-расм):

$$H_{нч} = H_{кч} + H_{сч} + H_0 + H_o + h_{итт} + l_{ув} \quad (3.128)$$

бу ерда $H_{кч}$ ва $H_{сч}$ – куб ва сепарацион қисмлари обечайкасининг баландлиги, м; H_0 – эллиптик днишче баландлиги, м; H_0 – цилиндрик таянч баландлиги, м; $h_{шт}$ – флегма ва дистиллят кириш ва чиқиш штуцерлари, м; $l_{ув}$ – днишчени обечайка ва обечайкани таянч билан бирлаштирувчи пайванд чоклар орасидаги масофа, м.



3.12–расм. Яхлит пайвандланган насадкали ректификацион колонна баландлигини ҳисоблашга оид схема.

1 - қобик; 2 - насадка; 3 – тақсимлаш тарелкаси; 4 – қайта тақсимлаш тарелкаси; 5 – цилиндрик таянч. Штуцерлар: А – таъминловчи; Б – флегма кириш; В - флегма ва дистиллят буглари кириш; Г – буг-суюқлик аралашмаси кириш; Д – циркуляцияга куб қолдиғи чиқиш; Е – куб қолдиғи чиқиш.

Яхлит пайвандланган насадкали ректификацион колонна диаметрлари 1,0 дан 2,8 м гача бўлганда [29,49]:

$$H_{кч} = 2,8 \text{ м;}$$

$$H_{сч} = 1,6 \text{ м;}$$

$$H_0 = 2,0 \text{ м;}$$

$$h_{шт} = 0,2 \text{ м;}$$

$$l_{ув} = 0,08 \text{ м.}$$

Чети букилган эллиптик днишче баландлиги H_0 (м) ушбу формуладан аниқланади:

$$H_0 = 0,25D_k + 0,04 \quad (3.129)$$

$$H_0 = 0,25 \cdot 1,2 + 0,04 = 0,041 \text{ м}$$

$$H = 8,815 + 2,8 + 1,6 + 0,041 + 2,0 + 0,2 + 0,08 = 15,54 \text{ м}$$

Ректификацион колонна гидравлик қаршилигини ҳисоблаш.

Насадкали ректификацион колоннанинг умумий гидравлик қаршилиги ΔP_k (Па) ушбу формуладан топамиз:

$$\Delta P_k = \Delta P_n + \Delta P_e \quad (3.130)$$

бу ерда ΔP_H ва ΔP_B - колоннанинг **концентрловчи ва ажратувчи** қисмларидаги ювилиб турувчи насадка гидравлик қаршилиги, Па.

ΔP_H ва ΔP_B ларнинг қийматлари қуйидаги формулалар топилади:

$$\Delta P_n = A_n \cdot \Delta P_{сyx.n} \quad (3.131)$$

$$\Delta P_e = A_e \cdot \Delta P_{сyx.e} \quad (3.132)$$

бу ерда A_H ва A_B - колоннанинг **концентрловчи ва ажратувчи** қисмларидаги куруқ насадкага нисбатан ювилиб турувчи насадка гидравлик қаршилигининг ортишини инобатга олувчи коэффициент, Па.

Куруқ насадка гидравлик қаршилиги ушбу формулалардан аниқланади:

$$\Delta P_{сyx.n} = \lambda_n \cdot \frac{H_{nn}}{d_3} \cdot \frac{\rho_{yn} \cdot w_{yn}^2}{2\varepsilon^2} \quad (3.133)$$

$$\Delta P_{сyx.e} = \lambda_e \cdot \frac{H_{ne}}{d_3} \cdot \frac{\rho_{ye} \cdot w_{ye}^2}{2\varepsilon^2}$$

бу ерда λ_H ва λ_B - колонна **ажратувчи** ва **концентрловчи** қисмларининг насадкаси учун умумлаштирилган ишқаланиш қаршилиги коэффициентлари; d_3 – насадка эквивалент диаметри, м.

Тартибсиз жойланган насадка (25 мм ли Бёрль керамик эгарлари) эквивалент диаметри $d_3 = 0,011$ м [И58-жадвал].

λ_H ва λ_B ларни ҳисоблаш проф.В.В.Кафаров услуби бўйича аниқлаймиз [34]. Даставвал колонна **ажратувчи** ва **концентрловчи** қисмларидаги буғ фаза учун Рейнольдс сонини ушбу формулалардан аниқлаймиз:

$$Re_{yn} = \frac{4w_{yn} \cdot \rho_{yn}}{a\mu_{yn}} \quad (3.134)$$

$$Re_{ye} = \frac{4w_{ye} \cdot \rho_{ye}}{a\mu_{ye}}$$

$$Re_{yn} = \frac{4 \cdot 0,4059 \cdot 2,805}{260 \cdot 9,074 \cdot 10^{-6}} = 1930$$

$$Re_{ye} = \frac{4 \cdot 0,3905 \cdot 2,694}{260 \cdot 8,860 \cdot 10^{-6}} = 1827$$

Тартибсиз жойланган насадка учун $Re_y > 400$ да λ_n ва λ_e лар ушбу формуладан топилади:

$$\lambda_n = \frac{16,5}{Re_{yn}^{0,2}} \quad (3.135)$$

$$\lambda_{\text{г}} = \frac{16,5}{\text{Re}_{\text{yg}}^{0,2}}$$

$$\lambda_{\text{н}} = \frac{16,5}{1930^{0,2}} = 3,634$$

$$\lambda_{\text{г}} = \frac{16,5}{1827^{0,2}} = 3,674$$

$$\Delta P_{\text{сyx.н}} = 3,634 \cdot \frac{3}{0,011} \cdot \frac{2,805 \cdot 0,4059^2}{2 \cdot 0,69^2} = 480,9 \text{ Па}$$

$$\Delta P_{\text{сyx.г}} = 3,674 \cdot \frac{4}{0,011} \cdot \frac{2,694 \cdot 0,3905^2}{2 \cdot 0,69^2} = 576,5 \text{ Па}$$

Ювилиб турувчи насадка гидравлик қаршилиги.

$A_{\text{н}}$ ва $A_{\text{г}}$ коэффициентлар қийматларини проф.В.В.Кафаров формула ёрдамида топамиз [34]:

$$A_{\text{н}} = 1 + 5,15 \cdot \left(\frac{\bar{G}_{\text{хн}}}{\bar{G}_{\text{yh}} \right)^{0,342} \cdot \left(\frac{\rho_{\text{yh}}}{\rho_{\text{хн}}} \right)^{0,19} \cdot \left(\frac{\mu_{\text{хн}}}{\mu_{\text{yh}}} \right)^{0,036} \quad (3.136)$$

$$A_{\text{г}} = 1 + 5,15 \cdot \left(\frac{\bar{G}_{\text{хг}}}{\bar{G}_{\text{yg}}} \right)^{0,342} \cdot \left(\frac{\rho_{\text{yg}}}{\rho_{\text{хг}}} \right)^{0,19} \cdot \left(\frac{\mu_{\text{хг}}}{\mu_{\text{yg}}} \right)^{0,036}$$

$$A_{\text{н}} = 1 + 5,15 \cdot \left(\frac{1,891}{1,288} \right)^{0,342} \cdot \left(\frac{2,805}{787,1} \right)^{0,19} \cdot \left(\frac{2,650 \cdot 10^{-4}}{2,650 \cdot 10^{-6}} \right)^{0,036} = 3,273$$

$$A_{\text{г}} = 1 + 5,15 \cdot \left(\frac{0,8565}{1,190} \right)^{0,342} \cdot \left(\frac{2,694}{805,2} \right)^{0,19} \cdot \left(\frac{2,966 \cdot 10^{-4}}{8,860 \cdot 10^{-6}} \right)^{0,036} = 2,768$$

(3.131) формулага биноан

$$\Delta P_{\text{н}} = 3,273 \cdot 480,9 = 1574 \text{ Па}$$

(3.132) формулага биноан

$$\Delta P_{\text{г}} = 2,768 \cdot 576,5 = 1596 \text{ Па} \quad (3.137)$$

Ректификацион колонна гидравлик қаршилиги.

Ректификацион колоннанинг умумий гидравлик қаршилиги ушбу тенгламадан топилади:

$$\Delta P_k = 1574 + 1596 = 3170 \text{ Па}$$

Ректификацион колонна штуцерларини ҳисоблаш.

Ректификацион колоннанинг асосий технологик штуцерлари (3.12-расм):

А – таъминловчи штуцер;

Б – флегма кириш штуцери;

В – флегма ва дистиллят буғлари чиқиш штуцери;

Г – буғ-суюқлик аралашмасининг кириш штуцери;

Д – циркуляцияга куб қолдигининг чиқиш штуцери;

Е – куб қолдиги чиқиш штуцери.

Таъминловчи штуцер $d_{p.A}$, (м) ушбу формуладан аниқланади:

$$d_{p.A} = \sqrt{\frac{4V_F}{\pi w_{рек.A}}} \quad (3.80)$$

бу ерда $w_{рек.A}$ - штуцерда тавсия этилган суюқлик тезлиги, м/с.

Ишчи шароитда суюқликнинг ҳажмий сарфи $V_F = 1,179 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$. Насосларнинг ҳайдаш йўлида озгина қовушқоқ суюқликлар учун тавсия этиладиган тезликлар 1,0 дан 2,5 м/с гача [26]. Қабул қиламиз $w_{рек.A} = 2,0 \text{ м/с}$.

$$d_{p.A} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,179 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 2,0}} = 0,027 \text{ м}$$

Стандарт шартли диаметр $d_{y.A} = 32 \text{ мм}$ ни қабул қиламиз.

Флегма кириш штуцерининг диаметри $d_{p.B}$ (м) ни (3.81) формуладан топамиз:

$$d_{p.B} = \sqrt{\frac{4V_R}{\pi w_{рек.B}}} \quad (3.139)$$

бу ерда $w_{рек.B}$ - штуцерда тавсия этилган суюқлик тезлиги, м/с.

Ишчи шароитда суюқ флегманинг ҳажмий сарфи $V_R = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$. Насосларнинг ҳайдаш йўлида озгина қовушқоқ суюқликлар учун тавсия этиладиган тезликлар 1,0 дан 2,5 м/с гача [26]. Қабул қиламиз $w_{рек.A} = 2,0 \text{ м/с}$.

$$d_{p.B} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,000 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 2,0}} = 0,025 \text{ м}$$

Стандарт шартли диаметр $d_{y.A} = 32 \text{ мм}$ ни қабул қиламиз.

Флегма ва дистиллят буғлари учун чиқиш штуцери $d_{p.e}$ (м) қуйидаги тенгламадан топилади:

$$d_{p.B} = \sqrt{\frac{4V_G}{\pi w_{рек.B}}},$$

бу ерда $w_{рек.B}$ - штуцерда флегма ва дистиллят буғлари учун тавсия этилган суюқлик тезлиги, м/с.

$w_{рек.В}$ тезлик қиймати ушбу штуцерда буғ юкламасининг омили $F_{s.в.}$, ($\text{Па}^{0,5}$) 8 дан 15 маротабага шартдан келиб чиқиб аниқлаймиз. Бунда,

$$F_{s.в.} = w_{рек.В} \sqrt{\rho_{yD}} \quad (3.140)$$

Ишчи шароитда флегма ва дистиллят буғларининг ҳажмий сарфи $V_G = 0,3059 \text{ м}^3/\text{с}$. Штуцерда буғ юкламасининг омили $F_{s.в.} = 12 \text{ Па}^{0,5}$. Унда, флегма ва дистиллят буғларининг чиқиш штуцерида тавсия этиладиган тезлик қийматлари (3.83) формуладан аниқланади:

$$w_{рек.А} = \frac{12}{\sqrt{2,662}} = 7,355 \text{ м/с}$$

$$d_{p.в.} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,3059}{3,14 \cdot 7,355}} = 0,2301 \text{ м}$$

Флегма ва дистиллят буғлари чиқиши учун стандарт шартли диаметр $d_{y.в.} = 250 \text{ мм}$ ли штуцер қабул қиламиз.

Куб қолдиғи чиқиши учун штуцер.

Куб қолдиғи чиқиши учун штуцер диаметри $d_{p.Е}$ қуйидагича ҳисобланади:

$$d_{p.Е} = \sqrt{\frac{4V_W}{\pi w_{рек.Е}}}$$

бу ерда $w_{рек.Е}$ - штуцерда тавсия этилган суюқлик тезлиги, м/с.

Ишчи шароитда таъминловчи суюқликнинг ҳажмий сарфи $V_W = 7,756 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$.

Насослар сўриш линиясида суюқликнинг тавсия этиладиган мажбурий ҳаракат тезликлари 0,3 дан 0,5 м/с гача [49]. Қабул қиламиз $w_{рек.А} = 0,4 \text{ м/с}$.

$$d_{p.Е} = \sqrt{\frac{4 \cdot 7,756 \cdot 10^{-4}}{3,14 \cdot 0,4}} = 0,050 \text{ м}$$

Куб қолдиқлари чиқиши учун стандарт шартли диаметр $d_{y.Е} = 50 \text{ мм}$ ли штуцер қабул қиламиз.

Тиқилиб қолиш тезлигини ҳисоблаш.

Колонна ажратувчи ва концентрловчи қисмларида тиқилиб қолиш тезлиги $W_{з.в.}$ ва $W_{з.н.}$ қуйидаги тенгламалар ёрдамида ҳисобланади:

$$\frac{w_{3зв}^2 \cdot \alpha \rho_{yв} \cdot (1000 \mu_{xв})^{0,16}}{g \varepsilon^3 \cdot \rho_{xв}} = 1,2 \exp \left[-4 \cdot \left(\frac{\bar{G}_{xв}}{\bar{G}_{yв}} \right)^{0,25} \cdot \left(\frac{\rho_{yв}}{\rho_{xв}} \right)^{0,125} \right] \quad (3.141)$$

$$\frac{w_{3н}^2 \cdot \alpha \rho_{yn} \cdot (1000 \mu_{xn})^{0,16}}{g \varepsilon^3 \cdot \rho_{xn}} = 1,2 \exp \left[-4 \cdot \left(\frac{\bar{G}_{xn}}{\bar{G}_{yn}} \right)^{0,25} \cdot \left(\frac{\rho_{yn}}{\rho_{xn}} \right)^{0,125} \right] \quad (3.142)$$

бу ерда α – насадка солиштирма юзаси, $\text{м}^2/\text{м}^3$; g – эркин тушиш тезланиши, м/с^2 ; ε – насадка ғоваклилиги, $\text{м}^3/\text{м}^3$.

Керамик 25 мм ли Бёрль эгарларидан таркиб топган тартибсиз насадкалар солиштирма юзаси $a = 260 \text{ м}^2/\text{м}^3$; ғоваклилик $\varepsilon = 0,69 \text{ м}^3/\text{м}^3$.

$$\frac{w_{3,B}^2 \cdot 260 \cdot 2,694 \cdot (1000 \cdot 2,966 \cdot 10^{-4})^{0,16}}{9,81 \cdot 0,69^3 \cdot 805,2} = 1,2 \exp \left[-4 \cdot \left(\frac{0,8565}{1,190} \right)^{0,25} \cdot \left(\frac{2,694}{805,2} \right)^{0,125} \right] \cdot w_{3,B} = 0,8866 \text{ м/с}$$

$$\frac{w_{3,H}^2 \cdot 260 \cdot 2,805 \cdot (1000 \cdot 2,650 \cdot 10^{-4})^{0,16}}{9,81 \cdot 0,69^3 \cdot 787,1} = 1,2 \exp \left[-4 \cdot \left(\frac{1,8912}{1,2877} \right)^{0,25} \cdot \left(\frac{2,805}{787,1} \right)^{0,125} \right] \cdot w_{3,H} = 0,5854 \text{ м/с}$$

Ректификацион колонна концентрловчи ва ажратувчи қисмларида битта назарий тарелкага эквивалент насадка қатлами баландлигини ҳисоблаш Биллетнинг график тенгламалари асосида топилади.

Битта назарий тарелкага эквивалент насадка қатлами (Бёрль эгарлари) баландлигини аниқлашдан аввал худди шу параметрни 25 мм ли Рашиг халқалари учун аниқлаймиз. Аввал колонна концентрловчи ва ажратувчи қисмлари учун буг юкламиси омили қийматлари F_{SB} ва F_{SH} ларни қуйидаги формулалар орқали топамиз:

$$F_{SB} = w_{y6} \sqrt{\rho_{y6}} \quad (3.143)$$

$$F_{SH} = w_{yH} \sqrt{\rho_{yH}} \quad (3.144)$$

$$F_{SB} = 0,3905 \cdot \sqrt{2,694} = 0,6410 \text{ Па}^{0,5}$$

$$F_{SH} = 0,4059 \cdot \sqrt{2,805} = 0,6798 \text{ Па}^{0,5}$$

Ректификацион колонна концентрловчи ва ажратувчи қисмларида 25 мм ли Рашиг халқали насадка учун Биллетнинг график тенгламалари ёрдамида 1 м баландликдаги насадка қатламига тўғри келадиган назарий тарелка $N'_{T,B}$ ва $N'_{T,H}$ лар сонини топамиз. Юқори қисми учун $N'_{T,B} = 1,95 \text{ м}^{-1}$, пастки қисми учун $N'_{T,H} = 2,00 \text{ м}^{-1}$.

$h_{\varepsilon,6,P}$ ва $h_{\varepsilon,H,P}$ қийматларини ушбу формулалар ёрдамида ҳисоблаймиз:

$$h_{\varepsilon P} = \frac{1}{N'_{m6}} \quad (3.145)$$

$$h_{\varepsilon P} = \frac{1}{N'_{mH}} \quad (3.146)$$

$$h_{\varepsilon P} = \frac{1}{1,95} = 0,5128 \text{ м}$$

$$h_{\text{эпр}} = \frac{1}{2,00} = 0,5 \text{ м}$$

Диаметри 25 мм ли Рашиг халқалари учун олинган $h_{\text{эпр}}$ ва $h_{\text{эпр}}$ ларнинг натижалари 1,1 маротаба камайтирамиз ва битта назарий тарелкага эквивалент Бёрль эгарларидан таркиб топган насадка қатламлари $h_{\text{эв}}$ ва $h_{\text{эн}}$ нинг баландликларини қуйидаги тенгламалар орқали аниқлаймиз:

$$h_{\text{эв}} = \frac{h_{\text{эпр}}}{1,1} \quad (3.147)$$

$$h_{\text{эн}} = \frac{h_{\text{эпр}}}{1,1} \quad (3.148)$$

$$h_{\text{эв}} = \frac{0,5158}{1,1} = 0,4662 \text{ м}$$

$$h_{\text{эн}} = \frac{0,5000}{1,1} = 0,4546 \text{ м}$$

3.5. Тарелкали ректификацион колонна ҳисоби

Бошлагич маълумотлар:

- ажратиладиган аралашма	бензол-толуол;
- унумдорлиги	$\bar{G}_D = 8000 \text{ кг/соат};$
- босим	$P = 0,1 \text{ МПа};$
- аралашмада енгил учувчан (НК) компонент массавий улуши $\bar{x}_F = 0,56 \text{ кг/кг};$	
- куб қолдиғида НК нинг массавий улуши	$\bar{x}_W = 0,025 \text{ кг/кг};$
- дистиллятда НК нинг массавий улуш	$\bar{x}_D = 0,98 \text{ кг/кг};$
- қурилма тури	тарелкали;
- тарелка тури	элаксимон.

Моддий баланс

Ажратиш маҳсулотларининг массавий сарфлари. Атмосфера босимида бензолнинг қайнаш температураси $t_{\text{нк}}=80,2^\circ\text{C}$, толуолники эса $t_{\text{вк}} = 110,8^\circ\text{C}$ [5,26]. Демак, бензол ва толуолдан таркиб топган аралашмаларда, бензол енгил учувчан (НК) компонент, толуол эса қийин енгил учувчан (ВК) компонент бўлиб, аралашманинг таркиби таркибида бензол миқдори орқали ифодаланган.

Куб қолдиғи бўйича унумдорлиги:

$$\bar{G}_W = \frac{\bar{G}_F (\bar{x}_D - \bar{x}_F)}{\bar{x}_D - \bar{x}_W}, \quad (3.149)$$

$$\bar{G}_W = \frac{2,222 \cdot (0,98 - 0,56)}{0,98 - 0,025} = 0,9773 \text{ кг/с.}$$

Дистиллят бўйича унумдорлиги $\bar{G}_D$, кг/с,

$$\bar{G}_D = \bar{G}_F - \bar{G}_W. \quad (3.150)$$

$$\bar{G}_D = 2,222 - 0,9773 = 1,245 \text{ кг/с.}$$

Таъминлаш ва ажратиш маҳсулотларини моляр улушлардан массавий улушларга ушбу формулаларда ўтказамиз:

$$x_F = \frac{\frac{\bar{x}_F}{M_{HK}}}{\frac{\bar{x}_F}{M_{HK}} + \frac{1 - \bar{x}_F}{M_{BK}}}; \quad (3.151)$$

$$x_D = \frac{\frac{\bar{x}_D}{M_{HK}}}{\frac{\bar{x}_D}{M_{HK}} + \frac{1 - \bar{x}_D}{M_{BK}}}; \quad (3.152)$$

$$x_W = \frac{\frac{\bar{x}_W}{M_{HK}}}{\frac{\bar{x}_W}{M_{HK}} + \frac{1 - \bar{x}_W}{M_{BK}}}; \quad (3.153)$$

бу ерда $\bar{x}_F, \bar{x}_D, \bar{x}_W$ - НК нинг таъминлаш, дистиллят ва куб қолдиғида моляр массалари, кг/кмоль. $M_{HK} = 78,1$ кг/кмоль; $M_{BK} = 92,1$ кг/кмоль [26,49].

$$x_F = \frac{\frac{0,56}{78,1}}{\frac{0,56}{78,1} + \frac{1 - 0,56}{92,1}} = 0,6001 \text{ кмоль/кмоль.}$$

$$x_D = \frac{\frac{0,98}{78,1}}{\frac{0,98}{78,1} + \frac{1 - 0,98}{92,1}} = 0,983 \text{ кмоль/кмоль.}$$

$$x_W = \frac{\frac{0,025}{78,1}}{\frac{0,025}{78,1} + \frac{1 - 0,025}{92,1}} = 0,02935 \text{ кмоль/кмоль.}$$

Таъминлаш ва ажратиш маҳсулотлари массавий сарфларини моляр сарфларига куйидаги формулалар ёрдамида ўтказамиз:
- таъминлашда

$$F = \frac{\bar{G}_F}{M_F};$$

- дистиллятда

$$D = \frac{\bar{G}_D}{M_D};$$

- куб қолдиғида

$$W = \frac{\bar{G}_W}{M_W},$$

бу ерда F , D , W - таъминлаш, дистиллят ва куб қолдиғи моляр сарфлари, кмоль/с.

Таъминлаш ва олинган маҳсулотларнинг моляр массалари ушбу формулалардан топилади:

- для питания $M_F = M_{HK} \cdot x_F + M_{BK}(1 - x_F);$

- дистиллята $M_D = M_{HK} \cdot x_D + M_{BK}(1 - x_D);$

- кубового остатка $M_W = M_{HK} \cdot x_W + M_{BK}(1 - x_W).$

бу ерда M_F , M_D ва M_W - таъминлаш, дистиллят ва куб қолдиғи моляр массалари, кг/кмоль.

Маҳсулотларнинг моляр массалари қуйидагича бўлади:

- таъминлаш учун $M_F = 78,1 \cdot 0,6001 + 92,1 \cdot (1 - 0,6001) = 83,70 \text{ кг / кмоль};$

- дистиллят учун $M_D = 78,1 \cdot 0,983 + 92,1 \cdot (1 - 0,983) = 78,34 \text{ кг / кмоль};$

- куб қолдиғи учун $M_W = 78,1 \cdot 0,02935 + 92,1 \cdot (1 - 0,02935) = 91,69 \text{ кг / кмоль};$

Маҳсулотларнинг моляр сарфлари қуйидагига тенг:

- таъминлаш учун $F = \frac{2,222}{83,70} = 0,02655 \text{ кмоль / с};$

- дистиллят учун $D = \frac{1,245222}{78,34} = 0,01589 \text{ кмоль / с};$

- куб қолдиғи учун $W = \frac{0,9773}{91,69} = 0,01066 \text{ кмоль / с}.$

Таъминлашнинг нисбий моляр сарфи ушбу формуладан топилади:

$$f = \frac{F}{D} = \frac{0,02655}{0,01589} = 1,671$$

Мувозанат шартлари. Келгуси ҳисоблашларда, тажриба маълумотлари асосида қурилган x -у ва t - x -у – мувозанат диаграммалари қўллаш зарур.

Атмосфера босимидаги «бензол – толуол» аралашмаси учун мувозанат бўйича тажриба маълумотлари 3-7 жадвалда келтирилган [56]. Жадвалда қабул қилинган белгилашлар: x ва y - суюқлик ва буғда бензолнинг моляр улуши, кмоль НК/кмоль смеси; t - температура, °C.

3-7 жадвал

Атмосфера босимидаги «бензол – толуол» аралашмаси учун суюқлик-буғ мувозанат бўйича маълумотлари

$x \cdot 10^2, \frac{\text{кмоль НК}}{\text{кмоль смеси}}$	0	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$y \cdot 10^2, \frac{\text{кмоль НК}}{\text{кмоль смеси}}$	0	11,5	21,4	38	51,1	61,9	71,2	79	85,4	91	95,9	100
$t, ^\circ\text{C}$	110,6	108,3	106,1	102,2	98,6	95,2	92,1	89,4	86,8	84,4	82,3	80,2

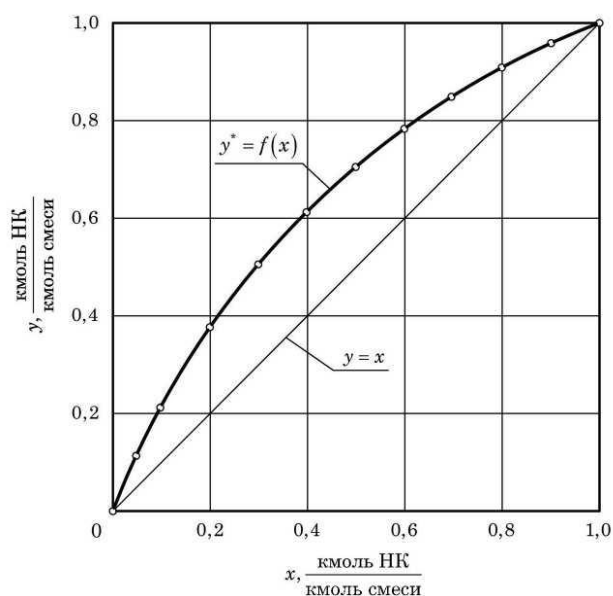


Рис. 3.13. $P = 0,1$ МПа да бензол-толуол аралашмаси учун x - y мувозанат диаграммаси.

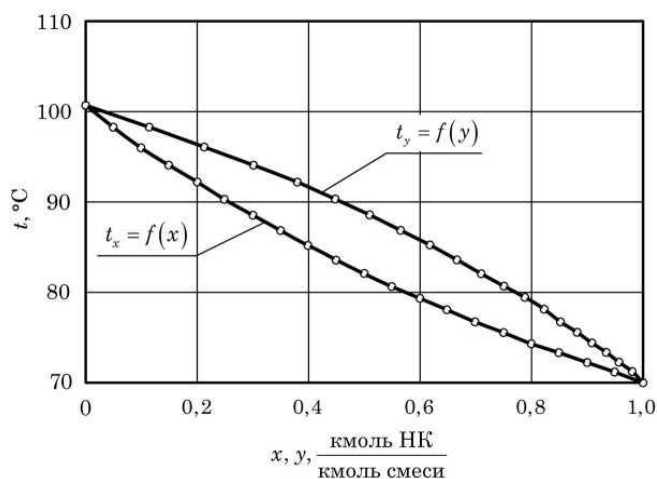


Рис. 3.14. $P = 0,1$ МПа да бензол-толуол аралашмаси учун t - x мувозанат диаграммаси.

Жадвалдаги маълумотлар асосида мувозанат диаграммаларини қурамиз (3.13 ва 3.14-расмлар).

Минимал ва ишчи флегма сонларини ҳисоблаш.

Минимал ишчи флегма сони R_{min} ушбу тенгламадан аниқланади

$$R_{min} = \frac{x_D - y_F^*}{y_F^* - x_F}$$

бу ерда y_F^* - таъминлаш (суюқ) билан мувозанатда бўлган бўғдаги бензол моляр улуши, кмоль/кмоль.

$y_F^* = 0,79$ кмоль/кмоль қийматни график усулда топамиз (3.15-расмда C нуқтанинг ординатаси).

$$R_{min} = \frac{0,9830 - 0,79}{0,79 - 0,6001} = 1,015.$$

x - y -диаграмма нуқта $A(x_d; y_d = x_d)$ ва $B(x_w; y_w = x_w)$ белгилаймиз. Нуқта $C(x_f; y_F^*)$ ни A ва B нуқталар билан кесмалар ёрдамида бирлаштирамиз. Ҳосил бўлган AC ва BC мувозанат чизиғи $y^* = f(x)$ ни кесиб ўтмайди, лекин C нуқта тегиб ўтади. Демак, R_{min} ни ҳисоблаш учун қўлланган (3.13) формула тўғри келди.

Оптимал флегма сонини ҳисоблаш.

Оптимал флегма сони R_{opt} ни $N_T(R+1)=f(R)$ функция графикини қуриш ва таҳлил қилиб топамиз, бу ерда N_T -назарий тарелкалар сони бўлиб, белгиланган R қийматида аралашмани керакли ажратиши даражасини таъминлайди.

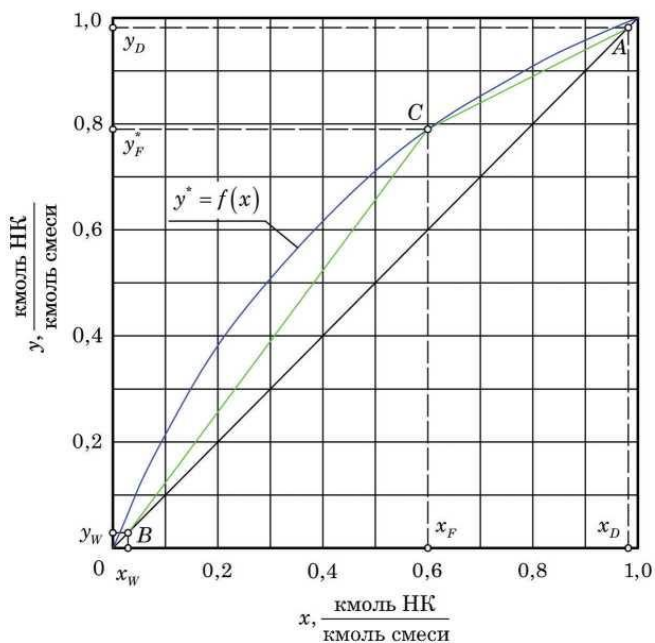


Рис. 3.15. R_{min} ни аниқлашга оид.

Флегма сони R' дан R'' гача ораликда ўзгаради деб қабул қиламиз ва уларни ушбу формулалар ёрдамида ҳисоблаш мумкин:

$$R' = 1,05 \cdot R_{min} = 1,05 \cdot 1,015 = 1,066$$

$$R'' = 2 \cdot R_{min} + 0,5 = 2 \cdot 1,015 + 0,5 = 2,531$$

Флегма сони ўзгариш оралигида қўшимча $n_R=6$ та флегма қийматларини ΔR интервалда ўрнатамиз:

$$\Delta R = \frac{R'' - R'}{n_R + 1} = \frac{2,531 - 1,066}{6 + 1} = 0,2092$$

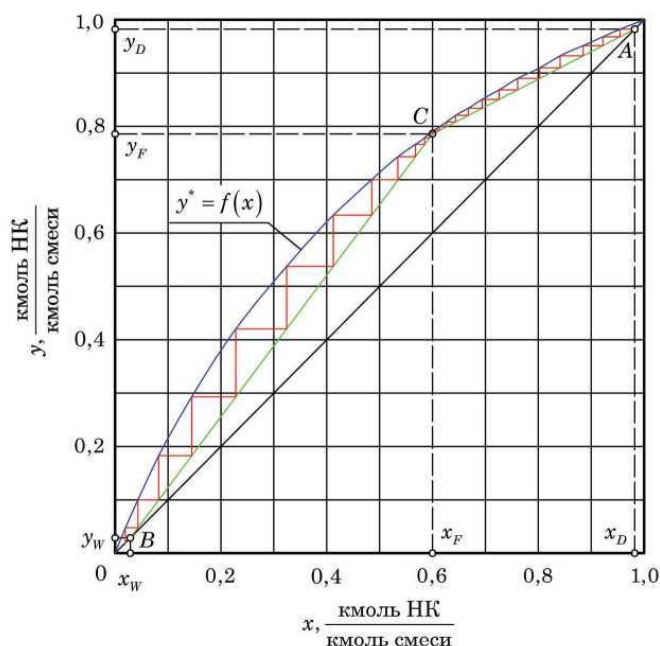
Флегма сонининг оралиқ қийматлари қуйидагилар: $R_1=1,275$; $R_2=1,485$; $R_3=1,694$; $R_4=1,903$; $R_5=2,112$; $R_6=2,322$.

Қуйида мисол тариқасида $N_T(R+1)$ комплекснинг қийматлари $R=R'=1,066$ учун аниқланган.

Колонна **укрепляющий** қисми учун ишчи чизик тенгламаси ушбу кўринишга эга:

$$y_e = \frac{R}{R+1} \cdot x_e + \frac{x_D}{R+1}.$$

$$y_e = \frac{1,066}{1,066+1} \cdot x_e + \frac{0,9830}{1,066+1} = 0,5160 \cdot x_e + 0,4758.$$



3.16-расм. Ректификацион колонна N_T ни Мак-Кэб ва Тиле усулида аниқлашга оид ($R=R'=1,066$).

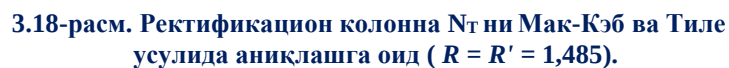
$x_e=x_F=0,6001$ кмоль/кмоль деб қабул қиламиз, унда ишчи чизиклар кесишган нуқтасининг ординатаси y_e , кмоль/кмоль (4.17а) тенгламадан ҳисобланган топилади:

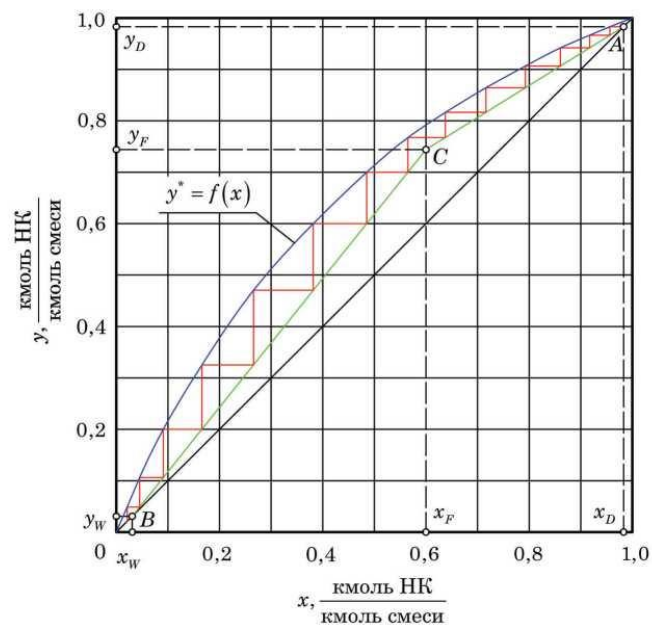
$$y_e = 0,5160 \cdot 0,6001 + 0,4758 = 0,7854 \text{ кмоль / кмоль.}$$

x-y диаграммада колоннанинг концентрловчи ва ажратувчи қисмлари учун $R=R'$ да ишчи чизик ва мувозанат чизикларини $y_F^* = f(x)$ қурамиз. N_T топиш учун Мак-Кэб ва Тиле график усулларидан фойдаланамиз. $R=1,066$ да қурилган натижалар 3.16-расмда келтирилган.

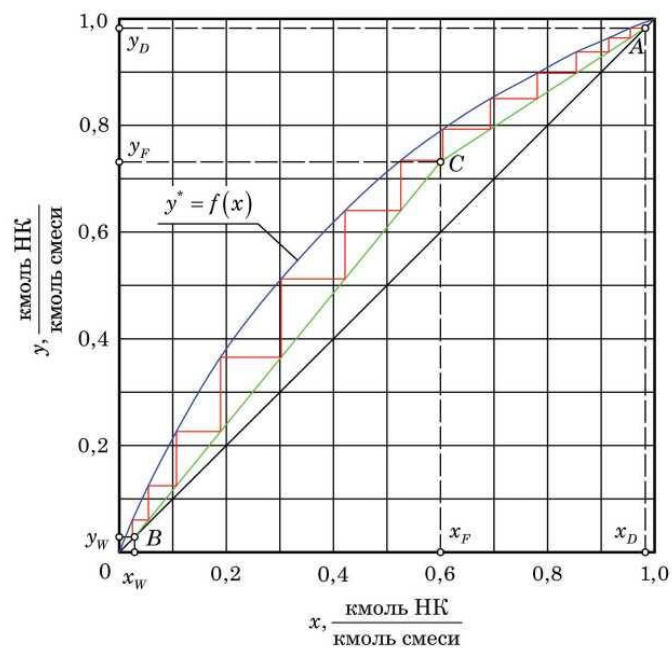
Диаграммадан кўришиб турибдики, назарий тарелкалар сони $N_T=24,60$. Бунда, $N_m(R+1)$ комплекс қиймати қуйидагича тенг:

Худди шундай ҳисоблаш ва қуришларни бошқа флегма сонлари R_1 ; R_2 ; R_3 ; R_4 ; R_5 ; R_6 ; R учун ҳам бажарамиз. Турли флегма сонлари R учун аниқланган N_T лар 3.16-3.23-расмларда келтирилган. Уларнинг натижалари 3-8 жадвал жамланган.

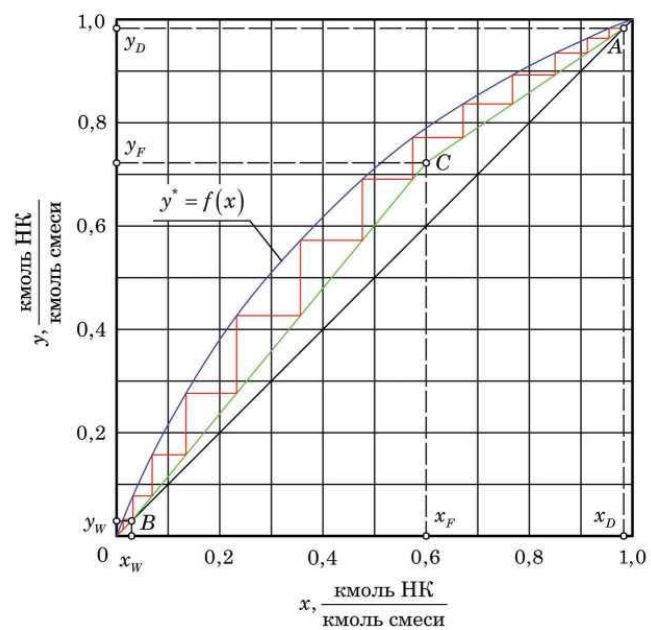




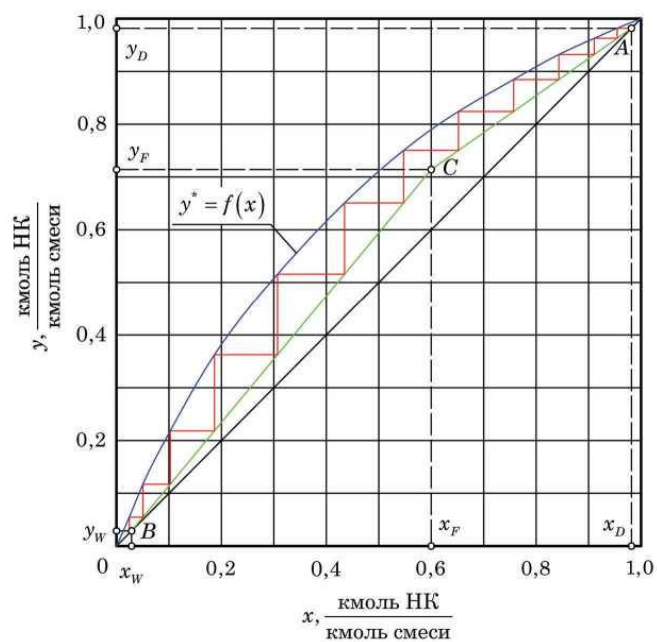
3.19-расм. Ректификацион колонна N_T ни Мак-Кэб ва Тиле усулида аниқлашга оид ($R = R' = 1,694$).



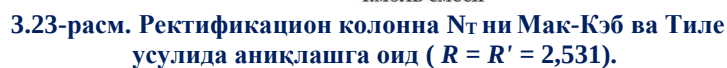
3.20-расм. Ректификацион колонна N_T ни Мак-Кэб ва Тиле усулида аниқлашга оид ($R = R' = 1,903$).



3.21-расм. Ректификацион колонна N_T ни Мак-Кэб ва Тиле усулида аниқлашга оид ($R = R' = 2,112$).



3.22-расм. Ректификацион колонна N_T ни Мак-Кэб ва Тиле усулида аниқлашга оид ($R = R' = 2,322$).



Оптимал флегма сонини аниқлашга оид маълумотлар

3-8 жадвалдаги маълумотлар асосида $N_T(\mathbf{R} + 1) = f(\mathbf{R})$ функция графигини чизамиз (3.24-расм). Функция $N_T(\mathbf{R} + 1) = f(\mathbf{R})$ минимуми $R_{nm} = 1,6$ тўғри келади.

3.24-расм. $R_{\text{пт}}$ аниқлашга оид.

183

Келгуси ҳисоблашлар учун ишчи флегма сонини оптималга $R = R_{nm} = 1,6$ тенг қилиб оламиз. Колонна концентрловчи и ажратувчи қисмлари учун ишчи флегма сониди ишчи чизиклар тенгламаси қуйидагича бўлади:

$$y_{\epsilon} = \frac{R}{R+1} \cdot x_{\epsilon} + \frac{x_D}{R+1};$$

$$y_n = \frac{R+f}{R+1} \cdot x_n + \frac{1-f}{R+1} \cdot x_W.$$

Сон қийматларни ўрнига қўйсақ (4.18) ва (4.19) ушбу кўринишни оламиз:

$$y_{\epsilon} = \frac{1,6}{1,6+1} \cdot x_{\epsilon} + \frac{0,9830}{1,6+1} = 0,6154 \cdot x_{\epsilon} + 0,3781;$$

$$y_n = \frac{1,6+1,671}{1,6+1} \cdot x_n + \frac{1-1,671}{1,6+1} \cdot 0,02935 = 1,258 \cdot x_n - 7,572 \cdot 10^{-3}.$$

3.25-расмда ишчи флегма сониди ишчи чизикли x - y диаграмма тасвирланган.

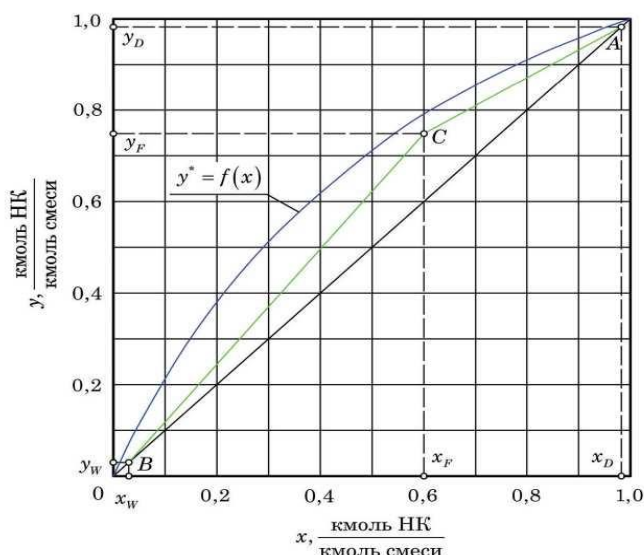
Колоннанинг концентрловчи ва ажратувчи қисмларида суюқлик ва буғнинг ўртача параметрларини топиш.

Колоннанинг концентрловчи ва ажратувчи қисмларида суюқлик ўртача таркибларини ҳисоблаш.

Колоннанинг концентрловчи ($x_{\epsilon c}$, кмоль/кмоль) ва ажратувчи (x_{nc} , кмоль/кмоль) қисмларида суюқликда НК нинг ўртача моляр улушларини қуйидаги формулалардан аниқлаймиз:

$$x_{\epsilon c} = 0,5 \cdot (x_F + x_D) = 0,5 \cdot (0,6001 + 0,9830) = 0,7961 \text{ кмоль / кмоль}$$

$$x_{nc} = 0,5 \cdot (x_W + x_F) = 0,5 \cdot (0,0295 + 0,6001) = 0,3147 \text{ кмоль / кмоль}$$



3.25-расм. Ишчи флегма сони $R = 1,6$ да жараённинг ишчи чизиклари.

Колонна концентрловчи ва ажратувчи қисмларида буғнинг ўртача таркибларини ҳисоблаш.

Колоннанинг концентрловчи ($y_{в.с}$, кмоль/кмоль) ва ажратувчи ($y_{н.с}$, кмоль/кмоль) қисмларида суюқликда НК нинг ўртача моляр улушларини қуйидаги формулалардан аниқлаймиз:

$$y_{в.с} = \frac{R}{R+1} \cdot x_{в.с} + \frac{x_D}{R+1};$$

$$y_{н.с} = \frac{R+f}{R+1} \cdot x_{н.с} + \frac{1-f}{R+1} \cdot x_W.$$

$$y_{в.с} = \frac{1,6}{1,6+1} \cdot 0,7916 + \frac{0,9830}{1,6+1} = 0,8652 \text{ кмоль / кмоль.}$$

$$y_{н.с} = \frac{1,6+1,671}{1,6+1} \cdot 0,3147 + \frac{1-1,671}{1,6+1} \cdot 0,02935 = 0,3884 \text{ кмоль / кмоль.}$$

Колонна концентрловчи ва ажратувчи қисмларида суюқлик ва бугда ўртача моляр массалари ҳисоби.

Колонна **концентрловчи** қисмидаги суюқликнинг ўртача моляр массаси $M_{хв}$ ушбу формуладан аниқланади:

$$M_{хв} = M_{НК} \cdot x_{в.с} + M_{БК} \cdot (1 - x_{в.с}).$$

$$M_{хв} = 78,1 \cdot 0,7916 + 92,1 \cdot (1 - 0,7916) = 82,02 \text{ кг / кмоль.}$$

Колонна **ажратувчи** қисмидаги суюқликнинг ўртача моляр массаси $M_{хн}$ ушбу формуладан аниқланади:

$$M_{хн} = M_{НК} \cdot x_{н.с} + M_{БК} \cdot (1 - x_{н.с}).$$

$$M_{хн} = 78,1 \cdot 0,3147 + 92,1 \cdot (1 - 0,3147) = 87,69 \text{ кг / кмоль.}$$

Колонна **концентрловчи** қисмидаги бугнинг ўртача моляр массаси M_{yv} ушбу формуладан аниқланади:

$$M_{yv} = M_{НК} \cdot y_{в.с} + M_{БК} \cdot (1 - y_{в.с}).$$

$$M_{yv} = 78,1 \cdot 0,8652 + 92,1 \cdot (1 - 0,8652) = 79,99 \text{ кг / кмоль.}$$

Колонна **ажратувчи** қисмидаги бугнинг ўртача моляр массаси M_{yn} ушбу формуладан аниқланади:

$$M_{yn} = M_{НК} \cdot y_{н.с} + M_{БК} \cdot (1 - y_{н.с}).$$

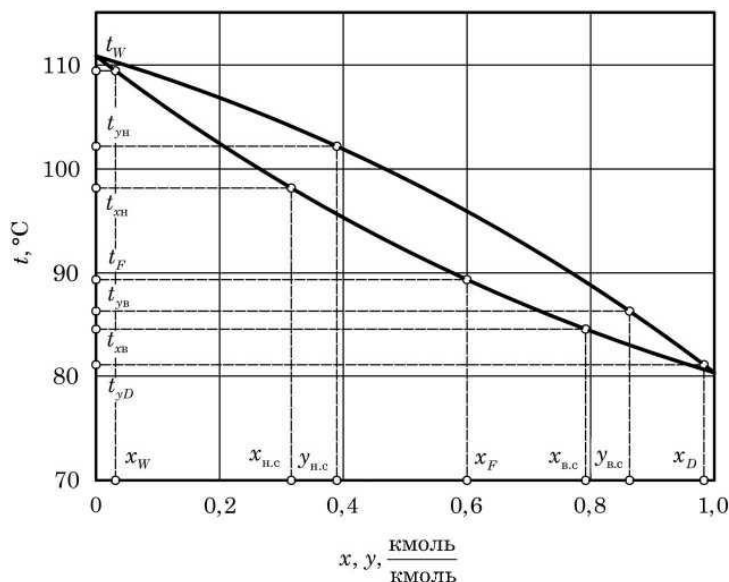
$$M_{yn} = 78,1 \cdot 0,3884 + 92,1 \cdot (1 - 0,3884) = 86,66 \text{ кг / кмоль.}$$

Суюқлик ва бугнинг температурасини аниқлаш.

3.26-расмда фазалар температураларини топишга зарур параметрлар t - x - y диаграммага қурилган. Натижада қуйидаги натижалар олинди:

- колоннага узатилаётган суюқлик температураси, $t_f = 89,4^\circ\text{C};$
- колоннадан чиқаётган куб қолдиғининг температураси, $t_w = 109,24^\circ\text{C};$
- колоннадан чиқаётган флегма буғи ва дистиллятнинг температураси, $t_{yd} = 81,14^\circ\text{C};$

- дефлегматордан чиқётган суяқ флегма ва дистиллят температураси, $t_{xd} = t_{yd} = 81,14^{\circ}\text{C}$;
- колонна **концентрловчи** қисмидаги суяқликнинг ўртача температураси $t_{x\theta} = 84,59^{\circ}\text{C}$;
- колонна **ажратувчи** қисмидаги суяқликнинг ўртача температураси $t_{xH} = 98,09^{\circ}\text{C}$;
- колонна **концентрловчи** қисмидаги буғнинг ўртача температураси, $t_{yb} = 86,32^{\circ}\text{C}$;
- колонна **ажратувчи** қисмидаги буғнинг ўртача температураси $t_{yH} = 104,0^{\circ}\text{C}$.



3.26-расм. t - x - y диаграммада суяқлик ва буғнинг температурасини аниқлаш.

Суяқлик ва буғнинг зичлигини ҳисоблаш.

Суяқлик оқимлари зичликларини ρ_i (кг/м^3) ушбу формуладан топилади:

$$\rho_i = \frac{1}{\frac{\bar{x}_i}{\rho_{HK}} + \frac{1 - \bar{x}_i}{\rho_{BK}}},$$

бу ерда $\bar{x}_i$ - i -оқимда НК нинг массавий улуши, кг/кг ; ρ_{HK} ва ρ_{BK} – оқим температурасида суяқ НК ва ВК ларнинг зичлиги, кг/м^3 .

$t_w = 109,24^{\circ}\text{C}$ температуре суяқ НК ва ВК ларнинг зичликлари (И1-жадвал):

$$\rho_{HK} = 782,2 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{BK} = 778,3 \text{ кг/м}^3 [26].$$

$\bar{x}_W = 0,025 \text{ кг/кг}$ да суяқ куб қолдиғининг зичлиги ρ_w , (кг/м^3)

$$\rho_w = \frac{1}{\frac{0,025}{782,2} + \frac{1 - 0,025}{778,3}} = 778,4 \text{ кг/м}^3.$$

$t_f = 89,4^{\circ}\text{C}$ температуре суяқ НК ва ВК ларнинг зичликлари (И1-жадвал):

$$\rho_{HK} = 804,9 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{BK} = 798,7 \text{ кг/м}^3 [26].$$

$\bar{x}_f = 0,56 \text{ кг/кг}$ да суяқ таъминлаш зичлиги ρ_w , (кг/м^3)

$$\rho_F = \frac{1}{\frac{0,56}{804,9} + \frac{1-0,56}{798,7}} = 802,1 \text{ кг} / \text{м}^3.$$

$t_d = 81,14^\circ\text{C}$ температуре суюқ НК ва ВК ларнинг зичликлари (И1-жадвал) :

$$\rho_{нк} = 813,8 \text{ кг} / \text{м}^3;$$

$$\rho_{вк} = 807,4 \text{ кг} / \text{м}^3.$$

$\bar{x}_d = 0,98 \text{ кг} / \text{кг}$ да суюқ дистиллятнинг зичлиги ρ_w , (кг/м³)

$$\rho_D = \frac{1}{\frac{0,98}{813,8} + \frac{1-0,98}{807,4}} = 813,7 \text{ кг} / \text{м}^3.$$

Колонна **концентрловчи** ва **ажратувчи** қисмларида ўртача таркибли суюқликда НК нинг массавий улушлари ($\bar{x}_{B.C}$ и $\bar{x}_{H.C}$, кг/кг) :

$$\bar{x}_{B.C} = \frac{x_{B.C} \cdot M_{HK}}{M_{HK} \cdot x_{B.C} + M_{BK} \cdot (1 - x_{B.C})};$$

$$\bar{x}_{H.C} = \frac{x_{H.C} \cdot M_{HK}}{M_{HK} \cdot x_{H.C} + M_{BK} \cdot (1 - x_{H.C})}.$$

$$\bar{x}_{B.C} = \frac{0,7916 \cdot 78,1}{78,1 \cdot 0,7916 + 92,1 \cdot (1 - 0,7916)} = 0,7631 \text{ кг} / \text{кг}.$$

$$\bar{x}_{H.C} = \frac{0,3147 \cdot 78,1}{78,1 \cdot 0,3147 + 92,1 \cdot (1 - 0,3147)} = 0,2803 \text{ кг} / \text{кг}.$$

$t_{хв} = 84,59^\circ\text{C}$ температуре суюқ НК ва ВК ларнинг зичликлари (И1-жадвал):

$$\rho_{нк} = 810,1 \text{ кг} / \text{м}^3;$$

$$\rho_{вк} = 803,4 \text{ кг} / \text{м}^3.$$

Колонна **концентрловчи** қисмида ўртача таркибли суюқлик зичлиги $\rho_{хв}$ ушбу формуладан топилади:

$$\rho_{XB} = \frac{1}{\frac{0,7631}{810,1} + \frac{1-0,7631}{803,4}} = 808,5 \text{ кг} / \text{м}^3.$$

$t_{хн} = 98,09^\circ\text{C}$ температуре суюқ НК ва ВК ларнинг зичликлари:

$$\rho_{нк} = 795,2 \text{ кг} / \text{м}^3;$$

$$\rho_{вк} = 790,0 \text{ кг} / \text{м}^3 [26].$$

Колонна **ажратувчи** қисмида ўртача таркибли суюқлик зичлиги $\rho_{хн}$ ушбу формуладан топилади:

$$\rho_{xH} = \frac{1}{\frac{0,2803}{795,2} + \frac{1-0,2803}{790,0}} = 791,4 \text{ кг/м}^3.$$

Колонна дефлегматоридан чиқишда флегма буғи ва дистиллят зичликлари ρ_{yD} (кг/м³) қуйидагича топилади:

$$\rho_{yD} = \frac{M_D}{22,4} \cdot \frac{273}{t_{yD} + 273} \cdot \frac{P}{P_0},$$

бу ерда P_0 - нормал барометрик босим, Па.

Нормал барометрик босим $P_0 = 1,013 \cdot 10^5$ Па.

$$\rho_{yD} = \frac{78,34}{22,4} \cdot \frac{273}{81,14 + 273} \cdot \frac{1 \cdot 10^5}{1,013 \cdot 10^5} = 2,662 \text{ кг/м}^3.$$

Колонна **концентрловчи** қисмида ўртача таркибли буғлар зичлиги ρ_{yB} (кг/м³) ушбу формулада ҳисоблаймиз:

$$\rho_{yB} = \frac{M_{yB}}{22,4} \cdot \frac{273}{t_{yB} + 273} \cdot \frac{P}{P_0}.$$

$$\rho_{yB} = \frac{79,99}{22,4} \cdot \frac{273}{86,32 + 273} \cdot \frac{1 \cdot 10^5}{1,013 \cdot 10^5} = 2,679 \text{ кг/м}^3.$$

Колонна **ажратувчи** қисмида ўртача таркибли буғлар зичлиги ρ_{yH} (кг/м³) ушбу формулада ҳисоблаймиз:

$$\rho_{yH} = \frac{M_{yH}}{22,4} \cdot \frac{273}{t_{yH} + 273} \cdot \frac{P}{P_0}.$$

$$\rho_{yH} = \frac{86,66}{22,4} \cdot \frac{273}{102,0 + 273} \cdot \frac{1 \cdot 10^5}{1,013 \cdot 10^5} = 2,781 \text{ кг/м}^3.$$

Суюқлик ва буғларнинг массавий сарфларини ҳисоблаш.

Флегманинг массавий сарфи $\bar{G}_R$ ушбу формуладан топилади:

$$\bar{G}_R = \bar{G}_D \cdot R.$$

$$\bar{G}_R = 1,245 \cdot 1,6 = 1,992 \text{ кг/с}.$$

Колонна **концентрловчи** ва **ажратувчи** қисмларида суюқликнинг ўртача массавий сарфлари ($\bar{G}_{xB}$ и $\bar{G}_{xH}$, кг/с) ушбу формуладан аниқланади:

$$\bar{G}_{xB} = M_{xB} \cdot DR;$$

$$\bar{G}_{xH} = M_{xH} \cdot D \cdot (R + f).$$

$$\bar{G}_{xB} = 81,02 \cdot 0,01589 \cdot 1,6 = 2,06 \text{ кг/с}.$$

$$\bar{G}_{xH} = 87,69 \cdot 0,01589 \cdot (1,6 + 1,671) = 4,558 \text{ кг/с}.$$

Колоннадан чиқаётган флегма ва дистиллят буғларининг массавий сарфи $\bar{G}$ ни қуйидаги тенгламадан топамиз:

$$\bar{G} = \bar{G}_R + \bar{G}_D$$

$$\bar{G} = 1,992 + 1,245 = 3,237 \text{ кг/с}.$$

Колонна **концентрловчи ва ажратувчи** қисмларида бугнинг ўртача массавий сарфлари ($\bar{G}_{yв}$ и $\bar{G}_{yн}$, кг/с) ушбу формуладан аниқланади:

$$\bar{G}_{yв} = M_{yв} \cdot D \cdot (R + 1);$$

$$\bar{G}_{yн} = M_{yн} \cdot D \cdot (R + 1);$$

$$\bar{G}_{yв} = 79,99 \cdot 0,01589 \cdot (1,6 + 1) = 3,305 \text{ кг} / \text{с}.$$

$$\bar{G}_{yн} = 86,66 \cdot 0,01589 \cdot (1,6 + 1) = 3,581 \text{ кг} / \text{с}.$$

Суюқлик ва бугнинг ҳажмий сарфи ҳисоблаш.

Ишчи шароитда флегма ва дистиллят бугларининг массавий сарфи қуйидаги тенгламадан топилади:

$$V_G = \frac{\bar{G}_R}{\rho_{yD}}.$$

$$V_G = \frac{1,992}{2,662} = 0,7483 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Колонна **концентрловчи ва ажратувчи** қисмларида бугнинг ўртача ҳажмий сарфлари ($\bar{V}_{yв}$ ва $\bar{V}_{yн}$, кг/с) ушбу формуладан аниқланади:

$$V_{yв} = \frac{\bar{G}_{yв}}{\rho_{yв}};$$

$$V_{yн} = \frac{\bar{G}_{yн}}{\rho_{yн}};$$

$$V_{yв} = \frac{3,305}{2,679} = 1,234 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

$$V_{yн} = \frac{3,581}{2,781} = 1,234 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Суюқлик агрегат ҳолатидаги таъминлаш, дистиллят ва куб қолдиқларининг ҳажмий сарфлари V_F , V_D ва V_W ушбу формулалардан топилади:

$$V_F = \frac{\bar{G}_F}{\rho_F};$$

$$V_D = \frac{\bar{G}_D}{\rho_D};$$

$$V_W = \frac{\bar{G}_W}{\rho_W}.$$

$$V_F = \frac{2,222}{802,1} = 2,770 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с}.$$

$$V_D = \frac{1,245}{813,7} = 1,530 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с}.$$

$$V_w = \frac{0,977}{778,4} = 1,256 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Флегманинг ҳажмий сарфи:

$$V_R = \frac{\bar{G}_R}{\rho_R}.$$

$$V_R = \frac{1,992}{813,7} = 2,448 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Колонна **концентрловчи ва ажратувчи** қисмларида суюқликнинг ўртача ҳажмий сарфлари ($\bar{V}_{XB}$ ва $\bar{V}_{XH}$, кг/с) ушбу формуладан аниқланади:

$$V_{XB} = \frac{\bar{G}_{XB}}{\rho_{XB}};$$

$$V_{XH} = \frac{\bar{G}_{XH}}{\rho_{XH}}.$$

$$V_{XB} = \frac{2,06}{808,5} = 2,548 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с}.$$

$$V_{XH} = \frac{4,558}{791,4} = 5,759 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Суюқликларнинг динамик қовушқоқлигини ҳисоблаш.

Колонна **концентрловчи ва ажратувчи** қисмларида суюқликнинг ўртача динамик қовушқоқлик коэффициенти (μ_{XB} ва μ_{XH} , Па·с) ушбу формулада ҳисобланади:

$$\mu_{XB} = 10^{x_{BC} \cdot \lg \mu_{НК,В} + (1-x_{BC}) \cdot \lg \mu_{ВКВ}}$$

$$\mu_{XH} = 10^{x_{HC} \cdot \lg \mu_{НК,Н} + (1-x_{HC}) \cdot \lg \mu_{ВКН}}$$

бу ерда $\mu_{НКВ}$ ва $\mu_{ВКВ}$ - t_{XB} температурада суюқ НК ва ВК ларнинг динамик қовушқоқлик коэффициентлари, Па·с;
 $\mu_{НКН}$ ва $\mu_{ВКН}$ - t_{XH} температурада суюқ НК ва ВК ларнинг динамик қовушқоқлик коэффициентлари, Па·с;

$t_{XB}=84,59^\circ\text{C}$ температурада суюқ НК ва ВК динамик қовушқоқлик коэффициенти (И12-жадвал):

$$\mu_{НКВ} = 3,019 \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с};$$

$$\mu_{ВКВ} = 3,070 \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\mu_{XB} = 10^{0,7916 \cdot \lg (3,019 \cdot 10^{-4}) + (1-0,7916) \cdot \lg (3,070 \cdot 10^{-4})} = 3,029 \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

$t_{XH}=98,09^\circ\text{C}$ температурада суюқ НК ва ВК динамик қовушқоқлик коэффициенти (И12-жадвал):

$$\mu_{НКН} = 2,656 \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с};$$

$$\mu_{ВКН} = 2,752 \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\mu_{XB} = 10^{0,3147 \cdot \lg (2,656 \cdot 10^{-4}) + (1-0,3147) \cdot \lg (2,752 \cdot 10^{-4})} = 2,721 \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

Ректификацион колоннада бугнинг ишчи тезлигини ва диаметрини ҳисоблаш.

Колоннада бугнинг ишчи тезлигини ҳисоблаш.

Элаксимон тарелкалар учун тарелкалараро масофа 300...700 мм бўлганда, колонна **концентрловчи ва ажратувчи** қисмларида ишчи тезликлар $w_{pв}$ ва $w_{pн}$ ушбу тенгламалар орқали топилади:

$$w_{pв} = C \cdot \sqrt{\frac{\rho_{xв} - \rho_{yв}}{\rho_{yв}}};$$

$$w_{pн} = C \cdot \sqrt{\frac{\rho_{xн} - \rho_{yн}}{\rho_{yн}}},$$

бу ерда C - коэффициент, м/с.

Коэффициент C тарелкалараро масофа h_t га боғлиқ ва махсус адабиётлардан олинади. $h_t = 0,4$ м деб қабул қиламиз, унда $C = 0,057$.

$$w_{p.в} = 0,057 \cdot \sqrt{\frac{808,5 - 2,679}{2,679}} = 0,9887 \text{ м/с.}$$

$$w_{p.н} = 0,057 \cdot \sqrt{\frac{791,4 - 2,781}{2,781}} = 0,9599 \text{ м/с.}$$

Ректификацион колонна диаметрини ҳисоблаш

Ректификацион колонна **концентрловчи ва ажратувчи** қисмларининг диаметрлари $D_{pв}$ ва $D_{pн}$ қуйидаги формулада аниқланади:

$$D_{p.в} = \sqrt{\frac{4V_{yв}}{\pi w_{p.в}}};$$

$$D_{p.н} = \sqrt{\frac{4V_{yн}}{\pi w_{p.н}}}.$$

$$D_{p.в} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,234}{3,14 \cdot 0,9887}} = 1,261 \text{ м.}$$

$$D_{p.н} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,288}{3,14 \cdot 0,9599}} = 1,307 \text{ м.}$$

Аниқланган диаметрлар фарқи катта эмас, яъни $D_{pн} - D_{pв} = 0,0463 < 0,2$ м, шунинг учун ҳисобланган диаметр сифатида катта диаметрни қабул қиламиз $D_p = D_{pн} = 1,307$ м.

Колоннанинг ҳақиқий диаметрини стандарт қатордан $D_k = 1,4$ м деб қабул қиламиз [26,49].

Колоннада бугнинг ҳақиқий тезлиги.

Колонна **концентрловчи ва ажратувчи** қисмларидаги буг тезликларни $w_{yв}$ ва $w_{yн}$ ушбу тенгламадан ҳисоблаймиз:

$$w_{yв} = \sqrt{\frac{4V_{yв}}{\pi D_k^2}};$$

$$w_{yн} = \sqrt{\frac{4V_{yн}}{\pi D_k^2}}.$$

$$w_{yB} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,234}{3,14 \cdot 1,4^2}} = 0,8015 \text{ м/с.}$$

Тарелка параметрлари.

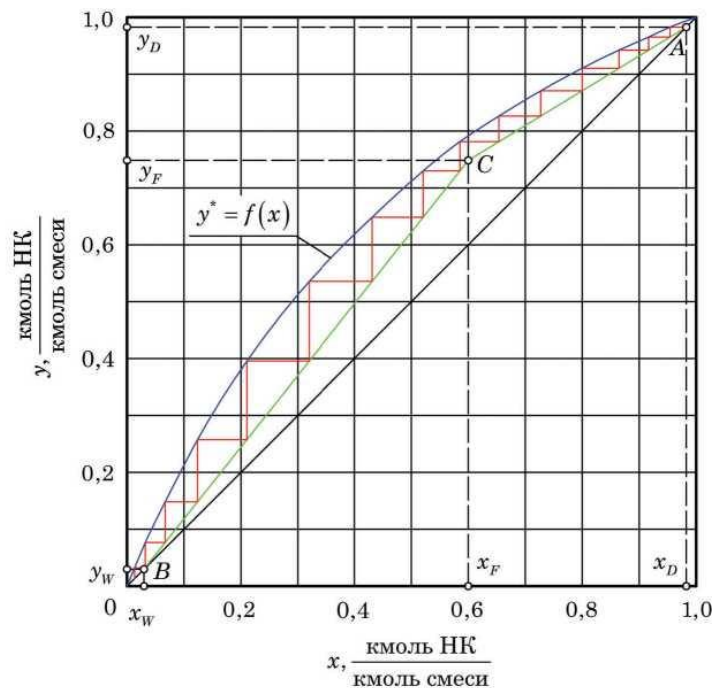
Қабул қилинган диаметр қийматига $D_K = 1,4$ м элаксимон тарелка (тип 1, ижро 2) ушбу параметрларга эга [26,49,62]:

тешиklar диаметри	$d_o = 0,008 \text{ м;}$
тарелкада тешиklar қадами	$t_o = 0,018 \text{ м;}$
тарелка тешиklar юзаси	$f_{CB} = 0,1201 \text{ м}^2/\text{м}^2;$
қуйилиш остонасининг баландлиги	$h_{nep} = 0,03 \text{ м;}$
қуйилиш периметри	$L_c = 0,84 \text{ м.}$

Ҳамма параметрлар тавсия этилган стандарт қатордан танланган тарелка учун техник хужжат ва адабиётлардан олинган.

Ректификацион колонна баландлигини ҳисоблаш.

Колоннанинг концентрловчи ва ажратувчи қисмларида назарий тарелкалар сонини ҳисоблаш.



3.27-расм. Ректификацион колонна концентрловчи ва ажратувчи қисмларида назарий тарелкалар сонини аниқлашга оид.

Колонна **концентрловчи** ва **ажратувчи** қисмларидаги назарий тарелкалар сони N_{TB} ва N_{TH} Мак-Кэб и Тиле усулларидадан фойдаланиб аниқлаймиз (3.27-расмда x - y диаграммада келтирилган). Колонна **концентрловчи** қисмидаги назарий тарелкалар сони $N_{TB} = 6,80$ дона, **ажратувчи** қисмидаги назарий тарелкалар сони $N_{TH} = 7,14$ дона.

Колонна концентрловчи и ажратувчи қисмларидаги тарелкалар ўртача самарадорлигини ҳисоблаш.

Ректификацион колонна **концентрловчи** ва **ажратувчи** қисмларидаги элаксимон тарелкалар ўртача самарадорлиги η_B ва η_H лар ушбу эмпирик тенгламалар ёрдамида ҳисобланади:

$$\eta_e = 0,091 \cdot (\alpha_e \cdot \mu_{x_e})^{-0,245}; \quad (3.154)$$

$$\eta_n = 0,091 \cdot (\alpha_n \cdot \mu_{xn})^{-0,245}, \quad (3.155)$$

бу ерда α_B ва α_H - колоннанинг **концентрловчи ва ажратувчи** қисмларидаги ажратилаётган аралашманинг компонентларининг нисбий учувчанлиги.

Величины α_B ва α_H катталикларни қуйидаги формулалар орқали топамиз:

$$\alpha_B = \frac{P_{HK6}}{P_{BK6}}; \quad (3.156)$$

$$\alpha_H = \frac{P_{HKH}}{P_{BKH}}, \quad (3.157)$$

бу ерда P_{HK6} ва P_{BK6} - t_{x6} температурада НК ва ВК лар тўйинган буғларининг босими, Па; P_{HKH} ва P_{BKH} - t_{xH} температурада НК ва ВК лар тўйинган буғларининг босими, Па.

$t_{x6} = 84,59^\circ\text{C}$ температурада НК ва ВК лар тўйинган буғларининг босими:

$P_{HK6} = 1,156 \cdot 10^5$ Па; $P_{BK6} = 4,597 \cdot 10^4$ Па [26,49].

$$\alpha_B = \frac{1,156 \cdot 10^5}{4,597 \cdot 10^4} = 2,513.$$

$t_{xH} = 98,09^\circ\text{C}$ температурада НК ва ВК лар тўйинган буғларининг босими:

$P_{HK6} = 1,7 \cdot 10^5$ Па; $P_{BK6} = 7,162 \cdot 10^4$ Па [26,49].

$$\alpha_H = \frac{1,700 \cdot 10^5}{7,162 \cdot 10^4} = 2,374.$$

$$\eta_B = 0,091 \cdot (2,513 \cdot 3,029 \cdot 10^{-4})^{-0,245} = 0,5285.$$

$$\eta_H = 0,091 \cdot (2,374 \cdot 2,721 \cdot 10^{-4})^{-0,245} = 0,5502.$$

Агар, тарелкада суюқликнинг ҳаракат йўли $l_n < 0,9$ м бўлса, олинган η_6 ва η_n қийматларини корреляция қилиш керак. Шунинг учун l_n ни ҳисоблаш учун ушбу формулаларни қўллаш мумкин:

$$l_{II} = \sqrt{D_K^2} - L_C^2. \quad (3.158)$$

$$l_{II} = \sqrt{1,4^2} - 0,84^2 = 1,12 \text{ м.}$$

Агар, тарелкада суюқликнинг ҳаракат йўли $l_n > 0,9$ м бўлса, олинган η_6 ва η_n қийматларини корреляция қилиш керак. Бунда l_n ни ҳисоблаш учун ушбу формулалардан топилади:

$$\eta_{IB} = \eta_B \cdot A_1; \quad (3.159)$$

$$\eta_{IH} = \eta_H \cdot A_1, \quad (3.160)$$

бу ерда η_{IB} ва η_{IH} - колоннанинг **концентрловчи ва ажратувчи** қисмларидаги суюқликнинг ҳаракат йўлини инобатга олган корреляция қилинган тарелка самарадорлигининг қийматлари; A_1 - коэффициент бўлиб, унинг қиймати l_n боғлиқ.

$A_l = f(l_{II})$ функция графигидан $A_l = 1,079$ тенглигини топамиз.

$$\eta_{IB} = 0,5285 \cdot 1,079 = 0,5701.$$

$$\eta_{IH} = 0,5502 \cdot 1,079 = 0,5935.$$

Колоннанинг **концентрловчи** ва **ажратувчи** қисмларидаги тарелкалар сонини ҳисоблаш. Тарелкалар сони N_B ва N_H ларни ушбу формулалардан аниқланади:

$$N_B = \frac{N_{T.B.}}{\eta_{IB}}; \quad (3.161)$$

$$N_H = \frac{N_{T.H.}}{\eta_{IH}}; \quad (3.162)$$

$$N_B = \frac{6,80}{0,5701} = 11,93$$

$$N_H = \frac{7,14}{0,5935} = 12,03$$

Ҳисобланган натижаларни яхлитлаб $N_B = 12$ ва $N_H = 13$ дона тарелка оламиз. Ректификацион колонна умумий тарелкалар сони N ни қуйидагича аниқлаймиз:

$$N = N_H + N_B. \quad (3.163)$$

$$N = 13 + 12 = 25 \text{ дона}$$

Колоннали қурилмаларни лойиҳалаш бўйича йўриқнома асосида тарелкалар сони жуфт қилиб олиш керак (бунинг учун **концентрловчи** қисмига битта тарелка қўшамиз).

Қабул қиламиз:

колонна **концентрловчи** қисмида тарелкалар сони $N_B = 13$ дона;

колонна **ажратувчи** қисмида тарелкалар сони $N_H = 13$ штук;

колоннада тарелкалар умумий сони $N = 26$ штук;

таъминловчи тарелка 13 (пастдан).

Колонна тарелка эгаллаб турган қисмининг баландлигини ҳисоблаш.

Ажратилаётган аралашма ифлословчи моддаларсиз деб қабул қиламиз. Шунинг учун колонна тарелкали қисмида люк ўрнатилмайдиган максимал тарелкалар сони $N_{TL} = 12$ дона. Умумий тарелкалар сони $N > N_{TL}$, бўлгани учун люк ўрнатилиши шарт.

Ўрнатилиши керак бўлган люклар сони N_L (дона) ва люклар учун тарелкалараро масофанинг кўпайиши ушбу формулалардан топилади:

$$N_L = \frac{N}{N_{TL}} - 1$$

$$N_L = \frac{26}{12} - 1 = 1,167$$

Ҳисобланган натижани яхлитлаб $N_R = 2$ дона люк ўрнатилиши топамиз. Колоннанинг тарелкали қисмининг баландлиги H_{Tq} (м) ушбу формуладан аниқланади:

$$H_{Tq} = (N - 1) \cdot h_T + N_L \cdot (h_L - h_T), \quad (3.164)$$

бу ерда h_L - люк ўрнатиладиган жойда тарелкалараро масофа, м.

Каталогларда келтирилган тавсиялар асосида $h_L = 0,8$ м деб қабул қиламиз.

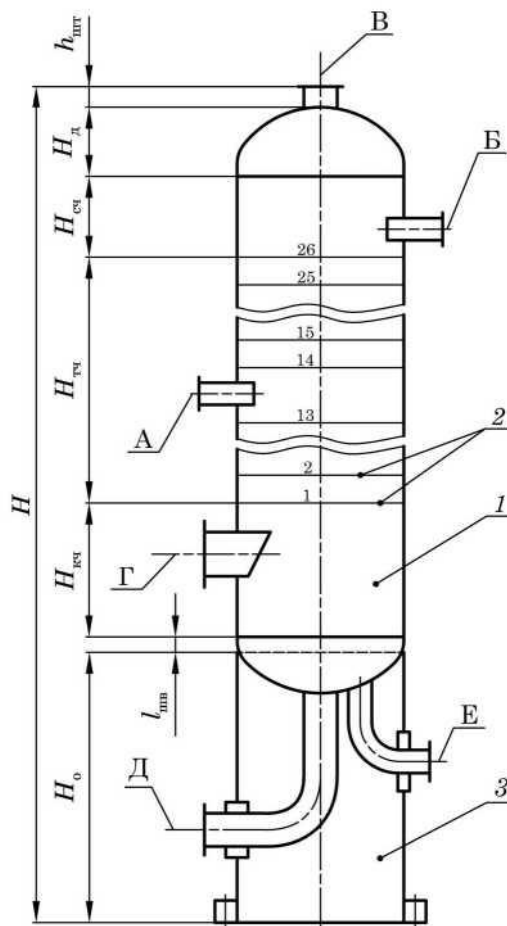
$$H_{Tq} = (26 - 1) \cdot 0,4 + 2 \cdot (0,8 - 0,4) = 10,8 \text{ м.}$$

Ректификацион колонна баландлигини ҳисоблаш.

Яхлит пайвандланган насадкали ректификацион колонна баландлигини қуйидаги формуладан топамиз (3.28-расм):

$$H = H_{Tq} + H_{Kq} + H_{Cq} + H_D + H_o + h_{шт} + l_{шв}, \quad (3.165)$$

бу ерда H_{Kq} ва H_{Cq} – куб ва сепарацион қисмлари обечайкасининг баландлиги, м; H_D - эллиптик днишче баландлиги, м; H_o - цилиндрик таянч баландлиги, м; $h_{шт}$ - флегма ва дистиллят кириш ва чиқиш штуцерлари, м; $l_{шв}$ – днишчени обечайка ва обечайкани таянч билан бирлаштирувчи пайванд чоклар орасидаги масофа, м.



3.28–расм. Яхлит пайвандланган насадкали ректификацион колонна баландлигини ҳисоблашга онд схема.

1 - қобик; 2 - тарелка; 3 – цилиндрик таянча. Штуцерлар: А – таъминловчи; Б – флегма кириш; В - флегма ва дистиллят буглари чиқиш; Г – буг-суюклик аралашмаси кириш; Д – циркуляцияга куб қолдиғи чиқиш; Е – куб қолдиғи чиқиш.

Яхлит пайвандланган насадкали ректификацион колонна диаметрлари 1,0 дан 3,6 м гача бўлганда [9,62]: $H_{кч} = 2,8$ м; $H_{сч} = 1,6$ м; $H_0 = 2,0$ м; $h_{шт} = 0,2$ м; $l_{ув} = 0,08$ м.

Чети букилган эллиптик днишче баландлиги H_d , (м) ушбу формуладан аниқланади:

$$H_d = 0,25D_K + 0,04.$$

$$H_d = 0,25 \cdot 1,4 + 0,04 = 0,39 \text{ м.}$$

$$H = 10,8 + 2,8 + 1,6 + 0,39 + 2,0 + 0,2 + 0,08 = 17,87 \text{ м.}$$

Расчетная габаритная высота колонны меньше максимально допустимой габаритной высоты стандартизированного цельносварного тарельчатого колонного аппарата, которая при $D_K = 1,4$ м составляет 30 м [5,6,7,12,26,49].

Ректификацион колонна гидравлик қаршилигини ҳисоблаш.

Ректификацион колоннанинг умумий гидравлик қаршилиги ΔP_K (Па) ушбу формуладан топамиз :

$$\Delta P_K = \Delta P_{T.H} \cdot N_H + \Delta P_{T.B} \cdot N_B, \quad (3.166)$$

бу ерда $\Delta P_{T.H}$ - колоннанинг **ажратувчи** қисмидаги ювилиб турувчи тарелка гидравлик қаршилиги, Па; $\Delta P_{T.B}$ - колоннанинг **концентрловчи** қисмидаги ювилиб турувчи тарелка гидравлик қаршилиги, Па.

Ювилиб турувчи тарелка гидравлик қаршилиги ушбу формуладан аниқланади :

$$\Delta P_{тв} = \Delta P_{сyxв} + \Delta P_{пжв} + \Delta P_{св}; \quad (3.167)$$

$$\Delta P_{ти} = \Delta P_{сyxи} + \Delta P_{пжи} + \Delta P_{си}, \quad (3.168)$$

бу ерда $\Delta P_{сyx.B}$ ва $\Delta P_{сyx.H}$ - колоннанинг **концентрловчи ва ажратувчи** қисмларидаги курук тарелкалар гидравлик қаршилиги, Па; $\Delta P_{пж.B}$ ва $\Delta P_{пж.H}$ - колоннанинг **концентрловчи ва ажратувчи** қисмларидаги тарелка устидаги буғ-суюқлик қатламининг гидравлик қаршиликлари, Па; $\Delta P_{св}$ и $\Delta P_{си}$ - колоннанинг **концентрловчи ва ажратувчи** қисмларидаги тарелкаларда сиртий таранглик кучларини туфайли ҳосил бўлган гидравлик қаршиликлар, Па.

Курук тарелка гидравлик қаршилиги

Курук тарелка гидравлик қаршилиги ушбу формулалардан фойдаланиб топиш мумкин:

$$\Delta P_{сyx.B} = \zeta_{сyx} \frac{\rho_{yB} \cdot w_{yB}^2}{2 \cdot f_{CB}^2}; \quad (3.169)$$

$$\Delta P_{сyx.H} = \zeta_{сyx} \frac{\rho_{yH} \cdot w_{yH}^2}{2 \cdot f_{CB}^2}; \quad (3.170)$$

бу ерда $\zeta_{сyx}$ - курук тарелка гидравлик қаршилик коэффициенти; f_{CB} - тарелка тешикларининг нисбий юзаси, м²/м².

Элаксимон тарелкалар учун $f_{CB} = 0,10 \dots 0,20$ м²/м² бўлганда курук тарелка гидравлик қаршилик коэффициенти $\zeta_{сyx}$ ни қуйидаги ораликдан 1,4...1,5 танлаш тавсия этилади 1,4 до 1,5 [49]. $\zeta_{сyx} = 1,4$ деб қабул қиламиз.

$$\Delta P_{Cyx.B} = 1,4 \cdot \frac{2,679 \cdot 0,8015^2}{2 \cdot 0,1201^2} = 83,51 \text{ Па.}$$

$$\Delta P_{Cyx.H} = 1,4 \cdot \frac{2,781 \cdot 0,8365^2}{2 \cdot 0,1201^2} = 94,42 \text{ Па}$$

Тарелкада буғ-сууюқлик қатлами гидравлик қаршилик.

Колоннанинг **концентрловчи** ва **ажратувчи** қисмларидаги элаксимон тарелкалардаги буғ-сууюқлик қатламининг гидравлик қаршилигини аниқлаш учун ушбу формулалардан фойдаланиш мумкин:

$$\Delta P_{ПЖ.B} = \rho_{XB} \cdot g h_{0B}; \quad (3.171)$$

$$\Delta P_{ПЖ.H} = \rho_{XH} \cdot g h_{0H}, \quad (3.172)$$

бу ерда h_{0B} ва h_{0H} - колоннанинг **концентрловчи** ва **ажратувчи** қисмларидаги тарелкадаги тиниқ сууюқлик қатламининг баландлиги, м.

Тарелкадаги тиниқ сууюқлик қатламининг баландликлари h_{0B} ва h_{0H} ушбу тенгламалардан топилади:

$$h_{0B} = 0,787 \cdot \left(\frac{V_{XB}}{L_C} \right)^{0,2} \cdot h_{ПЕР}^{0,56} \cdot w_{YB}^{0,05-4,6h_{ПЕР}} \cdot (1 - 0,31e^{-110\mu_{XB}}) \cdot \left(\frac{\sigma_{XB}}{\sigma} \right)^{0,09}; \quad (3.173)$$

$$h_{0H} = 0,787 \cdot \left(\frac{V_{XH}}{L_C} \right)^{0,2} \cdot h_{ПЕР}^{0,56} \cdot w_{YH}^{0,05-4,6h_{ПЕР}} \cdot (1 - 0,31e^{-110\mu_{XH}}) \cdot \left(\frac{\sigma_{XH}}{\sigma} \right)^{0,09}; \quad (3.174)$$

бу ерда $h_{пер}$ - тарелка қуйилиш останасининг баландлиги, м; σ_{XB} ва σ_{XH} - колоннанинг **концентрловчи** ва **ажратувчи** қисмларидаги ўртача таркибли сууюқликлар сиртий таранглиги, Н/м; σ - 20°C температурада сувнинг сиртий таранглиги, Н/м.

Сиртий таранглик ушбу формулалар орқали топилади:

$$\sigma_{XB} = 0,5 \cdot (\sigma_{HK.B} + \sigma_{BK.B}); \quad (3.175)$$

$$\sigma_{XH} = 0,5 \cdot (\sigma_{HK.H} + \sigma_{BK.H}), \quad (3.176)$$

бу ерда $\sigma_{HK.B}$ ва $\sigma_{BK.B}$ - колоннанинг **концентрловчи** қисмидаги сууюқликнинг ўртача температурада НК ва ВК ларнинг сиртий таранглиги, Н/м; $\sigma_{HK.H}$ ва $\sigma_{BK.H}$ - колоннанинг **ажратувчи** қисмидаги сууюқликнинг ўртача температурада НК ва ВК ларнинг сиртий таранглиги, Н/м.

$t_{XB} = 84,59^\circ\text{C}$ температурада сууюқ НК ва ВК ларнинг сиртий таранглиги : $\sigma_{HK.B} = 2,074 \cdot 10^{-2}$ Н/м;

$\sigma_{BK.B} = 2,1 \cdot 10^{-2}$ Н/м [37,54].

$$\sigma_{XB} = 0,5 \cdot (2,074 \cdot 10^{-2} + 2,1 \cdot 10^{-2}) = 2,087 \cdot 10^{-2} \text{ Н / м.}$$

$t_{XH} = 98,09^\circ\text{C}$ температурада сууюқ НК ва ВК ларнинг сиртий таранглиги: $\sigma_{HK.H} = 1,904 \cdot 10^{-2}$ Н/м;

$\sigma_{BK.H} = 1,96 \cdot 10^{-2}$ Н/м [37,54].

$$\sigma_{XH} = 0,5 \cdot (1,904 \cdot 10^{-2} + 1,96 \cdot 10^{-2}) = 1,932 \cdot 10^{-2} \text{ Н / м}$$

20°C температурада сувнинг сиртий таранглиг $\sigma = 7,27 \cdot 10^{-2}$ Н/м [36,54].

$$h_{0B} = 0,787 \cdot \left(\frac{2,548 \cdot 10^{-3}}{0,84} \right)^{0,2} \cdot 0,03^{0,56} \cdot 0,8015^{0,05-4,6 \cdot 0,03} \times \\ \times (1 - 0,31e^{-110 \cdot 3,029 \cdot 10^{-4}}) \cdot \left(\frac{2,087 \cdot 10^{-2}}{7,27 \cdot 10^{-2}} \right)^{0,09} = 2,21 \cdot 10^{-2} \text{ м.}$$

$$h_{0H} = 0,787 \cdot \left(\frac{5,759 \cdot 10^{-3}}{0,84} \right)^{0,2} \cdot 0,03^{0,56} \cdot 0,8365^{0,05-4,6 \cdot 0,03} \times \\ \times (1 - 0,31e^{-110 \cdot 2,721 \cdot 10^{-4}}) \cdot \left(\frac{1,932 \cdot 10^{-2}}{7,27 \cdot 10^{-2}} \right)^{0,09} = 2,57 \cdot 10^{-2} \text{ м.}$$

$$\Delta P_{ПЖ.В} = 808,5 \cdot 9,81 \cdot 2,21 \cdot 10^{-2} = 175,3 \text{ Па.}$$

$$\Delta P_{ПЖ.В} = 791,4 \cdot 9,81 \cdot 2,57 \cdot 10^{-2} = 199,5 \text{ Па.}$$

Сиртий таранглик кучлари туфайли ҳосил бўлган гидравлик қаршилик.

$\Delta P_{\sigma B}$ ва $\Delta P_{\sigma H}$ катталиклар ушбу формуладан аниқланади:

$$\Delta P_{\sigma B} = \frac{4\sigma_{XB}}{d_{\text{э}}}; \quad (3.177)$$

$$\Delta P_{\sigma H} = \frac{4\sigma_{XH}}{d_{\text{э}}}; \quad (3.178)$$

бу ерда $d_{\text{э}}$ - буғ ўтиш тешик ёки тиркишларининг эквивалент диаметри, м.

Элаксимон тарелка думалоқ тешиклари учун эквивалент диаметр $d_{\text{э}}$ тешикнинг номинал диаметрига тенг, яъни $d_{\text{э}} = d_0 = 0,008$ м.

$$\Delta P_{\sigma B} = \frac{4 \cdot 2,087 \cdot 10^{-2}}{0,008} = 10,44 \text{ Па.}$$

$$\Delta P_{\sigma H} = \frac{4 \cdot 1,932 \cdot 10^{-2}}{0,008} = 9,659 \text{ Па.}$$

Ювилиб турувчи тарелка гидравлик қаршилиги.

Колоннанинг **концентрловчи** қисмидаги ювилиб турувчи тарелка гидравлик қаршилиги:

$$\Delta P_{T.B} = 83,51 + 175,3 + 10,44 = 269,2 \text{ Па.}$$

Колоннанинг **ажратувчи** қисмидаги ювилиб турувчи тарелка гидравлик қаршилиги:

$$\Delta P_{T.H} = 94,42 + 199,5 + 9,659 = 303,6 \text{ Па.}$$

Ректификацион колонна гидравлик қаршилиги:

Ректификацион колоннанинг умумий гидравлик қаршилиги

$$\Delta P_K = 303,6 \cdot 13 + 269,2 \cdot 13 = 7,447 \cdot 10^3 \text{ Па.}$$

Ректификацион колонна штуцерларини ҳисоблаш.

Ректификацион колоннанинг асосий технологик штуцерлари (4.16-расм):

А – таъминловчи штуцер;

Б – флегма кириш штуцери;

В – флегма ва дистиллят буғлари чиқиш штуцери;

Г – буғ-суюқлик аралашмасининг кириш штуцери;

Д – циркуляцияга куб қолдигининг чиқиш штуцери;

Е – куб қолдиги чиқиш штуцери.

Таъминловчи штуцер $d_{p.A}$, (м) ушбу формуладан аниқланади:

$$d_{p.A} = \sqrt{\frac{4V_F}{\pi w_{рек.A}}} \quad (3.179)$$

бу ерда $w_{рек.A}$ - штуцерда тавсия этилган суюқлик тезлиги, м/с.

Ишчи шароитда суюқликнинг ҳажмий сарфи $V_F = 2,77 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$. Насосларнинг ҳайдаш йўлида озгина қовушқоқ суюқликлар учун тавсия этиладиган тезликлар 1,0 дан 2,5 м/с гача [12,30,31]. Қабул қиламиз $w_{рек.A} = 2,0 \text{ м/с}$.

$$d_{p.A} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,770 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 2,0}} = 0,042 \text{ м.}$$

Стандарт шартли диаметр $d_{y.A} = 50 \text{ мм}$ ни қабул қиламиз.

Флегма кириш штуцерининг диаметри $d_{p.B}$ (м) ни ушбу формуладан топамиз:

$$d_{p.B} = \sqrt{\frac{4V_R}{\pi w_{рек.B}}},$$

бу ерда $w_{рек.B}$ - штуцерда тавсия этилган суюқлик тезлиги, м/с.

Ишчи шароитда суюқ флегманинг ҳажмий сарфи $V_R = 2,448 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$. Насосларнинг ҳайдаш йўлида қовушқоқлиги паст суюқликлар учун тавсия этиладиган тезликлар 1,0 дан 2,5 м/с гача [12,30,31]. Қабул қиламиз $w_{рек.B} = 2,0 \text{ м/с}$.

$$d_{p.B} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,448 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 2,0}} = 0,0395 \text{ м.}$$

Стандарт шартли диаметр $d_{y.B} = 50 \text{ мм}$ ни қабул қиламиз.

Флегма ва дистиллят буғлари учун чиқиш штуцери $d_{p.в}$ (м) куйидаги тенгламадан топилади:

$$d_{p.B} = \sqrt{\frac{4V_G}{\pi w_{рек.B}}},$$

бу ерда $w_{рек.B}$ - штуцерда флегма ва дистиллят буғлари учун тавсия этилган суюқлик тезлиги, м/с.

$w_{рек.B}$ тезлик қиймати ушбу штуцерда буғ юкламасининг омили $F_{S.B}$, ($\text{Па}^{0,5}$) 8 дан 15 маротабага шартдан келиб чиқиб аниқлаймиз. Бунда,

$$F_{S.B} = w_{рек.B} \sqrt{\rho_{yD}}. \quad (3.180)$$

Ишчи шароитда флегма ва дистиллят буғларининг ҳажмий сарфи $V_G = 0,7483 \text{ м}^3/\text{с}$.

Штуцерда буғ юкламасининг омили $F_{S.B}=12 \text{ Па}^{0,5}$. Унда, флегма ва дистиллят буғларининг чиқиш штуцерида тавсия этиладиган тезлик қийматлари ушбу формуладан аниқланади:

$$w_{рек.B} = \frac{12}{\sqrt{2,662}} = 7,355 \text{ м/с}.$$

Ҳисобланган штуцер диаметри

$$d_{p.B} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,7483}{3,14 \cdot 7,355}} = 0,3599 \text{ м}$$

Флегма ва дистиллят буғлари чиқиши учун стандарт шартли диаметр $d_{y.B} = 400 \text{ мм}$ ли штуцер қабул қиламиз.

Куб қолдиғи чиқиши учун штуцер.

Куб қолдиғи чиқиши учун штуцер диаметри $d_{p.E}$ қуйидагича ҳисобланади:

$$d_{p.E} = \sqrt{\frac{4V_w}{\pi w_{рек.E}}},$$

бу ерда $w_{рек.E}$ - штуцерда тавсия этилган суюқлик тезлиги, м/с.

Ишчи шароитда таъминловчи суюқликнинг ҳажмий сарфи $V_w = 1,256 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$.

Насослар сўриш линиясида суюқликнинг тавсия этиладиган мажбурий ҳаракат тезликлари 0,3 дан 0,5 м/с гача [12,30,31]. Қабул қиламиз $w_{рек.A} = 0,4 \text{ м/с}$.

$$d_{p.E} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,256 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,4}} = 0,0632 \text{ м}$$

Куб қолдиқлари чиқиши учун стандарт шартли диаметр $d_{y.E} = 65 \text{ мм}$ ли штуцер қабул қиламиз.

Колоннанинг **концентрловчи ва ажратувчи** қисмларидаги тарелка ўртача самарадорлигини Дрикамер ваа Брэдфорд усулларида ҳисоблаш қуйидаги эмпирик тенгламалар ёрдамида амалга оширилади:

$$\eta_B = -1,678 - 0,6161 \cdot g \cdot [x_{B.C} \cdot \mu_{HK.B} + (1 - x_{B.C}) \cdot \mu_{BK.B}] \quad (3.181)$$

$$\eta_H = -1,678 - 0,6161 \cdot g \cdot [x_{H.C} \cdot \mu_{HK.H} + (1 - x_{H.C}) \cdot \mu_{BK.H}] \quad (3.182)$$

$$\eta_B = -1,678 - 0,6161 \cdot g \cdot [0,7916 \cdot 3,019 \cdot 10^{-4} + (1 - 0,7916) \cdot 3,070 \cdot 10^{-4}] = 0,4895.$$

$$\eta_H = -1,678 - 0,6161 \cdot g \cdot [0,3147 \cdot 2,656 \cdot 10^{-4} + (1 - 0,3147) \cdot 2,752 \cdot 10^{-4}] = 0,5182.$$

Колоннанинг **концентрловчи ва ажратувчи** қисмларидаги тарелка ўртача самарадорлиги η_B ва η_H ни Чидамбарама тенгламаси ёрдамида ҳисоблаш:

$$\eta_B = 0,316 \cdot \left(\frac{h_{ПЕР}}{F_{CB}} \right)^{0,25} \cdot \left(\frac{\mu_{XB}}{\rho_{XB} \cdot D_{XB}} \right)^{0,143}; \quad (3.183)$$

$$\eta_H = 0,316 \cdot \left(\frac{h_{ПЕР}}{F_{CB}} \right)^{0,25} \cdot \left(\frac{\mu_{XH}}{\rho_{XH} \cdot D_{XH}} \right)^{0,143}, \quad (3.184)$$

бу ерда D_{XB} - t_{XB} температурада колоннанинг **концентрловчи** қисмидаги суюқ фазада НК нинг ВК да молекуляр диффузия коэффициент, м²/с; D_{XH} - t_{XH} температурада колоннанинг **исчерпквующей** қисмидаги суюқ фазада НК нинг ВК да молекуляр диффузия коэффициент, м²/с.

D_{XB} ва D_{XH} ларни қуйидаги формулалар орқали топамиз:

$$D_{XB} = D_{x20B} \cdot \left[1 + 6,32 \cdot (t_{XB} - 20) \cdot \frac{\mu_{x20B}^{0,5}}{\rho_{x20B}^{0,333}} \right]; \quad (3.184)$$

$$D_{XH} = D_{x20H} \cdot \left[1 + 6,32 \cdot (t_{XH} - 20) \cdot \frac{\mu_{x20H}^{0,5}}{\rho_{x20H}^{0,333}} \right]; \quad (3.185)$$

бу ерда D_{x20B} - 20°C температурада колоннанинг **концентрловчи** қисмидаги суюқ фазада НК нинг ВК да молекуляр диффузия коэффициент, м²/с; D_{x20H} - 20°C температурада колоннанинг **исчерпквующей** қисмидаги суюқ фазада НК нинг ВК да молекуляр диффузия коэффициент, м²/с; μ_{x20B} ва μ_{x20H} - 20°C температурада колоннанинг **укрепляющий** ва **исчерпквующей** қисмларидаги суюқликнинг динамик қовушқоқлик коэффициентининг ўртача қиймати, Па·с; ρ_{x20B} ва ρ_{x20H} - 20°C температурада колоннанинг **укрепляющий** ва **исчерпквующей** қисмларидаги суюқликнинг зичлигининг ўртача қиймати, кг/м³.

D_{x20B} ва D_{x20H} ларни қуйидаги формулалар орқали топамиз:

$$D_{x20B} = \frac{1 \cdot 10^{-6}}{A_1 \cdot B_1 \sqrt{\mu_{x20B} \cdot 10^3 \cdot (v_{HK}^{0,333} + v_{BK}^{0,333})^2}} \cdot \left(\frac{1}{M_{HK}} + \frac{1}{M_{BK}} \right)^{0,5}; \quad (3.186)$$

$$D_{x20H} = \frac{1 \cdot 10^{-6}}{A_1 \cdot B_1 \sqrt{\mu_{x20H} \cdot 10^3 \cdot (v_{HK}^{0,333} + v_{BK}^{0,333})^2}} \cdot \left(\frac{1}{M_{HK}} + \frac{1}{M_{BK}} \right)^{0,5}; \quad (3.187)$$

бу ерда A_1 ва B_1 - НК ва ВК ларнинг хоссаларига боғлиқ коэффициент; v_{HK} ва v_{BK} - НК ва ВК ларнинг суюқ ҳолатидаги моль ҳажмлари, см³/моль.

$A_1 = 1$; $B_1 = 1$ деб қабул қиламиз [62]. Мольные объемы НК ва ВК равныларнинг моль ҳажмлари қуйидагига тенг: $v_{HK} = 96,0$ см³/моль; $v_{BK} = 118,2$ см³/моль [62].

μ_{x20B} ва μ_{x20H} ларни ҳисоблаш ушбу формулада олиб борилади:

$$\mu_{x20B} = 10^{x_{B.C} \lg \mu_{HK20B} + (1-x_{B.C}) \lg \mu_{BK20B}}; \quad (3.188)$$

$$\mu_{x20H} = 10^{x_{H.C} \lg \mu_{HK20H} + (1-x_{H.C}) \lg \mu_{BK20H}}, \quad (3.189)$$

бу ерда μ_{HK20B} ва μ_{BK20B} - 20°C температурада суюқ НК ва ВК ларнинг динамик қовушқоқлик коэффициенти, Па·с.

20°C температурада суюқ НК ва ВК ларнинг динамик қовушқоқлик коэффициентлари қуйидагича ҳисобланади:

$$\mu_{HK20B} = 6,5 \cdot 10^{-4} \text{ Па·с}; \quad \mu_{BK20B} = 5,86 \cdot 10^{-4} \text{ Па·с}$$

$$\mu_{x20B} = 10^{0,7916 \cdot \lg(6,5 \cdot 10^{-4}) + (1-0,7916) \cdot \lg(5,86 \cdot 10^{-4})} = 6,361 \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\mu_{x20H} = 10^{0,3147 \cdot \lg(6,5 \cdot 10^{-4}) + (1-0,3147) \cdot \lg(5,86 \cdot 10^{-4})} = 6,054 \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

D_{x20B} ва D_{x20H} лар қийматлари қуйидаги формулаларда ҳисобланади:

$$D_{x20B} = \frac{1 \cdot 10^{-6}}{1 \cdot 1 \sqrt{6,361 \cdot 10^{-4} \cdot 10^3 \cdot (96,0^{0,333} + 118,2^{0,333})^2}} \times \left(\frac{1}{78,1} + \frac{1}{92,1} \right)^{0,5} = 2,150 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2 / \text{с}$$

$$D_{x20H} = \frac{1 \cdot 10^{-6}}{1 \cdot 1 \sqrt{6,054 \cdot 10^{-4} \cdot 10^3 \cdot (96,0^{0,333} + 118,2^{0,333})^2}} \times \left(\frac{1}{78,1} + \frac{1}{92,1} \right)^{0,5} = 2,204 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2 / \text{с}$$

ρ_{x20B} ва ρ_{x20H} ларни ҳисоблашни (4.28) формулада бажарамиз. НК ва ВК ларнинг $t = 20^\circ\text{C}$ температурадаги зичликлари: $\rho_{НК} = 879,0 \text{ кг/м}^3$; $\rho_{ВК} = 866,0 \text{ кг/м}^3$ [26].

$$\rho_{x20B} = \frac{1}{\frac{0,7631}{879,0} + \frac{1-0,7631}{866,0}} = 875,9 \text{ кг} / \text{м}^3$$

$$\rho_{x20H} = \frac{1}{\frac{0,2803}{879,0} + \frac{1-0,2803}{866,0}} = 869,6 \text{ кг} / \text{м}^3$$

D_{XB} ва D_{XH} ларнинг қиймати қуйидагига тенг:

$$D_{XB} = 2,150 \cdot 10^{-9} \cdot \left[1 + 6,32 \cdot (84,59 - 20) \cdot \frac{(6,361 \cdot 10^{-4})^{0,5}}{875,9^{0,333}} \right] = 4,474 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2 / \text{с}.$$

$$D_{XH} = 2,204 \cdot 10^{-9} \cdot \left[1 + 6,32 \cdot (98,09 - 20) \cdot \frac{(6,054 \cdot 10^{-4})^{0,5}}{869,6^{0,333}} \right] = 5,019 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2 / \text{с}.$$

Тарелкаларнинг ўртача самарадорлиги қуйидагича аниқланади:

$$\eta_B = 0,316 \cdot \left(\frac{0,03}{0,1201} \right)^{0,25} \cdot \left(\frac{3,029 \cdot 10^{-4}}{808,5 \cdot 4,474 \cdot 10^{-9}} \right)^{0,143} = 0,4208$$

$$\eta_H = 0,316 \cdot \left(\frac{0,03}{0,1201} \right)^{0,25} \cdot \left(\frac{2,721 \cdot 10^{-4}}{791,4 \cdot 5,019 \cdot 10^{-9}} \right)^{0,143} = 0,4089$$

3.6. Қўзғалмас насадка қатламли адсорбер ҳисоби

Ҳаво таркибидаги метанол буғларини ажратиш олиш учун адсорбенти қўзғалмас қатламли даврий тўрт босқичли цикл бўйича ишлайдиган адсорбцион қурилма ҳисоблансин.

Бошланғич маълумотлар:

Унумдорлиги

Бут-хаво аралашмасининг температураси

Атмосфера босими

Газ аралашмада метанолнинг бошланғич концентрацияси

Қурилма тури

- $V=7370 \text{ м}^3/\text{соат}$;

- $t=20^\circ\text{C}$;

- $P=0,1013 \cdot 10^5 \text{ Па}$;

- $C_0=1,8 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$;

- вертикал адсорбер; адсорбент - фаолланган кўмир.

Мосламада (установка)ги адсорберлар сонини 2 га тенг деб оламиз. Биринчи қурилмада адсорбция босқичи ўтади, шу вақтнинг ўзида иккинчи қурилмада фаолланган кўмирнинг регенерация босқичиси бўлиб ўтади.

Лойиҳаланаётган мослама (установка)нинг мақсади эритувчини рекуперациялаш бўлгани сабабли, адсорбент сифатида гранулалар эквивалент диаметри 2 мм бўлган АР-3 рекуперацион кўмирни танлаймиз.

Фаолланган кўмирда метанол буғларининг адсорбция изотермаси:

$$X = \frac{w_{01}}{\nu} \cdot \exp\left[-\frac{B_1 \cdot T^2}{\beta^2} \cdot \left(\lg \frac{P_s}{P}\right)^2\right] + \frac{w_{02}}{\nu} \cdot \exp\left[-\frac{B_2 \cdot T^2}{\beta^2} \cdot \left(\lg \frac{P_s}{P}\right)^2\right] \quad (3.190)$$

бу ерда X - қаттиқ фазадаги мувозанат концентрация, моль/г; $w_{01}; B_1; w_{02}; B_2$ - адсорбентни характерловчи константалар;

$w_{01}=0,19 \text{ см}^3/\text{г}$; $B_1=0,74 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-2}$; $w_{02}=1,8 \cdot 10^{-1} \text{ см}^3/\text{г}$; $B_2=3,42 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-2}$ [49 (приложение 8.2) ,59];

β - аффилик коэффициент, $\beta=0,4$ (3-17 жадвал); ν - ютиляётган компонентнинг моляр ҳажми, $\text{см}^3/\text{моль}$; P_s - метанол тўйинган буғининг босими; P - метанол тўйинган буғларининг газ аралашмадаги парциал босими.

Босим $P=0,1 \text{ МПа}$ бўлганда метанолнинг фаолланган кўмирдаги мувозанат концентрацияси қуйидагига тенг:

$$X = \frac{0,19}{40,46} \cdot \exp\left[-\frac{0,74 \cdot 10^{-6} \cdot 293^2}{0,4^2}\right] \cdot \left(\lg \frac{96}{0,1}\right)^2 + \\ + \frac{0,18}{40,46} \cdot \exp\left[-\frac{3,42 \cdot 10^{-6} \cdot 293^2}{0,4^2}\right] \cdot \left(\lg \frac{96}{0,1}\right)^2 = 0,1376 \cdot 10^{-3} \text{ моль/г} \quad \text{ёки} \quad 4,4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/кг} \quad (3.191)$$

Тенгламадан ҳисобланган фаолланган кўмирда (ФК) ги метанолнинг мувозанат концентрациялари қуйидаги жадвалда келтирилган.

3-9 жадвал

Метанол буғларининг парциал босими P , Па (мм.с.м.уст)	Газдаги метанолнинг концентрацияси $C \cdot 10^3$, кг/м ³	ФКдаги метанолнинг мувозанат концентрацияси $X \cdot 10^2$, кг/кг
13,33 (0,1)	0,175	0,44
26,66 (0,2)	0,351	0,89
66,67 (0,5)	0,876	1,99
133,33 (1,0)	1,75	3,17
266,67 (2,0)	3,51	5,0
666,67 (5,0)	8,76	8,51
1333,33 (10,0)	17,53	12,64
2666,67 (20)	35,10	18,59
3999,99 (30)	52,6	22,53
6666,66 (50)	87,7	26,85

Метанолнинг газ фазадаги бошланғич концентрацияси изотерманинг чизиқли қисмига яқин жойга тўғри келади.

Тавсияга кўра изотерманинг бошланғич участкаси (бензол бўйича) $(C/C_s)_6 < 0,17$, шарт билан чизиқли деб кўрилиши мумкин [49].

Метанолнинг аралашмадаги бошланғич концентрациясига ($C_6=1,8 \cdot 10^{-3}$ кг/м³) тўғри келадиган бензол учун $(P/P_s)_6$ нисбати адсорбциянинг потенциал назарияси тенгламасидан топилиши мумкин:

$$(C/C_s)_6 = (P/P_s)_6 = 10^{\frac{-(\lg 0,168 - \lg 1,8 \cdot 10^{-3})}{0,4}} = 1,2 \cdot 10^{-5} < 0,17,$$

бу ерда $(P/P_s)_6$ - бензол учун парциал босимнинг тўйинган буғ босимига нисбати.

Олинган натижадан кўриниб турибдики, изотерма шакли танланган участкада тўғри чизиқли деб қабул қилинса бўлади.

Адсорбер диаметри ва баландлиги. Газнинг рухсат этилган сохта тезлиги адсорберлар ишининг техник-иқтисодий таҳлиллар асосида олинган тенгламадан ҳисобласа бўлади:

$$w = \sqrt{0,0167 \rho_{\text{уюл}} d_g g / \rho_y} \quad (3.192)$$

бу ерда $d_g = 2,0 \cdot 10^{-3}$ м; $\rho_{\text{уюл}} = 550$ кг/м³ (АР-3 фаолланган кўмир учун); 20°C даги ҳавонинг зичлиги $\rho = 1,2$ кг/м³.

Адсорберда газнинг рухсат этилган тезлиги

$$w = \sqrt{0,0167 \cdot 550 \cdot 2,0 \cdot 10^{-3} \cdot 9,81 / 1,2} = 0,388 \text{ м/с}$$

Адсорберда газнинг ишчи тезлигини рухсат этилган тезликдан 25% га камроқ деб қабул қиламиз, яъни: $w = 0,75 \cdot 0,388 = 0,29 \text{ м/с}$.

Қурилма диаметри:

$$D = \sqrt{4V/\pi w} = \sqrt{4 \cdot 7370 / 3,14 \cdot 0,29 \cdot 3600} = 3,0 \text{ м.}$$

ВТР турдаги вертикал адсорбер қабул қиламиз (вертикал адсорбернинг диаметри 3 м дан ошмайди).

Қурилмадаги фаолланган кўмир қатламининг баландлигини адсорберни етарли вақт ишлашини таъминлаш учун 0,7 м га тенг деб қабул қиламиз (ВТР турдаги вертикал адсорберларда адсорбент қатламининг баландлиги 0,5...1,2 м ташкил этади). Цилиндрик қисмининг умумий баландлигини 1,7 м га тенг деб қабул қиламиз. Қўшимча баландлик (қопқоқнинг пастки ва днине юқори қисми) газ, штуцерлар ва ҳисоблагичлар (ўлчов-назорат асбоблар) учун тақсимловчи мосламаларининг жойлаштириш учун керак.

Масса ўтказиш коэффициентини.

Метанол-ҳаво системасида газ фазада диффузия коэффициентини аниқлаймиз:

Температура $t=0^\circ\text{C}$ ва босим $P=98,1$ кПа бўлганда диффузия коэффициенти 0,133 см²/с га тенг.

Адсорбер шароитида диффузия коэффициенти:

$$D_y = D_{y0} \cdot \frac{P_0}{P} \cdot \left(\frac{T}{T_0} \right)^{1,5} = 0,133 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{9,81 \cdot 10^4}{10,13 \cdot 10^4} \cdot \left(\frac{293}{273} \right)^{3/2} = 0,143 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$$

Газ фаза (ҳаво)нинг қовушқоқлиги

$$\mu_y = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

Газ фазада масса бериш коэффициентини қуйидаги тенгламадан ҳисоблаймиз:

$$Nu' = 0,355 \cdot Re^{0,641} (Pr')^{0,333} / \varepsilon \quad (3.193)$$

бу ерда ε - қатлам ғоваклилиги ($\varepsilon = 0,375$) [7].

$$Re = wd_y \rho_y / \mu_y = 0,29 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 1,2 / (1,8 \cdot 10^{-5}) = 38,67$$

$$Pr' = \mu_y / \rho_y D_y = 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1,2 \cdot 0,143 \cdot 10^{-4} = 1,049$$

(3.193) га Re ва Pr' қийматларини қўйсак:

$$Nu' = 0,355 \cdot 38,67^{0,641} 1,049^{0,333} / 0,375 = 10,01$$

Унда масса бериш коэффициенти қуйидагига тенг бўлади:

$$\beta_y = 10,01 D_y / d_y = 10,01 \cdot 0,143 \cdot 10^{-4} / (2 \cdot 10^{-3}) = 0,072 \text{ м/с}$$

Адсорбентда метанолнинг самарадор диффузия коэффициенти ушбу $D_c = f(x)$ [63] боғлиқлик бўйича топамиз, метанол адсорбцияси учун $X = 0...3,3 \cdot 10^{-2}$ кг/кг концентрациялар оралиғида таркиби бўйича АР-3 маркали ФК га яқин фаолланган кўмирда

$$D_c = 3,00 \cdot 10^{-16} \text{ м}^2 / \text{с}$$

Адсорбентда метанолнинг масса бериш коэффициенти (ички масса бериш коэффициенти) ушбу тенгламадан топамиз:

$$\beta_x = \frac{10 D_y}{d_y (1 - \varepsilon)} \cdot \frac{\rho_{нас} X^*(C_n)}{C_n} \quad (3.194)$$

Унда:

$$\beta_x = \frac{10 \cdot 3,0 \cdot 10^{-10} \cdot 550 \cdot 3,3 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 10^{-3} (1 - 0,375) \cdot 1,8 \cdot 10^{-3}} = 0,0242 \text{ м/с}$$

Масса ўтказиш коэффициенти

$$K_y = \frac{1}{(1/\beta_y + 1/\beta_x)} = \frac{1}{(1/0,072 + 1/0,0242)} = 0,018 \text{ м/с}$$

Идеал сиқиб чиқариш режимидан газ ҳаракатининг оғиши натижасида масса ўтказишнинг ҳаракатга келтирувчи кучининг камайишини кўндаланг аралаштиришнинг қўшимча диффузион қаршилигини киритиш билан ҳисобга оламиз. Кўндаланг аралаштиришни ҳисобга олиш коэффициенти қуйидаги тенгламадан аниқлаймиз:

$$\beta_{\kappa\text{yH}} = 0,0567 \frac{w}{1-\varepsilon} \left(\frac{\rho_y w d_{\text{э}}}{\mu_y} \right)^{0,22} = 0,0567 \frac{0,29}{1-0,375} \left(\frac{1,2 \cdot 0,29 \cdot 10^{-2}}{1,8 \cdot 10^{-5}} \right)^{0,22} = 0,059 \text{ м/с}$$

Кўндаланг аралаштиришни ҳисобга олганда масса ўтказиш коэффициенти:

$$K'_y = \frac{1}{(1/K_y + 1/\beta_{\kappa\text{yH}})} = \frac{1}{(1/0,018 + 1/0,059)} = 0,0138 \text{ м/с}$$

Адсорбентнинг солиштира юзаси:

$$a = 6 \cdot (1-\varepsilon)/d_{\text{э}} = 6(1-0,375)/(2 \cdot 10^{-3}) = 1875 \text{ м}^2/\text{м}^3$$

Ҳажмий масса ўтказиш коэффициенти:

$$K_{\text{yв}} = K'_y \cdot a = 0,0138 \cdot 1875 = 25,87 \text{ с}^{-1}$$

Адсорбция давомийлиги. Чиқиш эгри чизиғи. Адсорбент қатламида концентрация кўлами.

Метанолнинг адсорбция давомийлиги оқимда ўлчамсиз концентрация учун Томас тенгламасидан куриладиган чиқиш эгри чизиғи орқали аниқланади [49]:

$$C/C_{\text{с}} = J(n_{0\text{y}}, n_{0\text{y}}T), \quad (3.195)$$

бу ерда $n_{0\text{y}} = \frac{K'_y a z}{w}$ - z баландликдаги қатлам ўтказиш бирлигининг умумий сони;

$T = wC_{\text{с}}(\tau - z\varepsilon)/w)/[\rho_{\text{уюл}} X^*(C_{\text{с}})z]$ - ўлчамсиз вақт.

Ўлчамсиз вақтни τ орқали ифодалаймиз:

$$\tau = \frac{z[\rho_{\text{уюл}} X^*(C_{\text{с}}) + C_{\text{с}}\varepsilon]}{wC_{\text{с}}} = \frac{0,7(550 \cdot 3,3 \cdot 10^{-2}T + 1,8 \cdot 10^{-3} \cdot 0,375)}{2,9 \cdot 1,8 \cdot 10^{-3}} = 24339T + 0,905$$

Ўтказиш бирлигининг сони:

$$n_{0\text{y}} = \frac{K'_{\text{yв}} z}{w} = \frac{25,87 \cdot 0,7}{0,29} = 62,2.$$

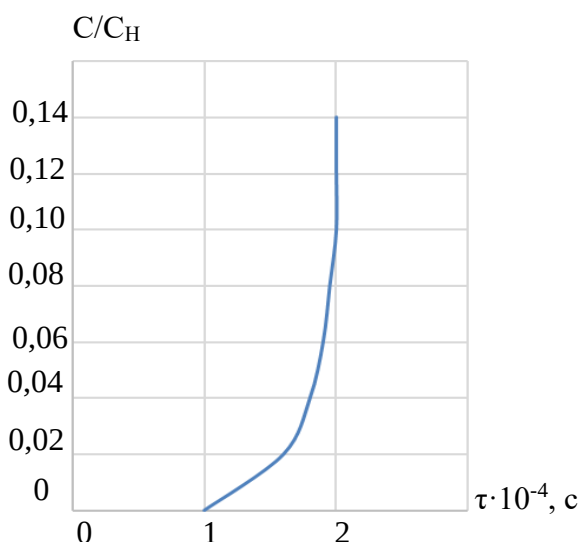
Адсорбция чиқиш эгри чизиғини ҳисоблаш натижалари ушбу жадвалда келтирилган:
3-10 жадвал

T	τ	$C/C_{\text{с}}$
0,4	9736,5	0,0000
0,5	12170,4	0,00071
0,6	14604,3	0,00715
0,7	17038,2	0,03860
0,8	19472,1	0,1296
0,9	21906,0	0,2993
1,0	24339,9	0,5179
1,1	26773,8	0,7219
1,2	29207,7	0,8658
1,3	31641,6	0,9455
1,4	34075,5	0,9811
1,5	36509,4	0,9943
1,6	38943,3	0,9983

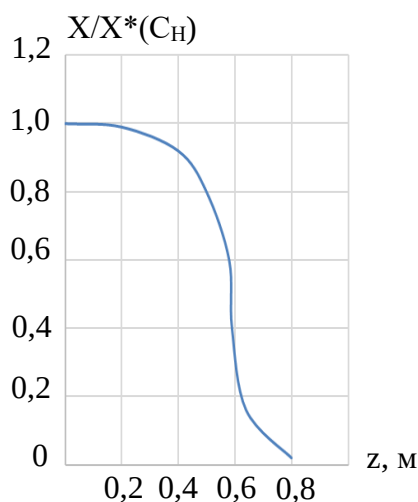
Адсорбердан чиқаётган газда метанол концентрацияси етказиш вақти (бошланғич концентрацияни 5% ни ташкил этади, ёки $C/C_0 = 0,05$) адсорбция босқичи давомийлигига тенг. Чиқиш эгри чизигига кўра адсорбция босқичи давомийлиги $1,73 \cdot 10^4$ с ни ташкил этади (3.29-расм).

Концентрациялар кўламининг қурилиши адсорбентда ўлчамсиз концентрация учун ёзилган Томас тенгамасидан олиб борилади [49]:

$$\frac{X}{X^*(C_0)} = 1 - J(n_{0y}T, n_{0y}). \quad (3.196)$$



3.29-расм. Адсорбция чиқиш эгри чизиги.



3.30-расм. Адсорбентда концентрация кўламини ($\tau=4,8$ соат).

Аралашма кириш нуктасидан X концентрацияли нуктагача бўлган z масофани ўлчамсиз вақт функцияси орқали ифодалаймиз:

$$z = \frac{\theta \cdot w \cdot C_0}{T \cdot \rho_{\text{уюл}} \cdot X^* \cdot (C_0) + C_0 \cdot \varepsilon} = \frac{1,73 \cdot 10^{-4} \cdot 0,29 \cdot 1,8 \cdot 10^{-3}}{550 \cdot 3,3 \cdot 10^{-2} T + 1,8 \cdot 10^{-3} \cdot 0,375} = \frac{1}{2,01T + 0,748 \cdot 10^{-5}}$$

Кўмир қатламида метанол концентрациялари кўламини ҳисоблаш ушбу жадвалда келтирилган:

3-11 жадвал

$1/T$	T	$z, \text{ м}$	$n_{0y}T$	$J(n_{0y}T, n_{0y})$	$\frac{X}{X^*(C_0)}$
0,4	2,5	0,199	44,38	0,0012	0,9988
0,5	2,0	0,249	44,38	0,0039	0,9961
0,6	1,667	0,299	44,38	0,0204	0,9796
0,7	1,429	0,348	44,38	0,0704	0,9296
0,8	1,25	0,398	44,38	0,1749	0,8251
0,9	1,111	0,448	44,38	0,3344	0,6656
1,0	1,0	0,498	44,38	0,5213	0,4787
1,1	0,9091	0,547	44,38	0,6954	0,3046
1,2	0,8333	0,597	44,38	0,8283	0,1717
1,3	0,7692	0,647	44,38	0,9139	0,0861
1,4	0,7143	0,697	44,38	0,9662	0,0338
1,5	0,6666	0,746	44,38	0,9841	0,0159
1,6	0,625	0,796	44,38	0,9946	0,0054

Моддий баланс.

Метанол бўйича адсорбция босқичининг моддий баланси куйидаги тенглама билан ифодаланади:

$$wC_{\bar{o}}\theta S = \rho_{y_{\text{юл}}} S \int_0^H (X_{\tau=0} - X_0) dz + wS \int_0^{\theta} C_{z=H} d\tau + \varepsilon S \int_0^H (C_{\tau=\theta} - C_{\tau=0}) dz \quad (3.197)$$

Моддий баланс тенгласини ўлчамсиз шакл концентрациялар учун ёзсак, $X = 0$ ва $C_{\tau=0}$ ни ҳисобга олган ҳолда, куйидагини оламиз:

$$wC_{\bar{o}}\theta S = \rho_{y_{\text{юл}}} S X^*(C_{\bar{o}}) \int_0^H X/X^*(C_{\bar{o}}) dz + wS C_{\bar{o}} \int_0^{\theta} C/C_{\bar{o}} d\tau + \varepsilon S C_{\bar{o}} \int_0^H [(C/C_{\bar{o}})_{\tau=0}] dz \quad (3.198)$$

Моддий баланс тенгласининг интеграллар қийматлари чиқиш эгри чизигини (3.29-расм) ва адсорбентдаги концентрация кўламини (3.30-расм) график интеграллаш орқали аниқланади:

$$\int_0^{\theta} C/C_{\bar{o}} d\tau = 74,2\text{с}; \int_0^H X/X^*(C_{\bar{o}}) dz = 0,495 \text{ м}$$

Адсорберга келиб тушаётган метанол миқдори:

$$V\tau C_{\bar{o}} = 7370 \cdot 1,73 \cdot 10^4 \cdot 1,8 \cdot 10^{-3} / 3600 = 63,75 \text{ кг}$$

Кўмир(адсорбат)га ютилган метанол миқдори:

$$\rho_{y_{\text{юл}}} S X^*(C_{\bar{o}}) \int_0^H X/X^*(C_{\bar{o}}) dz = 550 \cdot 0,785 \cdot 3^2 \cdot 3,3 \cdot 10^{-2} = 63,47 \text{ кг}$$

Газ фаза билан қурилмадан чиқиб кетаётган метанол миқдори:

$$V C_{\bar{o}} \int_0^{1,73 \cdot 10^4} (C/C_{\bar{o}}) d\tau = 7370 \cdot 1,8 \cdot 10^{-3} \cdot 74,2 / 3600 = 0,273 \text{ кг}$$

Қурилмада газ фазада қолган адсорбтив миқдори кам бўлгани учун адсорбернинг бўш ҳажмида қолган метанол массасини ҳисоблаш учун метанол концентрациясини бошланғич концентрацияга тенг деб оламиз.

Адсорбернинг газ фазасида қолган метанол миқдори:

$$\varepsilon V_{\text{ан}} C_{\bar{o}} = 0,375 \cdot 0,785 \cdot 3^2 \cdot 0,7 \cdot 1,8 \cdot 10^{-3} = 0,0033 \text{ кг}$$

Моддий баланс тўғрилигини текширамыз:

$$63,75 = 63,47 + 0,273 + 0,0033$$

3.7. Мавҳум қайнаш қатламли адсорбер ҳисоби

Ҳаводан бензол бугларини фаолланган кўмир билан ажратиб олиш учун мавҳум қайнаш қатламли адсорбцион қурилма ҳисоблансин.

Кўп босқичли адсорбер диаметри, баландлиги, тарелкалар сони ва адсорбент сарфи куйидаги шартларда аниқлансин:

Ишчи шароитларда буғ–ҳаво аралашмасининг сарфи - $V=2000 \text{ м}^3/\text{соат}=0,555 \text{ м}^3/\text{с}$;
 Буғ–ҳаво аралашмасининг температураси - $t=20^\circ\text{C}$;
 Атмосфера босими - $P=735 \text{ мм.сим.уст}=9,81 \cdot 10^4 \text{ Па}$;
 Ҳаводаги бензолнинг бошланғич концентрацияси - $y_0=25 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$;
 Қурилмадан чиқишдаги (охирги) ҳаводаги бензолнинг концентрацияси - $y_{ox}=1 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$.

Адсорбент сифатида мустаҳкамлик, гранулометриқ таркиб ва ғовақлик тузилиши шартларига тўғри келадиган СКТ–6А маркали фаолланган кўмирни танлаймиз (3-13...3-16).

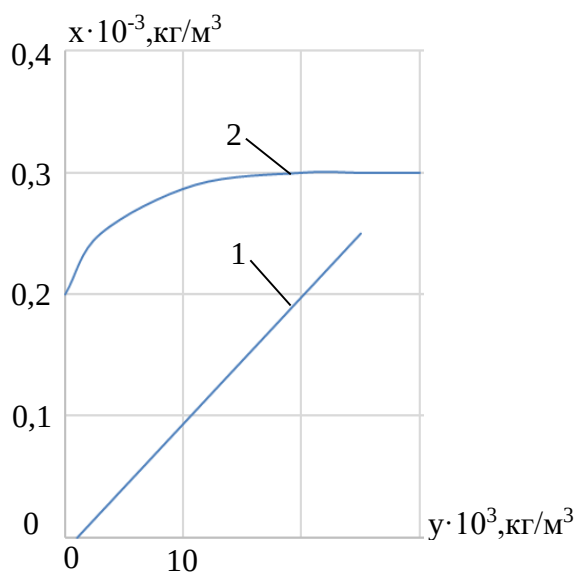
Адсорбентнинг куйидаги характеристикаларини қабул қиламиз:

Заррачалар ўртача диаметри $d_z=1,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, сохта зичлиги - $\rho_r=670 \text{ кг/м}^3$;
 адсорбентнинг тўқма зичлиги - $\rho_{ю}=470 \text{ кг/м}^3$.

СКТ–6А маркали фаолланган кўмирда бензол буғларининг ҳаводан адсорбция изотермасини 3-12 жадвал маълумотлари бўйича қурамиз (3.31-расм).

3-12 жадвал

Адсорбент (кўмир маркаси)	Газ фазада бензол концентрацияси $y, 10^3 \text{ кг/м}^3$	Қаттиқ фазада бензол концентрацияси $x, \text{ кг/м}^3$	Адсорбент (кўмир маркаси)	Газ фазада бензол концентрацияси $y, 10^3 \text{ кг/м}^3$	Қаттиқ фазада бензол концентрацияси $x, \text{ кг/м}^3$
АР-А	0,854	109,0	СКТ	0,085	60,0
	2,560	134,2		0,213	125,6
	5,125	139,8		4,270	178,0
	9,390	143,0		12,805	158,1
	17,060	147,3		17,060	188,0
	25,610	151,2		25,610	198,0
АГ-3	0,035	75,0	СКТ-6А	0,000	150,0
	0,427	120,0		1,000	220,0
	2,134	157,5		2,000	263,0
	4,691	170,5		4,000	276,0
	8,540	180,0		8,000	285,0
	17,060	197,05		16,000	296,0
	25,610	215,0		30,000	300,0



3.31-расм. СКТ-6А фаолланган кўмирда ҳаводан бензол адсорбция жараёнининг ишчи (1) ва мувозанат (2) чизиклари.

Кўмир тури	Тўкма зичлик ρ_n , кг/м ⁴	Фракцион таркиб		Қўллаш соҳаси	Мустаҳ- камлик	Таркибий константа, $B \times 10^4$, г·град ²	Нархи минг сум/т
		Фракц ия мм	%				
БАУ	240	5,0-3,6 3,6-1,0 1,0	2,5 95,5 2,0	адсорбция эритмадан	—	0,55	800
ДАК	норма сиз	5,0-3,6 3,6-1,0 1,0	2,5 95,5 2,0	конденсатдан мой, эритмалардан турли моддалар ажратиш	—	—	—
АР—А	550	5,0 5,0-2,8 2,8-1,0	1,0 83,0 15,0	100°C дан юқори қайнаш температурада эритувчилар (толуол, ксилол, амилацетат и б.) буғларини ажратиш	65	0,74	510
АР—Б	580	5,0 5,0-2,8 2,8-1,0 1,0	1,0 83,0 15,0 1,0	қайнаш температураси 60- 100°C (бензол, дихлорэтан ва б.) эритувчилар буғларини ушлаш учун кўмир	70	—	—
АР—В	600	5,0 5,0-2,8 2,8-1,0 1,0	1,0 83,0 15,0 1,0	қайнаш температураси <60°C (метанол, хлористый метилен, ацетон ва б.) эритувчилар буғларини ушлаш учун кўмир	75	—	—
АГ—З	400- 500	3,6 3,6-2,8 2,8-1,5 1,5-1,0	0,4 3,0 86,0 10,0	Газсимон ва суюқлик мухитларидан ажратиш	75	—	—
КАД- иодли	450	5,0 5,0-2,0 2,0-1,0	5,0 70,0 25,0	Бурғалаш сувидан йодни ва эритма ва буғ-ҳаволи аралашмалардан моддаларни ажратиш	60	—	420
СКТ-1	470	0,5 0,5-1,0 1,0-1,5 2,0-2,7	0,5 10,0 нормасиз 25,0 5,0	Углеводородли газларни ажратиш ва ҳаво ва газларни тозалаш	70	0,71	1550(А) 1530(Б)
СКТ-2	460	1,0 1,0-1,5 1,5-2,0 2,0-2,7 2,7-3,5	0,6 6,0 40,0 нормасиз 2,0	Ҳавони олтингугурт углероддан , ҳаво ва газларни тозалаш	70	0,65	990(А) 940(Б)
СКТ-3	380	2,7-3,5 2,0-2,7 1,5-2,0 1,0-1,5 1,0	25,0 нормасиз 13,0 6,0 0,6	Органик эритма буғларини рекуперация қилиш ва углеводородли газларни ажратиш		0,73	—
СКТ-4	430	1,0 1,0-1,5 1,5-2,0 2,0-2,7 2,7-3,5	0,6 10,0 40,0 нормасиз 5,0	Ҳаво ва газларни турли аралашмалардан ва органик эритма буғларини ажратиш	50	0,76	1100(А) 1050(Б)
СКТ-6	470	0,5 0,5-1,0 1,0-1,5 1,5-2,0 2,0-2,7	0,5 15,0 нормасиз 25,0 2,0	Марки А - ғоваксимон таркибли ва динамик фаоллик б-н характерланади, ҳамда органик эритма буғларини ажратиш.	65	1,05	1310(А) 1250(Б)

				Марки Б - молекула ўлчами кичик бўлган модда (азот оксиди, криптон, ксенон) ларга юқори фаоолилиги билан характерланади. радиоактив газларни адсорбцияда қўлланилади			

3-14 жадвал

Марка	Ковак эффектив диаметри, А	Ковак эффектив диаметри, см ³ /г	Солиштира юза (БЭГ бўйича), м ² /г	Тўкма зичлик, г/см ³	Заррача ўлчами, мм
КСМ бўлакли грануланган	20	0,35	700	≥0,67	2,7—7
КСМ №5	32	0,58	715	0,66	—
КСМ №6п	22	0,30	527	0,87	—
КСМ №6с	23	0,36	624	0,87	—
ШСМ грануланган	10	0,25	900	≥0,67	1,5-3,5
КСК бўлакли грануланган	120	1,08	350	0,4—0,5	—
ШСК бўлакли, грануланган	120	0,90	300	0,4—0,5	—
МСК бўлакли	150	0,80	210	0,4—0,5	—

3-15 жадвал

Марка	Тўлиқ алмашиниш ҳажми		Солиштира ҳажм, см ³ /г	Тўкма зичлик, г/см ³	Заррача ўлчами, мм
	мэкв/г	мэкв/см ³			
КУ-2	4,7—5,1	1,3—1,8	2,5—3,6	0,70—0,90	0,3—1,5
КУ-1	4,0	1,4	2,6—3,0	0,60—0,75	0,3—2,0
АВ-17-8	3,8—4,5	—	≤3,0	0,66—0,74	0,4—1,2
ЭДЭ-10П	9,0—10,0	—	2,8—4,5	0,60—0,72	0,4—1,8
АН-1	4,0—4,5	1,9	2,2—2,3	0,70—0,90	0,3—2,0

3-16 жадвал

Марка	Ионли шакл	Ковак эффектив диаметри, нм	Тўкма зичлик, г/см ³	Заррача ўлчами, мм
КА	К	3	≥0,62	0,10—0,32
NaA	Na	4	≥0,65	0,10—0,60
CaA	Ca	5	≥0,65	0,10—0,60
CaX	Ca	8	≥0,60	0,10—0,60
NaX	Na	9...10	≥0,60	0,10—0,60

Мувозанатдаги маълумотлар йўқ бўлса адсорбция изотермасини фаолланган кўмирлар учун хар хил моддаларнинг характеристик эгри чизиқларининг аффинлик β коэффициентлари бўйича қурилади.

Пастрокда фаолланган кўмирлар учун [3, 6] маълумотлари бўйича хар хил моддаларнинг характеристик эгри чизиқларининг аффинлик β коэффициентларининг қийматлари келтирилган:

3-17 жадвал

Модда	β	Модда	β
Метил спирти	0,40	Бензол	1,0
Бромли метил	0,57	Циклогексан	1,03

Этил спирти	0,61	Тетрахлорид углерод	1,05
Чумоли кислота	0,61	Этил эфири	1,09
Олтингугурт углерод	0,70	н-Пентан	1,12
Хлорли этил	0,76	Толуол	1,25
Пропан	0,78	Хлорпикрин	1,28
Хлороформ	0,86	н-Гексан	1,35
Ацетон	0,88	Бутилацетат	1,48
н-Бутан	0,90	н-Гептан	1,59
Уксус кислота	0,97		

[15] адабиётдаги маълумотлар бўйича, мавхум қайнашнинг муқаррар режимларида қарама-қарши кўп босқичли мавхум қайнаш қатламли адсорберларда қатлам ғоваклиги $\epsilon_{м.қ.}$ = 0,5...0,65 м³/м³ оралиғида бўлади.

Қатлам ғоваклигини $\epsilon_{м.қ.}$ = 0,55 м³/м³ га тенг деб қабул қиламиз.

Таҷрибавий ва назарий тадқиқотларга асосан [12], тарелкадаги қўзғалмас қатлам оптимал баландлигининг қиймати адсорбентнинг тури ва гранулометриқ таркибига қараб 0,03...0,05 м оралиғида бўлади. Яхши сорбцияланувчи газлар учун бундай баландликдаги қатлам адсорбтивни тўлиқ ажратилишини таъминлайди. Қатлам баландлигининг бошқа қийматларида тарелкадаги мавхум қайнаш бир ҳилда бўлмайди, адсорбтивнинг учиб чиқишлари кузатилади, натижада бир тарелкада адсорбент миқдорининг ортиши талаб этилган ажратишни таъминламайди.

Шунинг учун, тарелкадаги мавхум қайнаш қатламининг баландлигини $H=0,05$ м га тенг деб қабул қиламиз [12].

Газ оқимининг тезлигини аниқлаш. Газ оқимининг тезлигини қуйидаги тенгликдан аниқлаш мумкин:

$$Re = \frac{w \cdot d_s}{\nu}$$

Адсорбент доналарининг муқаррар мавхум қайнаш режимида [14]:

$$Ar = \frac{d_s^3 \cdot (\rho_k - \rho_g) \cdot g \cdot \rho_g}{\mu_{yp}^2} \quad (3.199)$$

Ўрнига қўйсак:

$$Ar = \frac{(1 \cdot 10^{-3})^3 \cdot 670 \cdot 9,81}{(1,5 \cdot 10^{-5})^2 \cdot 1,2} = 24343$$

$$Re = \frac{0,55^{4,75} \cdot 24343}{18 + 0,6 \sqrt{24343 \cdot 0,55^{4,75}}} = 34,82$$

Унда газ оқимининг тезлиги:

$$w = \frac{Re \cdot \nu}{d_s} = \frac{34,82 \cdot 1,5 \cdot 10^{-5}}{1 \cdot 10^{-3}} = 0,52 \text{ м/с}$$

Қурилма диаметрини сарф тенгласидан топамиз:

$$D_a = \sqrt{\frac{4G}{\pi w}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,555}{3,14 \cdot 0,52}} = 1,17 \text{ м}$$

Адсорбент сарфини аниқлаш.

Керак бўлган адсорбент сарфи, курилмадан чиқишда адсорбент бутунлай тўйинган деб қабул қилиниб [14], ёки $x = x^*(y_{\delta})$ га тенг деб, аниқланади.

Адсорбция изотермасидан (3-12 жадвал) қуйидагини топамиз:

$$x^*(25 \cdot 10^{-3}) = 300 \text{ кг/м}^3$$

Унда моддий баланс тенгламасидан ютувчининг сарфи:

$$L' = \frac{G(y_{\delta} - y_{ox})}{x^*(y_{\delta}) - x_0} = \frac{0,555(25 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-3})}{300 - 0} = 4,4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$$

Ишқаланиш ва учиб чиқишни ҳисобга олган ҳолда адсорбент миқдорини 30% кўпроқ деб қабул қиламиз, ва қаттиқ фазанинг сарфини топамиз:

$$L = 1,3L' = 1,3 \cdot 4,4 \cdot 10^{-4} = 5,72 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$$

Масса ўтказишнинг ҳажмий кенгайиш коэффициентини аниқлаш.

Курилмада адсорбент ўзининг ҳажмини масса ўтказиш асосий тенгламасидан топамиз:

$$V = \frac{G}{K_{yv}} \int_{y_{ox}}^{y_{\delta}} \frac{dy}{y - y^*} \quad (3.200)$$

бу ерда K_{yv} - адсорбент доначаларининг ҳажмига келтирилган масса ўтказишнинг ҳажмий коэффициенти, с⁻¹.

K_{yv} коэффициенти тарелкадан тарелкага ўзгаради, бунда жараён тезлиги ички ва ташқи диффузия кинетикаси билан чегараланиши мумкин. Адсорбентнинг пастки тарелкаларга оқиб ўтиши билан ички диффузия қаршилиги ортиб боради.

Тажрибалар шуни кўрсатдики [14], масса алмашилишнинг ўртача самарадор коэффициенти номи билан юритиладиган β_0 қиймати, газ оқимининг тезлигига боғлиқ бўлмаган ички масса бериш ҳажмий коэффициентига яқин. Шу асосда $\beta_0 \approx K_{yv}$ тенг деб қабул қиламиз.

Адсорбентнинг мавҳум қайнаш қатламида масса бериш коэффициентини β_0 аниқлаш учун қуйидаги тенгламалар тавсия этилади [12, 15]:

$$Nu' = 1,55 \cdot 10^2 K_L^{0,75} \left(\frac{y_m}{y_{\delta}} \right)^{0,35} \cdot \beta \cdot (BT^2)^{-1,3} \cdot \left(\frac{H}{d_y} \right)^{1,25} \quad (3.201)$$

ёки

$$\beta_0 = 1,55 \cdot 10^2 \cdot \frac{L_{y\delta}^{0,75} \cdot D_y^{0,25} \cdot y_m^{0,35} \beta}{(BT^2)^{1,3} \cdot H^{1,25} \cdot y_{\delta}^{0,35}}$$

бу ерда $Nu' = \frac{\beta_0 d_y^2}{D_y}$ - Нуссельт критерийси; D_y - ҳаводаги адсорбтивнинг диффузия коэффициенти, м²/с;

$K_L = \frac{L_{col} d_3}{D_y}$ - ўлчамсиз комплекс; y_m - адсорбцияланаётган модданинг тўйинган бўғларининг концентрацияси, кг/м³; L_{col} - адсорбентнинг солиштирма сарфи, м³/(м²·с); β - аффилик коэффициенти; B -

Ўрнига қўйиб, кўйидагини оламиз:

$$\beta_0 = K_{yv} = 1,55 \cdot 10^2 \cdot \left(\frac{5,72 \cdot 10^{-5}}{0,785 \cdot 1,2} \right)^{0,75} \cdot \frac{(0,096 \cdot 10^{-4})^{0,25} \cdot 0,320^{0,35} \cdot 1}{(1,05 \cdot 10^{-6}) \cdot 293} = 12,4 \text{ c}^{-1}$$

Жараённинг ишчи чизигини қуриш учун моддий баланс тенгласидан адсорбердан чиқишда адсорбентдаги адсорбтив концентрациясини топамиз:

$$y_{ox} = \frac{G}{L}(y_{\phi} - y_{ox}) + x_{\phi} = \frac{0,555}{5.72 \cdot 10^{-5}}(25 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-3}) + 0 = 233 \text{ } \kappa\text{Z}/\text{ } \mathcal{M}^3$$

х-у диаграммада жараённинг ишчи ва мувозанат чизикларини курамиз (3.31-расм). График интеграллаш учун зарур бўлган ёрдамчи ўлчамларни диаграмма ёрдамида аниқлаймиз:

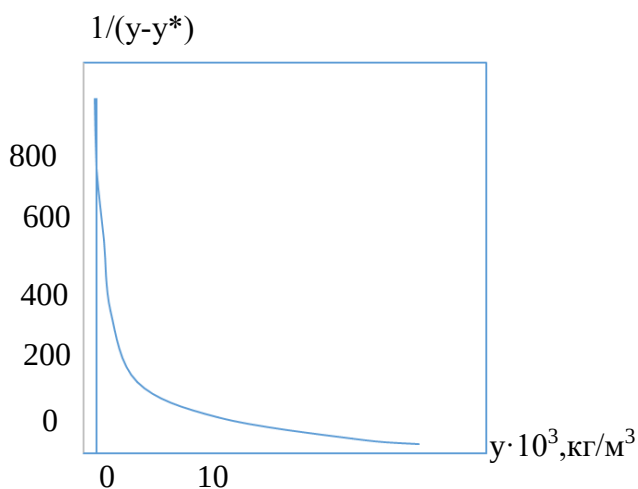
3-18 жадвал

y	y^*	$y - y^*$	$1/(y - y^*)$
0,025	0,001	0,024	41,67
0,024	0,0009	0,0231	43,29
0,023	0,0008	0,0222	45,04
0,022	0,0007	0,0313	46,95
0,021	0,0006	0,0204	49,02
0,020	0,0006	0,0194	51,55
0,019	0,0005	0,0185	54,05
0,018	0,0004	0,0176	56,82
0,017	0,0003	0,0167	59,88
0,016	0,0002	0,0158	63,29
0,015	0,0001	0,0149	67,11
0,010	0,0001	0,0100	100,0
0,04	0,000	0,004	250
0,001	0,000	0,0010	1000,0

График интеграллаш усулида (3.32-расм) ўтказиш бирлигининг сонини топамиз:

$$n_{oy} = \int_{0,001}^{0,025} \frac{dy}{y - y_*} = 4,5$$

Адсорбент эгаллаб турган ҳажми:



3.32-расм. Ўтказиш бирлигининг сонини аниқлаш.

$$V_a = \frac{G}{\beta_0} n_{oy} = \frac{0,555 \cdot 4,5}{12,4} = 0,20 \text{ м}^3$$

Адсорбент қатлам ҳажми:

$$V_{cl} = V_a \frac{\rho_m}{\rho_{ю}} = 0,2 \frac{670}{470} = 0,28 \text{ м}^3$$

Адсорберда тарелкалар сони $n=5$ деб қабул қиламиз.

Оқиб ўтиш мосламаси тузилишини (конструкцияси), мавҳум қайнаш бир хилмаслиги ва газ оқимининг тезлигини мумкин бўлган ўзгаришларини ҳисобга олганда тарелкалар орасидаги масофа $H_o=(3-5) \cdot H_{mk}$ деб қабул қилинади.

Тарелкадаги қўзғалмас қатлам баландлиги H_o ва мавҳум қайнаш қатламининг баландлиги H_{mk} куйидагича боғланган [13]:

$$(1 - \varepsilon)H = (1 - \varepsilon_{mk})H_{mk} \quad (3.202)$$

бу ерда ε – тарелкадаги адсорбент қўзғалмас қатлам ғоваклилиги.

Ушбу ҳолатда:

$$\varepsilon = 1 - \rho_{ю} / \rho_m = 1 - 470 / 670 = 0,3$$

ва тарелкадаги адсорбент мавҳум қайнаш қатламининг баландлиги

$$H_{mk} = \frac{H(1 - \varepsilon)}{1 - \varepsilon_{mk}} = \frac{0,05(1 - 0,3)}{1 - 0,55} = 0,078 \approx 0,08 \text{ м}$$

Тарелкалар орасидаги масофани заҳира билан 0,4 м га тенг деб қабул қиламиз. Курилма тарелкали қисмининг баландлиги

$$H_m = H_o(n - 1) = 0,4(5 - 1) = 1,6 \text{ м}$$

Курилма днишчесидан юқори ва пастки тарелкаларгача бўлган масофа тақсимловчи ва таъминловчи мосламалар конструкцияси билан белгиланади [12]. Ушбу масофани $2H_o$ га тенг деб қабул қилиб, курилманинг умумий баландлигини топамиз:

$$H_a = H_m + 2 \cdot 2H_o = 1,6 + 4 \cdot 0,4 = 3,2 \text{ м}$$

3.8. Ҳаракатчан адсорбент қамламли адсорберни ҳисоблаш

Ҳаво таркибидаги бензолни ажратиб олиш учун ҳаракатчан, фаолланган кўмир қатламли узлуксиз ишлайдиган ҳаракатчан қатламли адсорбцион курилма ҳисоблансин.

Бошланғич маълумотлар.

Аралашма бўйича курилма унумдорлиги
ҳаво аралашмадаги бензол концентрацияси

$V = 4500 \text{ м}^3/\text{ч} = 1,25 \text{ м}^3/\text{с}$; Буғ-
 $y_H = 0,040 \text{ кг}/\text{м}^3$;

Адсорбцион зонадан чиқишдаги аралашмадаги бензол
концентрацияси

$y_K = 0,0015 \text{ кг}/\text{м}^3$;

Ишлатиб бўлинган адсорбент таркибида бензолнинг миқдори

- 98 %,

Қайта тиклан адсорбентдаги (регенерация килинганида)

(мувозанатдаги дастлабки аралашмага нисбатан) - 3%;

Жараён температураси

- 25°C.

Юқорида келтирилган маълумотлар асосида адсорбер диаметри, баландлиги ва адсорбент сарфи аниқлансин.

Адсорбция жараёни учун, тўкма зичлиги $\rho_r = 500 \text{ кг/м}^3$ бўлган АГ-3 маркали фаолланган кўмир адсорбентини танлаймиз (3-13 жадвал) [49]. Фаолланган кўмир АГ-3 да ҳаводан бензолни адсорбция жараёнининг мувозанат маълумотлари 3-12 жадвалда келтирилган.

Адсорбент турли ўлчамдаги заррачалардан таркиб топгани учун, заррачалар ўртача диаметри ушбу формуладан топилади:

$$d = \frac{1}{\sum_{i=1}^n (x_i / d_i)} \quad (3.203)$$

Фракциялар бўйича заррачалар ўртача диаметри қуйидагига тенг:

$$\begin{aligned} d_1 &= (0,0036 + 0,0028) / 2 = 0,0032 \text{ м} \\ d_2 &= (0,0028 + 0,0015) / 2 = 0,00215 \text{ м} \\ d_3 &= (0,0015 + 0,0010) / 2 = 0,00125 \text{ м} \end{aligned}$$

Унда

$$d = \frac{1}{\frac{0.03}{0,0032} + \frac{0.86}{0,00215} + \frac{0.10}{0,00125}} = 0,00205 \text{ м}$$

1. Қурилма диаметрини ҳисоблаш

Газ оқимининг тезлиги мавҳум қайнаш бошланиши тезлигидан кичик бўлиши керак. Унда, сферик заррачалар учун $Re_{омк}$ қуйидаги формуладан аниқланади:

$$Re_{омк} = \frac{Ar}{1400 + 5,22\sqrt{Ar}}$$

бу ерда $Re_{омк} = w_{мк} \cdot d \cdot \rho_y / \mu_y$ - модификациялашган Рейнольдс критерийсининг критик қийматлари; $w_{мк}$ – мавҳум қайнаш бошланиши тезлиги, м/с; d – заррача ҳажмига тенг шарнинг диаметри, м;

$Ar = \frac{g \cdot d^3}{\nu_y^2} \cdot \frac{\rho_k - \rho_y}{\rho_y}$ - Архимед критерийси; $t = 25^\circ\text{C}$ да ҳавнинг зичлиги $\rho_y = 1,185 \text{ кг/м}^3$; динамик

ковушоклик коэффициенти $\mu_y = 0,0186 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$; заррача зичлиги $\rho_k = 800 \text{ кг/м}^3$.

Архимед критерийси қийматини топамиз:

$$Ar = \frac{0,00205^3 \cdot 1,185^2 \cdot 9,81 \cdot 800 - 1,185}{(0,0186 \cdot 10^{-3})^2} \cdot \frac{1,185}{1,185} = 231218$$

Сўнг, модификациялашган Рейнольдс сонини аниқлаймиз:

$$Re_{омк} = \frac{231218}{1400 + 5,22\sqrt{231218}} = 59,13$$

$Re_{омк}$ ни билган ҳолда, $w_{мк}$ қийматини топамиз:

$$w_{мк} = \frac{Re_{омк} \cdot \mu_y}{d \cdot \rho_y} = \frac{59,13 \cdot 0,0186 \cdot 10^{-3}}{0,00205 \cdot 1,185} = 0,453 \text{ м}$$

Газ оқимининг тезлигини $w = 0,3 \text{ м/с}$ деб қабул қиламиз (чунки, адсорбердаги ишчи тезлик рухсат этилгандан 25% га кам) ва қурилма диаметрини ҳисоблаймиз:

$$D_a = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot w}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,25}{3,14 \cdot 0,3}} = 2,3 \text{ м}$$

Курилма диаметрини $D_a=2,4$ м деб оламиз ва буғ-газ аралашмасининг чизиқли тезлигини аниқлаймиз:

$$w = \frac{4 \cdot V}{3600 \cdot \pi \cdot D_a^2} = \frac{4 \cdot 4500}{3600 \cdot 3,14 \cdot 2,4^2} = 0,3 \text{ м}$$

Критик тезлик танланган тезликдан юқори, шунинг учун бу тезлик адсорбентнинг курилма орқали нормал ҳаракатини таъминлайди.

1. Адсорбент ҳаракат тезлигини ҳисоблаш

Колоннада адсорбент ҳаракати тезлиги топамиз. Унинг тезлиги масса алмашилиш зонасидаги тезлик u га тенг бўлиши керак:

$$u = \frac{w \cdot y_H}{\varepsilon \cdot y_H + x_K^*} \quad (3.204)$$

бу ерда w – адсорбер кўндаланг кесимига нисбатан олинган оқим тезлиги, м/с; x_K – y_H билан мувозанатдаги, ажралиб чиқаётган компонентнинг қаттиқ фазадаги концентрацияси, кг/м³; ε – қатламнинг ғоваклилиги.

Ҳаракатдаги донатор қатламлар учун $\varepsilon = 0,33-0,49$. $\varepsilon = 0,4$ деб қабул қиламиз.

Ажралиб чиқаётган компонентнинг қаттиқ фазадаги мувозанат концентрацияси x_K^* топиш учун 3-12 жадвалда келтирилган маълумотлар асосида, бензол адсорбцияси изотермаларини қурамиз. y_H (кг/м³) бўйича x_K (кг/м³) топамиз. Адсорбент мувозанат ҳажмидан фойдаланиш даражаси 0,95 бўлганда, унинг ҳаракат тезлиги қуйидагига тенг бўлади:

$$u = \frac{0,3 \cdot 0,04}{0,4 \cdot 0,04 + 75,57 \cdot 0,95} = 0,0000785 \text{ м/с}$$

2. Адсорбент қатлами узунлини ҳисоблаш

Масса ўтказиш тенгламасининг тарқалиш бирлиги сони орқали ҳаракатлаги адсорбент қатламининг зарур узунлиги $H_{\partial\theta}$ аниқланади:

$$H_{\partial\theta} = \frac{V}{SK_{yv} \int_{y_K}^{y_H} \frac{dy}{y - y^*}} = h_y n_{0y} \quad (3.205)$$

бу ерда S – қатлам кўндаланг кесимининг юзаси, м²; K_{yv} – ҳажмий масса ўтказиш коэффициенти, с⁻¹; h_y – тарқалаш бирлигига эквивалент баландлик, м; n_{0y} – тарқалиш бирлиги сони.

Масса ўтказишнинг ҳажмий коэффициенти ушбу формуладан топилади:

$$K_{yv} = \frac{1}{(1/\beta_{yv}) + (m/\beta_{xv})} \quad (3.206)$$

бу ерда β_{yv} – газ фазасидаги ҳажмий масса бериш коэффициенти, с⁻¹; β_{xv} – газ фазасидаги ҳажмий масса бериш коэффициенти, с⁻¹; m – тарқалиш коэффициенти.

Тарқалиш коэффициенти

$$m = y_H/x_K^* = 0,040/75,54 = 0,000529$$

жуда кичик бўлгани учун, m/β_{xv} қийматини инобатга олмаса ҳам бўлади. Унда $K_{yv} \approx \beta_{yv}$. Газ фазасидаги ҳажмий масса бериш коэффициентини аниқлаш учун донатор қатлам Рейнольдс сони топиш керак:

$$Re = 4 \cdot w \cdot \rho_y / a \cdot \mu_y$$

бу ерда w - газ фазасининг тезлиги, м/с; a – донатор қатлам солиштирма юзаси, м²/м³.

Адсорбент қатламининг солиштирма юзасини қуйидаги нисбатдан аниқлаймиз:

$$a = 6 \cdot (1 - \varepsilon) / \Phi \cdot d \quad (3.207)$$

Гранула ўринишидаги фаолланган кўмир ва силикагеллар учун шакл омили Φ қуйидаги ораликда бўлади $\Phi = 0,7 \dots 0,9$. Ҳисоблашлар учун $\Phi = 0,8$ деб қабул қилиб, солиштирма юза a ни топамиз:

$$a = \frac{6 \cdot (1 - 0,4)}{0,8 \cdot 0,00205} = 2200 \text{ м}^2/\text{м}^3$$

Унда, Рейнольдс сони қуйидагига тенг бўлади:

$$Re = \frac{4 \cdot 0,3 \cdot 1,185}{2200 \cdot 0,0186 \cdot 10^{-3}} = 37,75$$

$Re > 30$ бўлганда β_{yv} ни ҳисоблаш учун ушбу формуладан фойдаланилади:

$$Nu' = 0,395 Re^{0,64} (Pr')^{0,33}$$

бу ерда $Nu' = \beta_{yv} d_s^2 / D$

Pr' сонини ушбу формуладан аниқлаймиз:

$$Pr' = \frac{\nu}{D} = \frac{\mu_y}{\rho_y \cdot D} = \frac{0,0186 \cdot 10^{-3}}{1,185 \cdot 7,7 \cdot 10^{-6}} = 2,04$$

Ҳавода бензолнинг диффузия коэффиценти $D = 7,7 \cdot 10^{-6}$ м²/с [26].

Nu' қийматини ҳисоблаймиз:

$$Nu' = 0,395 \cdot 37,75^{0,64} \cdot 2,04^{0,33} = 5,1$$

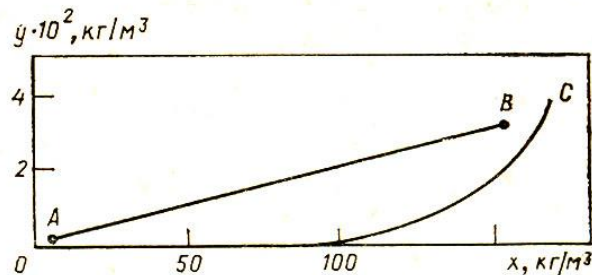
Донадар қатламнинг эквивалент диаметрини ушбу нисбатдан аниқлаймиз:

$$d_s = 4\varepsilon / a = 4 \cdot 0,4 / 2200 = 7,3 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

Энди, β_{yv} нинг қийматини топамиз:

$$\beta_{yv} = \frac{Nu' \cdot D}{d_s^2} = \frac{5,1 \cdot 7,7 \cdot 10^{-6}}{0,00073^2} = 73,69 \text{ с}^{-1}$$

$K_{yv} = \beta_{yv} = 73,69 \text{ с}^{-1}$ деб ҳисоблаб,



3.33-расм. AP-A маркали фаолланган ўмирда ҳаводан бензолни адсорбциялаш жараёнининг ишчи (AB) ва мувозанат (OC) чизиқлари.

Тарқалиш бирлиги сонини график интеграллаш усули билан топилади. Бунинг учун y_n дан y_k оралигида бир нечта y қийматларини танлаб оламиз. Ҳар бир y нинг қийматига ишчи чизикда тегишли x нинг қийматини ва ҳар бир x нинг қийматига мувозанат чизигида y^* ни топамиз (3.33-расм). Аниқланган қийматлар қуйидаги 3-19 жадвалда келтирилган:

3-19 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
6	0,005	25	0	0,005	200
7	0,001	8	0	0,001	1000

$1/(y - y^*)$ нинг y боғлиқлик графикини қурамиз (3.34-расм). $y_n = 0,030$ кг/м³ ва $y_k = 0,001$ кг/м³ ординаталари билан чегараланган эгри чизик остидаги юза $f = 2020$ мм² тенг. Ўқлар бўйича масштабни топамиз: $1/(y - y^*)$ ўқи бўйича $M_1 = 10$ ва y ўқи бўйича $M_2 = 0,0002$. n_{0y} сонини ушбу тенгламадан аниқлаймиз:

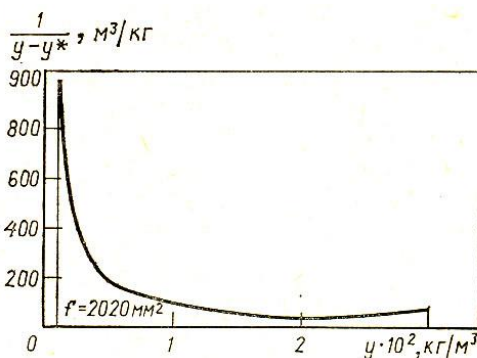
$$n_{0y} = \int_{y_k}^{y_n} \frac{dy}{y - y^*} \quad (3.208)$$

Ҳаракатдаги адсорбент қатламининг зарур узунлигини ҳисоблаймиз:

$$H_{0\phi} = \frac{V}{S \cdot K_{y\phi}} \cdot n_{0y} = \frac{1,25 \cdot 4}{3,14 \cdot 2,4^2 \cdot 73,69} \cdot 4,04 = 0,02 \text{ м}$$

Қурилманинг бундай диаметри ва ҳаракатланувчи қатламнинг баландлигида оқим тезлигининг тебранишлари туфайли адсорбтивнинг ўтиб кетиш ҳолатлари учрайди.

Шу ҳодисани инобатга олиб, $H_{0\phi} = 0,4$ м деб қабул қиламиз.



3.34-расм. График интеграллаш усулида тарқалиш бирлиги сонини аниқлаш.

Ҳаракатланувчи қатламли адсорберларнинг юклаш ва тўкиш мосламалари қўпол ва ва мураккаб, лекин улардан адсорбент ҳаракатининг тезлиги ва узлуксизлиги боғлиқ. Юклаш мосламасининг баландлигини 1,2 м, тўкиш мосламасиники – 1,4 м қабул қилиб адсорбер баландлигини аниқлашимиз мумкин:

$$H_a = H_{об} + H_{зазр} + H_{раз} = 0,4 + 1,2 + 1,4 = 3 \text{ м}$$

Адсорбент сарфини куйидаги тенгламадан топамиз:

$$G = \rho_n \cdot u \cdot S = \frac{500 \cdot 0,785 \cdot 10^4 \cdot 3,14 \cdot 2,4^2}{4} = 0,163 \text{ кг/с} = 587 \text{ кг/ч}$$

Газодувка ҳисоби

Курилмада ҳавонинг сохта тезлиги:

$$w_0 = 4 \cdot Q / \pi \cdot D^2 = 0,362 \text{ м/с}$$

Қатламдаги Рейнольдс сонини ушбу формула орқали топамиз:

$$\text{Re} = \frac{2 \cdot \Phi}{3 \cdot (1 - \varepsilon)} \cdot \text{Re}_0; \quad \text{Re}_0 = \frac{w_0 \cdot d \cdot \rho}{\mu}$$

$$\text{Re} = \frac{2 \cdot 0,8}{3 \cdot (1 - 0,4)} \cdot \frac{0,362 \cdot 0,00205 \cdot 1,185}{0,0186 \cdot 10^{-3}} = 42,03$$

Гидравлик қаршилик коэффиценти λ куйидаги формулада ҳисобланади:

$$\lambda = \frac{133}{\text{Re}} + 2,34 = 5,5$$

Қатлам гидравлик қаршилиги ушбу формуладан аниқланади:

$$\Delta P_c = \frac{3 \cdot \lambda \cdot H \cdot (1 - \varepsilon) \cdot \rho \cdot w_0^2}{4 \cdot \varepsilon^3 \cdot d \cdot \Phi} = \frac{3 \cdot 5,5 \cdot 0,4(1 - 0,4) \cdot 1,185 \cdot 0,362^2}{4 \cdot 0,4^3 \cdot 0,8 \cdot 0,00205} = 1465 \text{ Па}$$

Адсорбернинг газ тақсимлаш панжараси ва бошқа ёрдамчи мосламалар гидравлик қаршилигини умумий қаршиликнинг 10% ни ташкил этади деб қабул қиламиз, яъни $\Delta P_A = 1465 \cdot 1,1 = 1612 \text{ Па}$.

Труба қувиридаги ҳаво тезлигини $w = 15 \text{ м/с}$ деб қабул қиламиз. Унда, труба қувирунинг диаметри куйидагига тенг бўлади:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot w}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,25}{3,14 \cdot 15}} = 0,326 \text{ м}$$

Труба қувиридаги оқимнинг Рейнольдс сони:

$$\text{Re} = \frac{15 \cdot 0,326 \cdot 1,185}{0,0186 \cdot 10^{-3}} = 311540$$

Трубалар маълум муддат ишлатилган деб қабул қиламиз, унда $\Delta = 0,15 \text{ мм}$; Сўнг:

$$e = \frac{1.5 \cdot 10^{-4}}{0.326} = 4.6 \cdot 10^{-4}; \quad \frac{1}{e} = 2173; \quad 10 \cdot \frac{1}{e} = 21730; \quad 560 \cdot \frac{1}{e} = 1216880$$

$$21730 < Re = 311540 < 1216880$$

Шундай қилиб, гидравлик қаршилик коэффиценти λ аралаш ишқаланиш зонаси учун қуйидаги формула орқали ҳисоблаб топилади:

$$\lambda = 0,11 \cdot (e + 68/Re)^{0,25} = 0,11 \cdot (4,6 \cdot 10^{-4} + 68/311540)^{0,25} = 0,0178$$

Маҳаллий қаршилик коэффицентларини аниқлаймиз:

1. Трубага кириш (ўткир қиррали) - $\xi_1 = 0,5$;
2. Задвижка - $d = 0,326$ м - $\xi_2 = 0,18$;
3. Тирсак - $\xi_3 = 1,1$;
4. Трубадан чиқиш - $\xi_4 = 1$.

Маҳаллий қаршилик йиғиндиси:

$$\sum \xi = 0,5 + 0,18 + 1,1 + 1 = 2,78$$

Труба қувури гидравлик қаршилиги:

$$\Delta p_n = (\lambda \cdot \frac{l}{d_s} + \sum \xi_{MC}) \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} = (0,0178 \cdot \frac{20}{0,326} + 2,78) \cdot \frac{1,185 \cdot 15^2}{2} = 952 \text{ Па}$$

$$\Delta P = \Delta P_A + \Delta P_{II} = 1612 + 952 = 2564 \text{ Па}$$

Фойдали қувват:

$$N_{II} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H = Q \cdot \Delta p = 1,25 \cdot 2564 = 3,205 \text{ кВт}$$

$$N = \frac{3,205}{0,6} = 5,3 \text{ кВт}$$

ТВ-100-1,12 типдаги газодувка танлаймиз:

$$Q = 1,67 \text{ м}^3/\text{с}, \quad \Delta P = \rho \cdot g \cdot H = 12000 \text{ Па}, \quad n = 48,3 \text{ с}^{-1}$$

Электр юриткич типии АО2-81-2, $N = 40 \text{ кВт}$, $\eta = 0,88$.

Асосий бўлак ва деталларнинг механик ҳисоби

Шартли белгилар: C_k – коррозияни ҳисобга олувчи детал қалинлигига қўшимча; $C_{окр}$ - номинал ўлчамгача детал қалинлигини яхлитлаш учун қўшимча; E - материал эгилувчанлик модули; G - оғирлик; I - инерция моменти; M - куч моменти; m - масса; P - деформация кучланиши; p - босим; W - қаршилик моменти; α - материалнинг чизикли кенгайиш коэффиценти; δ - детал қалинлиги; σ - нормал кучланиш; σ_T - материал оқувчанлик чегараси; τ - уринма кучланиш.

Кимёвий қурилмаларнинг детал ва бўлакларини мустаҳкамлик ҳисобида асосий параметрлардан бири бўлиб, ундаги муҳитнинг босимидир. Мустаҳкамлик ҳисоби нормал кечадиган технологик жараёнларнинг ишчи босим учун бажарилади.

Агарда, гидростатик босим ишчи босимдан 5% га кўп булган тақдирдагина, қурилмадаги суюқлик гидростатик босими инобатга олинади. Бундай ҳолларда ҳисоблаш синов босими учун ўтказилади. Синов босими – бу қурилма корхонада тайёрланганда ёки ишлатилганда гидравлик синаш ўтказиладиган босимдир.

Мустаҳкамлик ҳисоблашлар қилинганда яна бир асосий омил – бу температурадир. Агарда, муҳит температураси $<250^{\circ}\text{C}$ бўлса, қурилма деворининг ва деталларининг ижрочи температураси эксплуатация жараёнидаги муҳитнинг максимал температурасига тенг қилиб олинади. Иссиқ газ ёки очик аланга ёрдамида $>250^{\circ}\text{C}$ температурагача қиздирилганда, ижрочи температура детал ва бўлакларнинг температурасини муҳитникидан 50°C га ортиқ қилиб олинади. Иссиқлик қопламали қурилмалар учун девор температураси қоплама билан чегарадаги температурага 20°C қўшиб олинади.

Мустаҳкамлик ҳисобидан аввал муҳитнинг хоссаларига қараб конструкцион материал танланади. Материал танлашда унинг кимёвий бардошлиги, керакли мустаҳкамлик, нархи ва тансиқлиги каби омилларга инобатга олинади. Конструкцион материаллар мустаҳкамлик характеристикалари ижрочи температурада детал ва бўлаклардаги рухсат этилган кучланишлар орқали аниқланади. Кимё машинасозлигида кенг кўламда қўлланиладиган конструкцион материаллар ва уларнинг номинал рухсат этилган кучланишлари σ_d қуйидаги адабиётларда келтирилган [1-3,5,6,26].

Конструкцион материалга муҳитнинг емириш таъсири деталлар номинал қалинлигига C_K қўшимча киритиш йўли ҳисобга олинади:

$$C_K = \Pi \cdot \tau_a \quad (3.209)$$

бу ерда τ_a - қурилма хизмат қилишининг амортизацион муддати ($\tau_a = 10$ йил); Π — коррозион проницаемость, мм/йил. Кўпинча ушбу кўрсаткич $\Pi = 0,1$ мм/йил деб қабул қилинади.

Обечайка қалинлигини ҳисоблаш

Кўпчилик кимёвий қурилмаларнинг асосий элементи – бу обечайкадир. Кимё ва нефт машинасозлигида энг кенг тарқалган обечайка тури – цилиндрик обечайкадир, чунки у тайёрланиши осон, мустаҳкам ва метал сарфи оптимал. Обечайкалар углеродли ва легирланган пўлатлардан ясалади. Қурилмадаги босим <10 МПа бўлганда, обечайкалар листни вальцовка қилиб, сўнг бирлашиш жойлари пайвандлаб тайёрланади. Агарда, муҳит босими юқори бўлса, обечайкалар поковкадан ясалади. Мўрт материаллар (чўян, бронза ва бошқалар) дан обечайкалар қуйиш йўли билан тайёрланади. Диаметри 1020 мм гача бўлган обечайкаларни пўлат трубалардан ҳам яшаш рухсат этилади.

Коррозия ва яхлитлашга қўшимчаларни инобатга олганда обечайка қалинлиги қуйидагича ҳисобланади:

$$\delta = \frac{Dp}{2\sigma_d \varphi} + C_K + C_{окр} = 0,0029 + 0,001 + C_{окр} = 0,004 \text{ м}$$

$\frac{(4-1)10^{-3}}{2} < 0,1$ шарт бажарилди. Обечайкада рухсат этилган ортиқча босим қуйидаги формуладан аниқланади:

$$p_d = \frac{2 \cdot \sigma_d \cdot \varphi_{ш} \cdot (\delta - C_K)}{D_B + (\delta - C_K)} = \frac{2 \cdot 138 \cdot 0,95(4-1) \cdot 10^{-3}}{2,4 + (4-1) \cdot 10^{-3}} = 0,327 \text{ МПа}$$

Днишче қалинлигини ҳисоблаш

Қурилманинг яна бир асосий таркибий элементларидан бири – днишчедир ва у одатда обечайка ясалган материалдан тайёрланади ва унга пайвандланади ёки фланецлар ёрдамида бириктирилади. Днишче шакли эллиптик, сферик, конуссимон ва ясси бўлиши мумкин. Лекин, энг оптимал шакл бўлиб эллиптик днише ҳисобланади. Одатда, эллиптик днишче штамповка усулида листли прокатдан ясалади ва <10 МПа босимларда қўлланиши мумкин. Ички, ортиқча босим p остидаги стандарт эллиптик днишелар қалинлиги қуйидаги шарт бажарилганда тўғри бўлади:

$$(\delta - C_K)/D \leq 0,125 \quad (3.210)$$

Днишеда тешик бўлса, унинг мустаҳкамлигининг пасайиши қуйидагига тенг бўлади:

$$\varphi_0 = (D_B - d_0) / D_B = (2,4 - 0,3) / 2,4 = 0,9$$

$\varphi_0 < \varphi_{III}$ бўлгани учун, $\varphi = \varphi_0 = 0,9$. Днише қалинлиги:

$$\delta = \frac{2,4 \cdot 0,3}{2 \cdot 138 \cdot 0,9} + 0,001 + C_{окр} = 0,004 \text{ м}$$

$(4-1)10^{-3}/2,4 = 0,00125 < 0,125$ зарур шарт бажарилди.

Ташқи босим остидаги эллиптик днише қалинлигини ҳисоблаб топилган обечайка қалинлигига тенг деб қабул қилса бўлади. Сўнг, рухсат этилган ташқи босимнинг текширув ҳисоблаши ўтказилади [1-3,49]. Агарда, олинган қиймат ҳисоб қалинлигидан катта ёки тенг чиқса, қабул қилинган днише қалинлиги тўғри бўлади. Акс ҳолда, днише қалинлигини ошириш керак.

Днише параметрлари

D, мм	S _д , мм	H _д , мм	h _с , мм	F _д , м ²	V _д , м ³
2400	8-10	600	40	6,54	1,9823

1. Фланецли бирикмаларни ҳисоблаш

Ички диаметр бўйича фланецларни танлаймиз [21, 13 - жадвал].

D _y	D _ф	D _б	D ₁	D ₂	D ₄	D ₅	D ₆	H	h	d	z
300	435	395	365	357	330	303	340	54	18	23	12

D _y	D _ф	D _б	D ₁	D ₂	D ₄	h	a	A ₁	S	d	z
2400	2530	2490	2446	2460	2443	60	17,5	14	10	23	80

5. Қурилма таянчларини ҳисоблаш.

Таянч турини танлаш учун $H/D \geq 5$ шарт бажарилиши керак. Бизнинг шароитда Ушбу шарт бажарилди, шунинг учун қуйидаги таянчни танлаймиз: Таянч 11-0,1, МХ 64-56.

L	B	B ₁	B ₂	H	h	S	l	d
300	240	260	370	450	265	18	110	34

6. Штуцерларни ҳисоблаш.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot w}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,25}{3,14 \cdot 20}} = 0,3 \text{ м}$$

ОСТ 26-1404-76 дан ички диаметри $D_y=300$ мм ва $P_y=0,3$ МПа ли фланец танлаймиз.

D_y , мм	D_T , мм	S_T , мм	H_T , мм
300	325	8	190; 250

7. Гидравлик ҳисоблаш

Ишқаланиш қаршилиги туфайли босимнинг йўқотилиши:

$$\Delta P_{TP} = \lambda \frac{H}{d} \cdot \frac{\rho_y \cdot w^2}{2} = 0,104 \cdot \frac{3}{2,4} \cdot \frac{1,185 \cdot 0,3^2}{2} = 0,0069 \text{ Па}$$

Рейнольдс критерийси:

$$Re = \frac{wd\rho}{\sigma} = \frac{0,3 \cdot 2,4 \cdot 1,185}{0,0186 \cdot 10^{-3}} = 45871 > 10^4, \quad e = \frac{\Delta}{d}, \quad \text{где } \Delta = 0,08$$

Унда

$$e = \frac{0,08}{2400} = 0,00003, \quad 10 \frac{1}{e} = 30000, \quad 560 \frac{1}{e} = 1680000$$

Гидравлик қаршилик коэффициенти λ :

$$\lambda = 0,11 \cdot (e + 68/Re)^{0,25} = 0,11(0,8 + 68/45871)^{0,25} = 0,104$$

Маҳаллий қаршиликлар туфайли босимнинг йўқотилиши:

$$\Delta P_{MC} = \sum \xi \frac{w^2 \cdot \rho}{2} = 12,5 \cdot \frac{0,3^2 \cdot 1,185}{2} = 0,67 \text{ Па}$$

1.Вентиль (нормал) - $\xi = 5,5 \times 2 = 11$;

2.Трубага кириш - $\xi = 0,5$;

3.Трубадан чиқиш - $\xi = 1$;

$$\text{Унда} \quad \sum \xi = 11 + 0,5 + 1 = 12,5$$

Босимнинг умумий йўқотилиши:

$$\Delta P_{nom} = 0,0069 + 0,67 + 200 = 200,677 \text{ Па}$$

3.11. Пурковчи экстрактор ҳисоби

Бензол ёрдамида сувдан фенолни ажратиш олиш учун пурковчи экстракцион колонна ҳисоблансин ва лойиҳалансин.

Бошланғич маълумотлар:

- аралашма сарфи - $V_x = 0,001389 \text{ м}^3/\text{с};$
- сувдаги фенолнинг бошланғич концентрацияси - $C_{x0} = 0,3 \text{ кг/м}^3;$
- сувдаги фенолнинг охириги концентрацияси - $C_{x0} = 0,06 \text{ кг/м}^3;$
- экстрагент таркибидаги фенолнинг бошланғич концентрацияси - $C_{yn} = 0,01 \text{ кг/м}^3;$
- экстрактордаги температура - $t = 25^\circ\text{C};$
- экстрактдан экстрагентни регенерация қилиш – аралаштиргичли қурилмада ишқорнинг сувли эритмаси билан қайта ишлаш;
- экстрагентни рафинатдан ажратиш жараёни ташкил этилмаган.

Мувозанат шартлари: Агар концентрация кг/м^3 ўлчов бирлигида ифодаланса, фенолнинг сув ва бензолда тарқалиши амалиётда ўзгармас миқдор ва 25°C температурада у 2, 22 га тенг [26]. Демак, фазалар орасидаги мувозанат қуйидаги формуладан аниқланади:

$$y = mx + m_o \quad (3.211)$$

бу ерда $m=2,22$ ва $m_o=0$.

Экстрагент сарфи: Фенолнинг концентрацияси кичик бўлгани учун экстракция жараёнида фазалар зичликларининг ўзгаришини инобатга олмас бўлади. Бундан, талаб этиладиган фенолни ажратиш даражаси ушбу формуладан топилади:

$$s = 1 - \frac{c_{xk}}{c_{xn}} = 1 - \frac{0,06}{0,3} = 0,8 \quad (3.212)$$

Экстрагентнинг минимал сарфи:

$$V_{y \min} = \frac{s \cdot V_{xk} \cdot c_{xn}}{c_y^* \cdot c_{xn} - c_{yn}} = \frac{0,8 \cdot 0,001389 \cdot 0,3}{2,22 \cdot 0,3 - 0,01} = 0,000508 \text{ м}^3 / \text{с} = 1,829 \text{ м}^3 / \text{соат} \quad (3.213)$$

Фенолнинг концентрацияси кичик бўлгани учун экстракция жараёнида фазалар сарфларининг ўзгаришини ҳисобга олинмас ҳам бўлади. Агар экстрагент сарфи минималдан 2 маротаба катта бўлса ($0,001016 \text{ м}^3/\text{с}$), унда фенолнинг охириги концентрацияси ушбу тенгламадан ҳисобланади:

$$c_{yk} = c_{yn} + \frac{V_x}{V_y} \cdot (c_{xn} - c_{yk}) = 0,01 + \frac{0,001389}{0,001016} \cdot (0,3 - 0,06) = 0,338 \text{ кг} / \text{м}^3 \quad (3.214)$$

Назарий поғоналар сони ушбу формуладан топилади:

$$n_m = \frac{\lg \left(\frac{c_{yk} - mc_{xn} - m_o}{c_{yn} - mc_{xk} - m_o} \right)}{\lg \frac{mV_y}{V_x}} = \frac{\lg \left[\frac{0,338 - 2,22 \cdot 0,3 - 0}{0,01 - 2,22 \cdot 0,06 - 0} \right]}{\lg (2,22 \cdot 0,001016 / 0,001389)} = 2,02 \quad (3.215)$$

Экстрагентнинг бошқа сарфлардаги ҳисоблаш маълумотлари:

3-20 жадвал

V_v/V_{ymin}	3	4	5	6	7
$y_k, \text{кг/м}^3$	0,229	0,174	0,141	0,119	0,104
n_t	1,42	1,18	1,04	0,94	0,87

Кўриниб турибдики, колоннанинг талаб этилган самарадорлиги минимал сарфдан 5...6 баробар кўп бўлган экстрагент сарфи тахминан битта назарий поғона атрофига тўғри келади. Экстрагент сарфини 0,002778 м³/с деб қабул қиламиз, яъни минималдан 5,5 баробар ва аралашма бошланғич сарфидан 2 маротаба катта. Бензолнинг бундай сарфида фенол охирги концентрациясида $c_{yk}=0,13 \text{ кг/м}^3$ га тенг. Бензолнинг сарфи катта бўлгани учун уни дисперс фаза сифатида қўллаймиз. Фенолнинг концентрацияси кичик бўлгани учун ҳисоблашлар учун зарур фазаларнинг физик хоссаларини 25°C температурадаги сув ва бензолларнинг тегишли хоссаларига тенг деб олинади:

- $\rho_c=997 \text{ кг/м}^3$;
- $\mu_c=0,894 \text{ мПа·с}$;
- $\sigma=0,0341 \text{ Н/м}$;
- $\rho_d=874 \text{ кг/м}^3$;
- $\mu_d=0,6 \text{ мПа·с}$;
- $\Delta\rho=123 \text{ кг/м}^3$;

Колонна диаметри. Пурковчи экстракцион колонна диаметрини ҳисоблашда асосий қийинчилик тегилиб қолиш тезлигини аниқлашдан иборат бўлиб, бунинг учун эса томчи ўлчами ва унинг чўкиш тезлигини билиш керак. Томчи ўлчами тақсимлаш тарелкасидаги тешиклардан ўтиш тезлигига боғлиқ. Маълумки, тезлик тешиклар сонига тўғри пропорционалдир. Ўз навбатида тешиклар сони, дисперс фазани бир текисда тақсимлаш учун, колонна диаметрига боғлиқ.

Колонна диаметрини аниқлаш учун кимё саноатида қўлланиладиган колоннали қурилмаларнинг стандарт диаметр қатори қўлланилади. Маълумки, ҳисоблаш йўли билан аниқланган колонна диаметри яхлитланиб стандарт қатордан танланади. Шунинг учун тегилиб қолиш тезлигини юқори аниқликда топишга ҳолат йўқ. Демак, колонна диаметрини аниқлашда томчининг тахминий ўлчамини ҳам қўйса бўлади.

Фазаларнинг чегаравий тезликларини ушбу тенглама орқали ҳисобланади:

$$\frac{w_c}{1-\Phi} + \frac{w_d}{\Phi} = w_{om} = w_{xap} \cdot (1-\Phi) \quad (3.216)$$

бу ерда w_c, w_d – яхлит ва дисперс фазаларнинг сохта тезликлари, м/с; w_o – фазалараро нисбий тезлик, м/с; w_{xap} – томчилар характеристик тезлик, м/с.

Тегилиб қолиш давридаги сохта тезлик қуйидаги тенгладан топилади:

$$(w_c + w_d) = (1 - 4\Phi_s + 7\Phi^2 - 4\Phi^3) \cdot w_{xap} \quad (3.217)$$

бу ерда Φ – тегилиб қолиш даврида ушлаб туриш қобиляти бўлиб, у қуйидагича ҳисобланади:

$$\Phi_s = \frac{\sqrt{b^2 + 8b} - 3b}{4(1-b)} \quad (3.218)$$

бу ерда $b=V_d/V_c=w_d/w_c$ – дисперс ва яхлит фазалар ҳажмий сарфларининг нисбати.

(3.220а) ва (3.220в) формулалар асосида, яъни томчиларнинг тахминий ўлчамларига таяниб, колонна диаметрини топиш мумкин, чунки уларга оқиш тезлиги кирмайди.

Колонна диаметрини аниқлашга бошланғич катталиқ бўлиб тарелкадаги дисперс фазани тақсимловчи тешиklar диаметридир. Саноат қурилмаларида тикилиб қолиш ҳодиса олдини олиш учун тешик диаметри 3...5 мм бўлади. Шунинг учун тешик диаметри 4 мм бўлган ҳол учун колонна диаметрини ҳисоблаймиз.

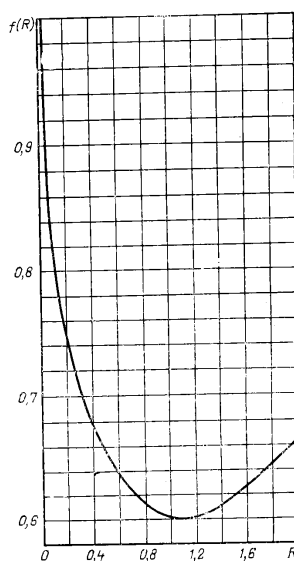
Томчиларнинг тахминий ўлчами. Бензолни сувда томчили оқишида томчининг тахминий ўлчамини топамиз:

$$\gamma = \sqrt{\frac{2\sigma}{g \cdot \Delta\rho}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0, -341}{9,81 \cdot 123}} = 0,00752 \text{ м} = 7,52 \text{ мм} \quad (3.219)$$

$$R = \frac{d_o}{2\gamma} = \frac{4 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 0,00752} = 0,266 \quad (3.220)$$

3.35-расмдаги графикдан $f(R)=0,72$. Демак,

$$V = \pi R f(R) = 3,14 \cdot 0,266 \cdot 0,72 = 0,601 \quad (3.220а)$$



3.35-расм. Функция $f(R)$.

Шундай қилиб, томчи ҳаракатда томчининг тахминий диаметри қуйидаги га тенг:

$$d = \gamma \left(\frac{6V}{\pi} \right)^{0,33} = 0,266 \cdot \left(\frac{6 \cdot 0,601}{3,14} \right)^{0,33} = 7,9 \text{ мм} \quad (3.220б)$$

Дисперс фазанинг оқимчали ҳаракатида томчининг тахминий ўлчами қуйидаги тенгликка биноан ушбу қийматга тенг бўлади:

$$d = 1,92d_o = 1,92 \cdot 4 = 7,68 \text{ мм} \quad (3.220в)$$

Томчиларнинг эркин чўкиш тезлиги. 7.9 мм ли бензол томчиси учун қуйидагиларни аниқлаймиз:

$$P = \frac{\rho_c^2 \cdot \sigma^3}{g \cdot \Delta \rho \cdot \mu_c^4} = \frac{997^2 \cdot 0,0341^3}{9,81 \cdot 123 \cdot 0,000894^4} = 5,12 \cdot 10^{10} \quad (3.221)$$

$$P^{15} = (5,12 \cdot 10^{10})^{0,15} = 40,4$$

$$T = \frac{4 \cdot \Delta \rho \cdot g \cdot d^2 \cdot P^{0,15}}{3\sigma} = \frac{4 \cdot 123 \cdot 9,81 \cdot 0,0079^2 \cdot 40,4}{3 \cdot 0,0341} = 119 \quad (3.222)$$

$$Q = (22T)^{0,42} = (22 \cdot 119)^{0,42} = 27,4 \quad (3.223)$$

$$Re = (Q - 0,75) \cdot P^{0,15} = (27,4 - 0,75) \cdot 40,4 = 1070$$

$$w_o = Re \cdot \frac{\mu_c}{\rho_c \cdot d} = 1070 \cdot \frac{0,000894}{997 \cdot 7,9 \cdot 10^{-3}} = 0,121 \text{ м/с}$$

Томчи диаметри 7,68 мм бўлганда, эркин чўкиш тезлик қиймати тахминан бир хил ва у 0,122 м/с га тенг.

Тиқилиб қолишда фазаларнинг умумий (суммарный) сохта тезлиги. Тиқилиб қолиш даврида ушбу ҳолат учун ($b = V_d/V_c = 2$) ушлаб туриш қобиляти (3.224) формулага биноан:

$$\Phi_s = \frac{\sqrt{b^2 + 8b} - 3b}{4(1-b)} = \frac{\sqrt{2^2 + 8 \cdot 2} - 3 \cdot 2}{4(1-2)} = 0,382 \quad (3.224)$$

Пурковчи колоннада томчилар характеристик тезлигини эркин чўкиш тезлигига баробар деб қабул қилиб (2.998) тенгламадан унинг сон қийматини топамиз:

$$\begin{aligned} (w_c + w_d) &= (1 - 4\Phi_s + 7\Phi_s^2 - 4\Phi_s^3) \cdot w_{xap} = \\ &= (1 - 4 \cdot 0,382 + 7 \cdot 0,382^2 - 4 \cdot 0,382^3) \cdot 0,121 = 0,0328 \text{ м/с} \end{aligned} \quad (3.225)$$

Шундай қилиб, колоннанинг энг минимал диаметри қуйиғига тенг:

$$D = \sqrt{\frac{4(V_d + V_c)}{\pi(w_d + w_c)_s}} = \sqrt{\frac{4(0,002778 + 0,001389)}{3,14 \cdot 0,0328}} = 0,402 \text{ м}$$

Стандарт қатордан колоннанинг ички диаметрини 0,5 м га тенг деб тайлаймиз. Фазаларнинг сохта тезликлари қуйидагига тенг:

$$w_x = w_c = 0,707 \text{ м/с}$$

$$w_y = w_d = 1,414 \text{ м/с}$$

Амалиётда колонна тиқилиб қолиш давридаги юкламанинг 65% да эксплуатация қилинади. Бундай шароитда, оқимчали ва томчили ҳаракати даврида дисперс фаза томчиларининг тахминий ўлчамлари асосида топилган колонна диаметрлари бир хил.

Дисперс фаза тақсимлагичининг ҳисоби. Учбурчак чўққиларида тешикларни жойлаштирилганда, тарелкадаги қуйидагича тешиклар ҳосил бўлади:

$$n = 0,905 \cdot \left(\frac{D}{s} \right)^2 \quad (3.226)$$

Максимал тешиқлар сони минимал қадам s да бўлиб, тарелка конструкциясига боғлиқ ва томчи ўлчамидан кичик бўлмаслиги зарур. Қадам минимуми қуйидаги нисбатлар орқали топилади:

$$R \leq 0,317 \text{ да}$$

$$We = 0,59/R$$

$$R > 0,317 \text{ да}$$

$$We = 1,8$$

Томчи ўлчами минимал бўлиши таъминлаш учун тешиқлар сонини ҳисоблаймиз. Бу ҳолат учун $R=0,266$, Вебер критерийси $We=0,59/0,266=2,22$. Ушбу Вебер сонига тенг тақсимлагич тешиқларидаги тезлик ушбу тенгламадан аниқланади:

$$w_n = \sqrt{\frac{\sigma \cdot We}{\rho_l \cdot d_o}} = \sqrt{\frac{0,0341 \cdot 2,22}{874 \cdot 0,004}} = 0,147 \text{ м/с}$$

Бундай тезликни таъминлаш учун зарур тешиқлар сони:

$$n = \frac{4V_o}{\pi \cdot w_n \cdot d_o^2} = \frac{4 \cdot 0,002778}{3,14 \cdot 0,147 \cdot 0,004^2} = 1500$$

(3.226) тенглама асосида тешиқлар орасидаги минимал қадам ҳисобланади:

$$s = D \cdot \sqrt{\frac{0,905}{n}} = 0,5 \cdot \sqrt{\frac{0,905}{1500}} = 0,0123 \text{ м}$$

Ушбу қадам қиймати тешиқ диаметри ва томчининг тахминий ўлчамидан анча катта. Демак, тарелкада 1500 тешиқ жойлаштириш мумкин. Дисперс фаза оқиб ўтишининг критик тезлигини ҳисоблаймиз:

$$w_{пкк} = \sqrt{0,64 \cdot \left(\frac{g\mu_o d_o}{\sigma} \right)^2 + \frac{3\sigma/\rho_o \cdot d_o}{1 + d_o/\gamma}} - 0,8 \cdot \frac{g\mu_o d_o}{\sigma} =$$

$$= \sqrt{0,64 \cdot \left(\frac{9,81 \cdot 0,0006 \cdot 0,004}{0,0341} \right)^2 + \frac{3 \cdot 0,0341/874 \cdot 0,004}{1 + 0,004/0,00752}} - 0,8 \cdot \frac{9,81 \cdot 0,0006 \cdot 0,004}{0,0341} = 0,12 \text{ м/с}$$

Тешиқлар сони 1500 та бўлгандаги дисперс фаза тезлиги 0,147 м/с критик тезлик озгина катта. Демак, тақсимлагич оқимчали режимда ишлайди ва ҳосил бўладиган томчила ўлчами билан катта фарқланмайди.

Томчилар ўлчами. Оқимчали ҳаракат режим учун томчи ўлчамини топиш учун аниқлашган ҳисоблаш ўтказамиз:

$$d = 1,67 \cdot \frac{d_o}{\alpha^{0,25} \cdot \beta^{0,33}} = 1,67 \cdot \frac{4}{7,17^{0,25} \cdot 0,293^{0,33}} = 6,16 \text{ мм}$$

бу ерда

$$\alpha = 1 + 6750 \cdot \left(\frac{8R^2}{1,8 + We} \right)^{1,41} \cdot We^{0,706} \cdot \left(\frac{g \cdot d_o^3 \cdot \rho_2}{\mu_c \cdot \mu_d} \right)^{-0,35} = 1 + 6750 \cdot \left(\frac{8 \cdot 0,266^2}{1,8 + 2,2} \right) \cdot 2,22^{0,706} \cdot$$

$$\cdot \left(\frac{9,81 \cdot 0,004^2 \cdot 874^2}{0,0006 \cdot 0,000894} \right)^{-0,35} = 7,17$$

$$\beta = 0,28 + 0,4 \cdot \exp[-0,56 \cdot (\alpha - 1)] = 0,28 + 0,4 \exp[-0,56 \cdot (7,17 - 1)] = 0,293$$

$$We = \frac{\rho_d \cdot w_n^2 \cdot d_o}{\sigma} \quad (3.227)$$

Ушлаб туриш қобилияти. Диаметри 6,16 мм ли бензол томчилари учун эркин чўкиш тезлиги (3.233) формулалардан [49] ҳисобланганда $w_o=0,126$ м/с га тенг. Бундай сон қийматда характеристик тезлик тенгламаси:

$$\Phi^3 - 2\Phi^2 - \left(1 + \frac{w_d}{w_{xap}} - \frac{w_c}{w_{xap}} \right) \cdot \Phi - \frac{w_d}{w_{xap}} = 0 \quad (3.228)$$

ёки

$$\Phi^2 - \left(1 + \frac{w_d}{w_{om}} - \frac{w_c}{w_{om}} \right) \cdot \Phi + \frac{w_d}{w_{om}} = 0$$

ушбу кўринишни олади:

$$\Phi^3 - 2\Phi^2 - \left(1 + \frac{0,01414}{0,126} - \frac{0,00707}{0,126} \right) \cdot \Phi - \frac{0,01414}{0,126} = 0$$

ёки

$$\Phi^3 - 2\Phi^2 + 1,06\Phi - 0,117 = 0$$

Кетма-кет танлаш йўли билан илдиз остидан мусбат қиймат $\Phi=0,142$ га тенг эканлиги аниқланди. Энди, солиштирма контакт юзасини аниқлаш мумкин:

$$a = \frac{6\Phi}{d} = \frac{6 \cdot 0,142}{0,00616} = 138 \text{ м}^2 / \text{м}^3$$

Шундай қилиб, пурковчи экстракторнинг гидродинамик параметрларни ҳисоблаш асосида ушбу маълумотлар олинди:

3-21 жадвал

Колонна диаметри	0,5 м
Дисперс фаза (бензол) сохта тезлиги	1,414 см/с
Яхлитс фаза (сув) сохта тезлиги	0,707 см/с
Дисперс фаза тарелкасидаги 4 мм ли тешиклар сони	1500
Тешиклар орасида масофа	12,3 мм
Томчилар ўртача ўлчами	6,16 мм
Ушлаб туриш қобилияти	0,142
Фазалар солиштирма контакт юзаси	138 м ² /м ³

Диффузия коэффиценти. Ушбу коэффиценти куйидаги адабиётда келтирилган тенгламадан ҳисоблаб топилади [26]:

$$D = \frac{7,4 \cdot 10^{-12} \cdot (\varphi \cdot M)^{0,5} \cdot T}{\mu \cdot \nu^{0,6}} \quad (3.229)$$

бу ерда M – эритувчининг молекуляр массаси, сув учун 18,02, бензол учун 78,2; φ - эритувчи ассоциацияланиш омили, сув учун 2,6, бензол учун 1 [26]; ν - ютилаётган модда моль ҳажми, фенол учун 103 см³/моль; эритма қовушқоқлиги μ (мПа·с) ни эритувчиникига тенг деб олса бўлади.

Фенолни сувдаги суялтирилган эритмасида диффузия коэффициентини ҳисоблаймиз:

$$D_c = \frac{7,4 \cdot 10^{-12} \cdot (2,6 \cdot 18,02)^{0,5} \cdot 298}{0,894 \cdot 103^{0,6}} = 1,05 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2 / \text{с}$$

Бензолдаги диффузия коэффициентини ҳисоблаш қуйидаги қийматни берди:

$$D_o = 2 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2 / \text{с}$$

Масса бериш коэффициентини. Ушбу коэффициентдаги параметр T ни ушбу формуладан фойдаланиб ҳисобланади [Дытн]:

$$T = \frac{4\Delta\rho \cdot g \cdot d^2 \cdot P^{0,15}}{3 \cdot \sigma} = \frac{4 \cdot 123 \cdot 9,81 \cdot 0,00616^2 \cdot 40,4}{3 \cdot 0,0341} = 72,3$$

$T > 70$ бўлгани учун томчилар ўлчами критикдан катта ва чўкиш жараёнида осцилляция қилади. Шунинг масса бериш коэффициентини қуйидаги формулалардан аниқланади:

$$w_{om} = \frac{w_c}{1 - \Phi} + \frac{w_o}{\Phi} = \frac{0,707}{1 - 0,142} + \frac{1,414}{0,142} = 10,8 \text{ см} / \text{с}$$

$$Re = \frac{w_{om} d \cdot \rho_c}{\mu} = \frac{10,8 \cdot 10^{-3} \cdot 0,00616 \cdot 997}{0,894 \cdot 10^{-3}} = 742$$

$$Pr'_c = \frac{\mu_c}{\rho_c \cdot D_c} = \frac{0,894 \cdot 10^{-3}}{997 \cdot 1,05 \cdot 10^{-9}} = 742$$

$$Nu'_c = 50 + 0,0085 Re \cdot (Pr'_c)^{0,7} = 50 + 0,0085 \cdot 742 \cdot 854^{0,7} = 761$$

Дисперс фазада масса бериш коэффициентини топиш учун колоннада томчининг бўлиш вақтини билиш керак ва у ўз навбатида колонна баландлигига боғлиқ. Агар, колонна баландлигини 5 м деб қабул қилсак, унда

$$\tau = \frac{\Phi \cdot H}{w_o} = \frac{0,142 \cdot 5}{1,414 \cdot 10^{-2}} = 50,2 \text{ с}$$

$$Fo'_o = \frac{4D_o \cdot \tau}{d^2} = \frac{4 \cdot 2 \cdot 10^{-9} \cdot 50,2}{0,00616^2} = 0,0106$$

$$\frac{\rho_c^2 \cdot \sigma^3}{g \Delta \rho \cdot \mu_c^4} = 5,12 \cdot 10^{10}$$

$$Nu'_\delta = 0,32 \cdot (0,0106)^{-0,14} \cdot 742^{0,68} \cdot (5,12 \cdot 10^{10})^{0,1} = 638$$

$$\beta_y = \beta_\delta = Nu'_\delta \cdot \frac{D_\delta}{d} = 638 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-9}}{0,00616} = 2,07 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}$$

Бензол фазаси бўйича масса ўтказиш коэффициентини ушбу формуладан топилади:

$$K_y = \frac{1}{\frac{1}{\beta_y} + \frac{m}{\beta_x}} = \frac{1}{\frac{1}{2,07 \cdot 10^{-4}} + \frac{2,22}{1,3 \cdot 10^{-4}}} = 0,456 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}$$

Ишчи зона баландлиги. Ушбу баландликни аниқлаш учун оқимнинг қуйидаги таркибини қабул қиламиз: яхлит фаза учун – идеал аралашин; дисперс фаза учун – идеал сиқиб чиқариш. Ушбу ҳолатда дисперс фаза учун зарур ўтказиш бирлигининг сони ушбу тенгламадан топилади:

$$n_{oy} = \ln \frac{c_{yH} - c_{xK} \cdot m - m_o}{c_{yK} - m \cdot c_{xK} - m_o} = \ln \frac{0,01 - 2,22 \cdot 0,06 - 0}{0,13 - 2,22 \cdot 0,06 - 0} = 3,65$$

Колонна баландлиги қуйидагича топилади:

$$H_{oy} = \frac{w_y}{K_y \cdot a} = \frac{1,414 \cdot 10^{-2}}{0,456 \cdot 10^{-4} \cdot 138} = 2,25 \text{ м}$$

$$H = n_{oy} \cdot H_{oy} = 3,65 \cdot 2,25 = 8,21 \text{ м}$$

Колонна баландлиги **H=5** м дан фарқ қилгани учун ҳисоблашни такрорлаш даркор. Энди ҳисоблаш **H=8,21** м учун бажарамиз. Унда қуйидаги кўрсаткичларни оламиз:

$$\beta_y = 1,93 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}$$

$$K_y = 0,449 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}$$

$$H_{oy} = 2,28 \text{ м}$$

$$H = 8,32 \text{ м}$$

Қайта ҳисоблашда ҳам колонна баландлиги ўзгармади. Шунинг учун **H=8,5** м деб қабул қиламиз.

Тиндириш зона ўлчами. Колонна тиндириш зонасининг диаметри ушбу тенгламадан аниқлаймиз:

$$D_{om} = \sqrt{D^2 + \frac{4V_c}{\pi \cdot w_c}} = \sqrt{0,5^2 + \frac{40,001389}{3,14 \cdot 0,00707}} = 0,707 \text{ м}$$

Тиндириш зона диаметрини **D_{om}=0,8** м деб қабул қиламиз.

Бензол томчиларини коалесценция бўлиши учун зарур вақтни ушбу тенгламадан топамиз:

$$\tau_{коал} = 1,32 \cdot 10^5 \cdot \frac{\mu_c \cdot d}{\sigma} \cdot \left(\frac{H}{d}\right)^{0,18} \cdot \left(\frac{\Delta\rho \cdot g \cdot d^2}{\sigma}\right)^{0,32} =$$

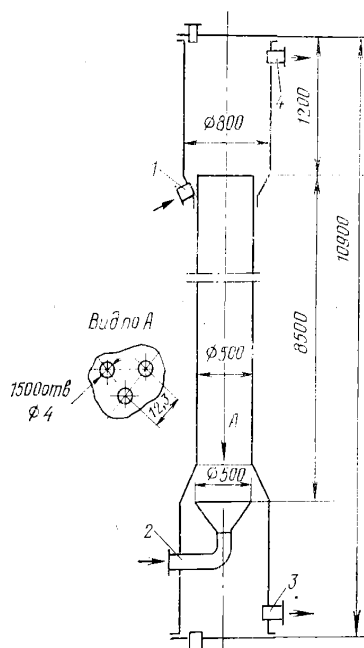
$$= 1,32 \cdot 10^5 \cdot \frac{0,894 \cdot 10^{-3} \cdot 0,00616}{0,0341} \cdot \left(\frac{8,5}{0,00616}\right)^{0,18} \cdot \left(\frac{123 \cdot 9,81 \cdot 0,00616}{0,0341}\right)^{0,32} = 86,1 \text{ с}$$

Тепа тиндириш зонасининг ҳажмини ҳисоблаш учун қуйидагини қабул қиламиз: ярми коалесценция бўлган тоза бензол қатлами эгаллаган, иккинчи ярми эса коалесцияловчи томчилар билан тўлган. Агар, коалесцияловчи эмульсияда бензолнинг ҳажмий улуши 80% деб ҳисобласак, тепа тиндириш зонасининг ҳажми ушбу тенгламадан аниқланади:

$$v_{om} = 2 \cdot \left(\frac{V_d \cdot \tau_{коал}}{0,8}\right) = 2 \cdot \left(\frac{0,002778 \cdot 86,1}{0,8}\right) = 0,598 \text{ м}^3$$

Бундан, тиндириш зонасининг баландлиги қуйидагига тенг бўлади:

$$H = \frac{4 \cdot v_{om}}{\pi \cdot D_{om}^2} = \frac{4 \cdot 0,598}{3,14 \cdot 0,8^2} = 1,19 \text{ м}$$



3.36-рasm. Пурковчи колонна схемаси.

1,3-яхлит фаза кириши ва чиқиши; 2,4-дисперс фаза кириши ва чиқиши;

Тиндириш зоналарни бир хил қилиб, 1,2 м деб қабул қиламиз. 3.36-рasmда технологик ҳисобда олинган маълумотлар асосида пурковчи колонна ўлчамлари келтирилган. Колоннанинг нисбатан паст самарадорлиги яхлит фазада катта бўйлама аралashi билан белгиланади.

3.10. Ротор-дискли экстрактор ҳисоби

Бензин ёрдамида сувдаги фенол ажратиб олинаётган экстракция жараёнини амалга

ошириш учун мўлжалланган ротор-дискли экстракторнинг асосий ўлчамлари қуйидаги шароитларда аниқлансин:

- аралашма сарфи	- $V_x = 0,001389 \text{ м}^3/\text{с};$
- сувдаги фенолнинг бошланғич концентрацияси	- $C_{x0} = 0,3 \text{ кг/м}^3;$
- сувдаги фенолнинг охириги концентрацияси	- $C_{xo} = 0,009 \text{ кг/м}^3 (97\%);$
- экстрагент таркибидаги фенолнинг бошланғич концентрацияси	- $C_{yn} = 0,01 \text{ кг/м}^3;$
- экстрактордаги температура	- $t = 25^\circ\text{C}.$

$$\begin{aligned}
 V_y = V_d &= 0,002778 \text{ м}^3/\text{с}; \quad m = 2,22; & m_o &= 0; \\
 \rho_c &= 997 \text{ кг/м}^3; & \rho_d &= 874 \text{ кг/м}^3; & \Delta\rho &= 123 \text{ кг/м}^3; \\
 \mu_c &= 0,894 \text{ мПа} \cdot \text{с}; & \mu_d &= 0,6 \text{ мПа} \cdot \text{с}; & D_c &= 1,05 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}; \\
 D_d &= 2 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}; & \sigma &= 0,0341 \text{ Н/м}; & \Phi_s &= 0,382.
 \end{aligned}$$

Бундай ажратиб олиш даражаси бўлганда бензолдаги фенолнинг охириги концентрацияси қуйидагига тенг бўлади:

$$\begin{aligned}
 C_{y.o.} &= C_{y.b.} + \left(\frac{V_x}{V_y} \right) \cdot (C_{x.b.} - C_{x.o.}) = \\
 &= 0,01 + \left(\frac{0,001389}{0,002778} \right) \cdot (0,3 - 0,009) = 0,1555 \text{ кг/м}^3
 \end{aligned} \tag{3.230}$$

Ротор-дискли экстракторларни ҳисоблашда фақат колоннанинг диаметри ва ишчи қисмининг баландлигини аниқлаш етарли эмас. Шунинг учун унинг ички қурилмаларининг ўлчамлари (диск ва статор ҳалқалар диаметрлари, дисклар орасидаги масофа) ва дискнинг айланиш частотасини ҳам аниқлаш керак. Ротор-дискли экстракторларни ҳисоблаш учун 3.37 - расмда келтирилган схемадаги услубдан фойдаланилади:



3.37-расм. Ротор-дискли экстрактор ўлчамларини ҳисоблаш

Ушбу услубга биноан D_p/D , D_c/D , h/D , ҳамда nD_p нисбатлар бошланғич маълумотлардир. Бу ерда D – колонна диаметри; D_p – диск диаметри; D_c – статор ҳалқасининг ички диаметри;

h – секция баландлиги; n – ротор айланишининг частотаси.

Одатда, бундай экстракторларда дискнинг диаметри колонна диаметридан 1,5...2,0, секция баландлиги эса 2-4 маротаба кичик бўлади.

Курилманинг ички ускуна ўлчамлари учун қуйидаги нисбатларни қабул қиламиз:

$$\frac{D_p}{D} = \frac{2}{3}; \quad \frac{D_c}{D} = \frac{3}{4}; \quad \frac{h}{D} = \frac{1}{3} \quad (3.231)$$

ва $nD_p = 0,2$ м/с шароитда ишлаётган экстракторнинг ўлчамларини ҳисоблаймиз.

Томчиларнинг ўртача диаметрини аниқлаш учун секциялар (дисклар) сонини билиш керак. Шунинг учун секциялар сонини $N = 20$ деб қабул қилиб оламиз ва унда қуйидаги натижани оламиз:

$$d = 16,7 \cdot \frac{(0,894 \cdot 10^{-3})^{0,3} \cdot (0,0341)^{0,5}}{0,2^{0,9} \cdot 997^{0,8} \cdot 9,81^{0,2} \cdot 20^{0,28}} = 0,00203 \text{ м} = 2,03 \text{ мм}$$

Билқиллаб қолиш даврида фазаларнинг умумий сохта тезлиги.

Майда томчиларнинг эркин чўкиш тезлигини топиш учун Адамарнинг тенгламасидан фойдаланса бўлади:

$$w_q = \frac{\Delta \rho \cdot g \cdot d^2 \cdot (\mu_d + \mu_c)}{6 \cdot \mu_c \cdot (2 \cdot \mu_c + 3 \cdot \mu_d)} \quad (3.232)$$

бу ерда w_q – эркин чўкиш тезлиги; $\Delta \rho$ – фазалар зичликларининг фарқи; μ_c ва μ_d – дисперсион ва дисперс фазалар қовушоқликлари.

Йирик томчиларни эркин чўкиш тезлигини ҳисоблаш учун қуйидаги эмпирик формуладан фойдаланамиз:

$$\begin{aligned} 2 \leq T \leq 70 \quad \text{да} \quad Q &= (0,75 \cdot T)^{0,78} \\ T > 70 \quad \text{бўлганда} \quad Q &= (22 \cdot T)^{0,42} \end{aligned} \quad (3.233)$$

$$\text{бу ерда} \quad Q = 0,75 + \frac{\text{Re}}{p^{0,15}}; \quad T = \frac{4 \cdot \Delta \rho \cdot g \cdot d^2 \cdot \rho^{0,15}}{3 \cdot \sigma}; \quad P = \frac{\rho_c^2 \cdot \sigma^3}{\Delta \rho \cdot g \cdot \mu_c^4};$$

σ – фазалар орасидаги тортишиш кучи.

Параметр $T=70$ га тенг бўлса, бу томчиларнинг критик диаметрига мос келади. Ушбу формулалар ёрдамида ҳисоблаш $w_0 = 5,73$ эканлиги келиб чиқади.

Томчиларнинг характеристик тезликларини ушбу формулалардан аниқлаймиз;

$$\left(\frac{D_c}{D}\right)^2 = \left(\frac{3}{4}\right)^2 = 0,562; \quad 1 - \left(\frac{D_p}{D}\right)^2 = 1 - \left(\frac{2}{3}\right)^2 = 0,556; \quad (3.234)$$

$$\left(\frac{D_c + D_p}{D}\right) \cdot \left[\left(\frac{D_c - D_p}{D}\right)^2 + \left(\frac{h}{D}\right)^2\right]^{0,6} = \left(\frac{3}{4} + \frac{2}{3}\right) \cdot \left[\left(\frac{3}{4} - \frac{2}{3}\right)^2 + \left(\frac{1}{3}\right)^2\right]^{0,6} = 0,485$$

Демак, $\alpha = 0,485$ ва томчиларнинг характеристик тезликлари қуйидагига тенг бўлади:

$$w_{xap} = \alpha \cdot w_o = 0,485 \cdot 5,73 = 2,78 \text{ см / с}$$

Билқиллаб қолиш давридаги фазаларнинг сохта умумий тезлиги ушбу формуладан топилади:

$$\begin{aligned} (w_c + w_d)_{\phi} &= (1 - 4 \cdot \Phi_{\phi} + 7 \cdot \Phi_{\phi}^2 - 4 \cdot \Phi_{\phi}^3) \cdot w_{xap} = \\ &= (1 - 4 \cdot 0,382 + 7 \cdot 0,382^2 - 4 \cdot 0,382^3) \cdot 2,78 = 0,756 \text{ см / с} \end{aligned}$$

Колоннанинг диаметри ва ички ускуналарининг ўлчамлари.

Ушбу шарт-шароитда колоннанинг рухсат этилган минимал диаметри қуйидаги қийматга тенг:

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 \cdot (V_d + V_c)}{\pi \cdot (w_d + w_c)}} = \sqrt{\frac{4 \cdot (0,001389 + 0,002778)}{3,14 \cdot 0,00756}} = 0,84 \text{ м}$$

Колоннанинг ички диаметрини 1 м га тенг деб оламиз. Бундай колоннада фазаларнинг сохта тезликлари:

$$w_y = w_d = 0,354 \text{ см / с}; \quad w_x = w_c = 0,177 \text{ см / с} \quad \text{га тенгдир.}$$

Фазалар тезликларининг йиғиндиси уларнинг билқиллаб қолиш давридаги умумий тезликнинг 69% ни ташкил қилади.

Экстрактор ички ускуналарининг асосий ўлчамлари:

$$\begin{aligned} D_p &= D \cdot \left(\frac{D_p}{D} \right) = 1 \cdot \frac{2}{3} = 0,667 \text{ м}; \\ D_c &= D \cdot \left(\frac{D_c}{D} \right) = 1 \cdot \frac{3}{4} = 0,75 \text{ м}; \\ h &= D \cdot \left(\frac{h}{D} \right) = 1 \cdot \frac{1}{3} = 0,333 \text{ м}; \end{aligned} \tag{3.235}$$

Айланиш частотаси

$$n = \frac{n \cdot D_p}{D_p} = \frac{0,2}{0,667} = 0,3 \text{ с}^{-1}$$

Фазалар тўқнашиш жойининг солиштирма юзаси.

Фазаларнинг сохта тезликларининг ва характеристик тезликлар қийматларини қуйидаги тенгламага

$$\Phi^3 - 2 \cdot \Phi^2 - \left(1 + \frac{w_d}{w_{om}} - \frac{w_c}{w_{om}} \right) \cdot \Phi - \frac{w_d}{w_{xap}} \tag{3.236}$$

қўйиб, кубик тенгламани оламиз:

$$\Phi^3 - 2 \cdot \Phi + 1,06 \cdot \Phi - 0,127 = 0$$

Ушбу тенгламани ечиб, ушлаб қолиш қобилияти $\Phi = 0,169$ эканлигини топамиз. Унда, фазаларнинг солиштирма тўқнашиш юзаси

$$a = \frac{6 \cdot \Phi}{d} = \frac{6 \cdot 0,169}{2,03 \cdot 10^3} = 500 \frac{m^2}{m^3}$$

Колоннанинг ишчи зонасининг баландлиги.

Дисперсион E_C ва дисперс E_D фазаларнинг бўйлама аралашуш коэффициентлари қуйидаги эмпирик тенгламалардан топиш мумкин:

$$\begin{aligned} E_x = E_c &= 0,5 \cdot \frac{w_c \cdot h}{1 - \Phi} + 0,09 \cdot \left(\frac{D_p}{D} \right)^2 \cdot \left[\left(\frac{D_c}{D} \right)^2 - \left(\frac{D_p}{D} \right)^2 \right] \cdot n D_p \cdot h = \\ &= 0,5 \cdot \frac{0,177 \cdot 10^{-2} \cdot 0,333}{1 - 0,169} + 0,09 \cdot \left(\frac{2}{3} \right)^2 \cdot \left[\left(\frac{3}{4} \right)^2 - \left(\frac{2}{3} \right)^2 \right] \cdot 0,2 \cdot 0,333 = 6,59 \cdot 10^{-4} m^2 / c \end{aligned} \quad (3.237)$$

$$\begin{aligned} E_y = E_d &= 0,5 \cdot \frac{w_d \cdot h}{\Phi} + 0,09 \cdot \left(\frac{D_p}{D} \right)^2 \cdot \left[\left(\frac{D_c}{D} \right)^2 - \left(\frac{D_p}{D} \right)^2 \right] \cdot n D_p \cdot h = \\ &= 0,5 \cdot \frac{0,354 \cdot 10^{-2} \cdot 0,333}{0,169} + 0,09 \cdot \left(\frac{2}{3} \right)^2 \cdot \left[\left(\frac{3}{4} \right)^2 - \left(\frac{2}{3} \right)^2 \right] \cdot 0,2 \cdot 0,333 = 38 \cdot 10^{-4} m^2 / c \end{aligned}$$

Масса бериш коэффициентини аниқлаш учун Рейнольдс критерийси ва томчиларнинг нисбий тезликларини топиш керак:

$$w_{nuc} = \frac{w_d}{\Phi} + \frac{w_c}{1 - \Phi} = \frac{0,177}{0,169} + \frac{0,354}{1 - 0,169} = 2,3 \text{ см} / c$$

$$Re = \frac{\rho_c \cdot w_{nuc} \cdot d}{\mu_c} = \frac{997 \cdot 0,023 \cdot 2,03 \cdot 10^{-3}}{0,894 \cdot 10^{-3}} = 52,2$$

Юқорида келтирилган параметр T эса қуйидагига тенг бўлади:

$$T = \frac{4 \cdot 123 \cdot 9,81 \cdot (2,03 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 40,4}{3 \cdot 0,0341} = 7,85$$

Экстрактордаги секциялар сони $N = 20$ деб олинган. Экстракторнинг баландлигини биринчи тахминда

$$H = N \cdot h \quad (3.238)$$

деб қабул қиламиз. Унда унинг баландлиги

$$H = 20 \cdot 0,333 = 6,66 \text{ м}$$

га тенг бўлади.

Масса бериш коэффициенти қуйидагича ҳисобланади:

$$Nu_c^i = 0,6 \cdot Re^{0,5} \cdot Pr^{0,5} = 0,6 \cdot 52,5^{0,5} \cdot 854^{0,5} = 127$$

$$\beta_x = \beta_c = Nu_c^i \cdot \frac{D_c}{D} = 127 \cdot \frac{1,05 \cdot 10^{-9}}{2,03 \cdot 10^{-3}} = 0,657 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}$$

$$\tau = \frac{\Phi \cdot H}{w_d} = \frac{0,169 \cdot 6,66}{0,00354} = 318 \text{ с}$$

$$Fo_d^i = \frac{4 \cdot D_d \cdot \tau}{d^2} = \frac{4 \cdot 2 \cdot 10^{-9} \cdot 318}{(2,03 \cdot 10^{-3})^2} = 0,617$$

$$Nu_d^i = 31,4 \cdot (Fo_d^i)^{-0,34} \cdot (Pr_d^i)^{-0,125} \cdot We^{0,37} =$$

$$= 31,4 \cdot 0,617^{-0,34} \cdot 343^{-0,125} \cdot 0,0314^{0,37} = 4,96$$

бу ерда

$$Pr_c^i = \frac{\mu_c}{\rho_c \cdot D_c} = \frac{0,894 \cdot 10^{-3}}{997 \cdot 1,05 \cdot 10^{-9}} = 854$$

$$Pr_d^i = \frac{\mu_d}{\rho_d \cdot D_d} = \frac{0,6 \cdot 10^{-3}}{874 \cdot 2 \cdot 10^{-9}} = 343$$

$$\beta_y = \beta_o = Nu_o^i \cdot \frac{D_o}{d} = 4,96 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-4}}{2,03 \cdot 10^{-3}} = 0,0488 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}$$

Идеал сиқиб чиқариш режимига тўғри келадиган сув фазасида масса ўтказиш коэффициенти ва ўтказиш бирлиги баландлигини ҳисоблаймиз:

$$K_x = \left(\frac{1}{\beta_x} + \frac{1}{m \cdot \beta_y} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{0,657 \cdot 10^{-4}} + \frac{1}{2,22 \cdot 0,0488 \cdot 10^{-4}} \right)^{-1} = 0,93 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}$$

$$H_{ox} = \frac{w_x}{K_x \cdot a} = \frac{0,00177}{0,93 \cdot 10^{-5} \cdot 500} = 0,381 \text{ м}$$

Ушбу жараёнда фазаларнинг сарфлари умуман ўзгармайди ва фазалар орасидаги мувозанат тўғри чизиқли боғлиқлик билан ифодаланади. Шунинг учун ўтказиш сонининг бирликларини ҳисоблашда ушбу формуладан фойдаланамиз:

$$n_{ox} = \frac{m \cdot V_y / V_x}{m \cdot V_y / V_x - 1} \cdot \ln \frac{m \cdot c_{x0} + m_o - c_{yox}}{m \cdot c_{x0} + m_o - c_{yox}} \quad (3.239)$$

ҳисобланаётган жараён учун $\frac{m \cdot V_y}{V_x} = 2,22 \cdot 2 = 4,44$, $m_o = 0$.

Демак,

$$n_{ox} = \frac{4,44}{4,44-1} \cdot \ln \frac{2,22 \cdot 0,3 - 0,1555}{2,22 \cdot 0,009 - 0,01} = 5,08$$

Шундай қилиб, идеал сиқиб чиқариш режимида иккала фаза бўйича колоннанинг ишчи баландлиги

$$H = n_{ox} \cdot H_{ox} = 5,08 \cdot 0,381 = 1,93 \text{ м}$$

Бўйлама аралашни ҳисобга олган ҳолда колоннанинг баландлигини аниқлаш учун мавҳум ўтказиш сони бирлигини кетма – кет яқинлаштиш усулидан фойдаланамиз. Бунинг учун аввал Пекле критерийсини иккала фазалар учун топамиз:

$$Pe_y = \frac{w_y \cdot H}{E_y} = \frac{0,00354 \cdot 6,66}{38 \cdot 10^{-4}} = 6,2$$

$$Pe_x = \frac{w_x \cdot H}{E_x} = \frac{0,00177 \cdot 6,66}{6,69 \cdot 10^{-4}} = 17,6$$

Биринчи яқинлашувда f_y ва f_x коэффициентлар қийматларини аниқлаймиз:

$$f_y = \left\{ 1 - \frac{[1 - \exp(-Pe_y)]^{-1}}{Pe_y} \right\}^{-1} = \left\{ 1 - \frac{[1 - \exp(-6,2)]^{-1}}{6,2} \right\}^{-1} = 1,192$$

$$f_x = \left\{ 1 - \frac{[1 - \exp(-Pe_x)]^{-1}}{Pe_x} \right\}^{-1} = \left\{ 1 - \frac{[1 - \exp(-17,6)]^{-1}}{17,6} \right\}^{-1} = 1,06$$

Олинган натижалар ушбу формулага қўйилади

$$H'_{ox} = H_{ox} + \frac{E_d}{w_x \cdot f_x} + \left(\frac{V_x}{m \cdot V_y} \right) \cdot \left(\frac{E_y}{w_y \cdot f_y} \right) = 0,381 + \frac{660 \cdot 10^{-9}}{0,00177 \cdot 1,06} + 0,2252 \frac{38 \cdot 10^{-4}}{0,00354 \cdot 1,192} = 0,941 \text{ м}$$

бу ерда $\frac{V_x}{m \cdot V_y} = \frac{1}{2,22 \cdot 2} = 0,2252$; $H'_{ox} = 0,941 \text{ м}$ қийматга колоннанинг

$$H = H'_{ox} \cdot n_{ox} = 0,941 \cdot 5,08 = 4,78 \text{ м}$$

баландлиги тўғри келади. Ҳисоблаш натижасида олинган H ва H'_{ox} лар ёрдамида Пекле критерийси, f_y ва f_x коэффициентларнинг аниқроқ қийматларини топамиз:

$$Pe_y = \frac{0,00354 \cdot 4,78}{38 \cdot 10^{-4}} = 4,45$$

$$Pe_x = \frac{0,00177 \cdot 4,78}{6,69 \cdot 10^{-4}} = 12,6$$

$$f_y = \left\{ 1 - \frac{[1 - \exp(-Pe_y)]^{-1}}{Pe_y} \right\}^{-1} - \left(1 - \frac{V_x}{m \cdot V_y} \right) \cdot \frac{F_y}{w_y \cdot H_{ox}^i} =$$

$$= \left\{ 1 - \frac{[1 - \exp(-4,45)]^{-1}}{4,45} \right\}^{-1} - (1 - 0,2252) \cdot \frac{38 \cdot 10^{-4}}{0,00354 \cdot 0,941} = 0,401$$

$$f_x = \left\{ 1 - \frac{[1 - \exp(-Pe_x)]^{-1}}{Pe_x} \right\}^{-1} + \left(1 - \frac{V_x}{m \cdot V_y} \right) \cdot \frac{F_x}{w_x \cdot H_{ox}^i} =$$

$$= \left\{ 1 - \frac{[1 - \exp(-12,6)]^{-1}}{12,6} \right\}^{-1} + (1 - 0,2252) \cdot \frac{6,69 \cdot 10^{-4}}{0,00177 \cdot 0,941} = 1,4$$

Иккинчи кетма-кет яқинлашувда зоҳирий ўтказиш сонининг бирлиги қуйидаги қийматга тенг бўлади:

$$H_{ox}^i = 0,381 + \frac{6,69 \cdot 10^{-4}}{0,00177 \cdot 1,4} + 0,2252 \cdot \frac{38 \cdot 10^{-4}}{0,00354 \cdot 0,401} = 1,25 \text{ м}$$

$H'_{ox} = 1,25 \text{ м}$ қийматида колоннанинг зарур баландлиги $H = 1,25 \cdot 5,08 = 6,35 \text{ м}$ га тенгдир.

H'_{ox} ва H ларни ҳисоблашни бир неча марта ушбу параметрларнинг охириги икки итерациясининг сон қийматлари тенг бўлгунча ўтказамиз ва

$$H'_{ox} = 1,15 \text{ м}; \quad H = 5,84 \text{ м}$$

эканлигини аниқлаймиз.

Дисклар орасидаги масофа 0,33 деб қабул қилганимиз учун $H = 5,84 \text{ м}$ ли колонна дискларининг сони

$$\frac{5,84}{0,333} = 17,5 \text{ та}$$

Дисклар сонини 18 та десак, ишчи зонанинг баландлиги қуйидаги қийматга тенг бўлади.

$$H = 18 \cdot 0,333 = 6 \text{ м}$$

Миқдори 20 га тенг деб олинган эди. Агарда қуйидаги тенгламага:

$$d = 16,7 \cdot \frac{\mu_c^{0,3} \cdot \sigma^{0,5}}{(n \cdot D_p)^{0,9} \cdot \rho_c^{0,8} \cdot g^{0,2} \cdot N^{0,23}} \quad (3.241)$$

$N = 11$ қўйсақ, томчиларнинг ўртача ўлчами $d = 2,08 \text{ мм}$ лигини биламиз ва бу ўлчам $N = 20$ даги d қийматидан 25% га фарқ қилади. Томчиларнинг ўлчами ва экстракторнинг қолган бошқа гидродинамик параметрларини қайтадан ҳисоблашга ўрин йўқ, чунки бундай четга чиқиш юқорида келтирилган тенгламанинг аниқлик доирасида жойлашган. Колоннанинг баландлигига боғлиқ бўлган дисперс юзадаги модда бериш коэффициенти ҳам мутлақо ўзгармайди. Агар ҳисоблаш натижасида экстракторнинг баландлиги бошида олинган қийматдан фарқ қилганда, ҳамма ҳисоблашни такрорлашга тўғри келар эди. Томчининг ўртача

ўлчамини аниқлашдан тортиб экстрактордаги колонна баландлигини ҳисоблаш натижалари шуни кўрсатадики, бўйлама аралаштиришнинг салмоғи анча катта. Бўйлама аралаштириш юқорилиги сабабли керакли ишчи зонасининг баландлиги 3 марта ортади.

$$\tau_{\text{коал}} = 1,32 \cdot 10^5 \cdot \left(\frac{\mu_m \cdot d}{\sigma} \right) \cdot \left(\frac{H}{d} \right)^{0,18} \cdot \left(\frac{\Delta \rho \cdot g \cdot d^2}{\sigma} \right)^{0,32} \quad (3.242)$$

Рейнольдс критерийсининг катта қийматлари ($Re > 10^5$) учун айланаётган дискни қувват критерийси тахминан $K_N = 0,03$. Бизнинг мисол учун

$$Re_c = \frac{\rho_m \cdot \pi \cdot d_p^2}{\mu_m} = \frac{997 \cdot 0,3 \cdot 0,667^2}{0,894 \cdot 10^{-3}} = 149000$$

Аралаштирилаётган муҳитнинг ўртача зичлиги

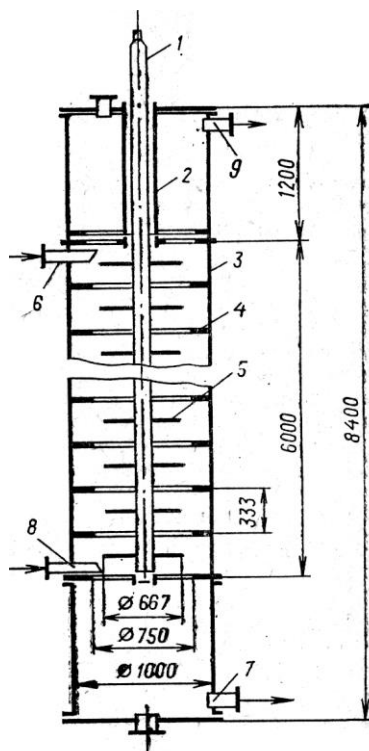
$$\rho = \Phi \cdot \rho_d + (1 - \Phi) \cdot \rho_m = 0,169 \cdot 874 + (1 - 0,169) \cdot 997 = 976 \text{ кг / м}^3 \quad (3.243)$$

Битта диск ёрдамида аралаштириш учун керакли энергия сарфи қуйидагига тенг бўлади:

$$N = K_N \cdot \rho \cdot n^3 \cdot D_p^5 = 0,03 \cdot 976 \cdot 0,3^3 \cdot 0,667^5 = 0,1 \text{ Вт} \quad (3.244)$$

Кўриниб турибдики, аралаштириш учун қувват сарфи кўп эмас ва ҳамма дисклар учун 2 Вт ни ташкил этади. Демак, электр юриткич қувватини механик ҳисоблар асосида танлаш керак. Унинг қуввати ишқаланиш кучлари ва ишга тушириш пайтидаги қаршиликни енгиш учун етиши зарур.

Чўктириш зоналарининг ўлчамлари. Одатда ротор-дискли экстракторларда ишчи ва чўктириш зоналарининг баландликлари бир хил бўлади. Агарда, ушбу формула орқали бензол томчилари **коаленценция** бўлиши учун зарур вақти ва унинг асосида чўктириш зонасининг



3.38-расм. Ротор-дискли экстрактор.

ҳажми ҳисобланса, ушбу зонанинг баландлиги тахминан 0,2 м га тенг бўлади. Маълумки бу турдаги экстракторларда чўктириш зонаси ишчи зонасининг давоми бўлиб, унда суюқлик

интенсив ҳаракат қилади. Шунинг учун чўктириш зонаси 2 қисмдан иборат бўлгани мақсадга мувофиқдир, яъни чўктириш ва оралиқ турғунлаштирувчи зоналардан. Юқорида айтилганларни ҳисобга олсак, чўктириш зонасининг тўлиқ баландлиги 1,2 м га тенг бўлади.

3.38-расмда ротор-дискли экстракторнинг технологик ҳисоблар асосида олинган ўлчамлари келтирилган. Ушбу мисолда ротор-дискли экстрактор ҳисоби $n \cdot D_p = 0,2$ м/с бўлган шарт-шароит учун бажарилган. Аммо ротор-дискли экстракторларни лойиҳалашда ҳисоблар $n \cdot D_p$ кўпайтманинг турли қийматлари учун бажарилиши керак ва олинган натижалардан оптимал варианти танланиши зарур.

3.11. Барабанли қуриткич ҳисоби

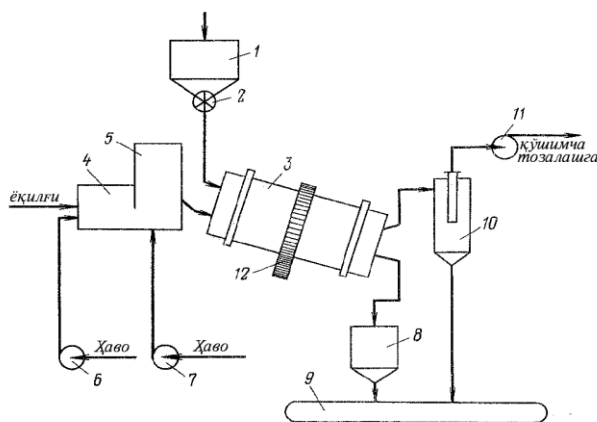
Бу қурилмалар атмосфера босимда узлуксиз равишда турли сочилувчан ва донасимон материалларни тутунли газлар ёки иссиқ ҳаво билан қуритиш учун ишлатилади. Улар цилиндрсимон корпусдан иборат бўлиб, горизонтга нисбатан жуда кичик оғиш бурчагида жойлаштирилади. Барабан иккита роликли таянчларга жойлаштирилган бўлиб, электр юриткич ва редуктор ёрдамида айлантирилади. Айланиш сони 5...8 айл/мин. Барабан ичида насадқалар ўрнатилган бўлиб, улар фазалараро таъсир юзасини ошириш учун қўлланилади. Насадқалар барабаннинг кўндаланг кесими бўйича материални бир меъёردа тарқатиш ва аралаштиришни таъминлайди. Материал ва иссиқлик элткич бир-бирига нисбатан тўғри йўналишда берилса, барабаннинг ичида материал ўта қизиб кетмайди, чунки бу шароитда юқори температурали иссиқлик элткич катта намликка эга бўлган материал билан ўзаро таъсирда бўлади. Барабанли қуриткичлар узунлиги L ва ташқи диаметри D бўйича танланади.

Нам материал бункер 1 дан таъминлагич 2 орқали айланиб турган барабан 3 га берилади. Материал билан бир хил йўналишда барабанга иссиқлик элткич берилади. У ёқилғи ўтхонаси 4 да ёнишида ҳосил бўлган газларни аралаштириш камераси 5 да ҳаво билан аралаштириш натижасида ҳосил бўлади. Ҳаво ўтхона ва аралаштириш камерасига вентиляторлар 6 ва 7 ёрдамида берилади (3.39-расм).

Қуритилган материал барабаннинг бошқа томонидан бункер 8 га тушади ва ундан транспортер 9 га ўтади.

Ишлатилган газлар атмосферага чиқариб юборишдан аввал майда заррачалардан циклон 10 да тозаланади ва керак бўлса яна қўшимча тозаланилади.

Қуритувчи элткич барабан орқали вентилятор 11 ёрдамида узатилади. Узатилиш даврида унча катта бўлмаган сийракланиш ҳосил бўлади ва бу эса иссиқлик элткичнинг барабанли қуриткич тешиклари орқали йуқотилишига йўл қўймайди.



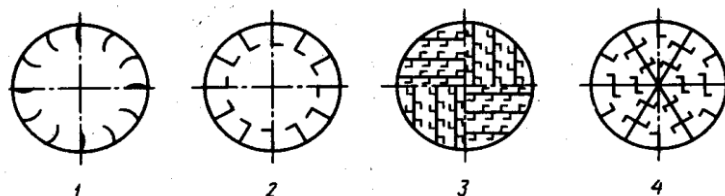
3.39-расм. Барабанли қуриткичнинг принцинал схемаси.

1 - бункер; 2 - таъминлагич; 3 - қуритувчи барабан; 4 - ўтхона; 5 - аралаштириш камераси; 6, 7, 11 - вентиляторлар; 8 - оралиқ бункер; 9 - транспортер; 10 - циклон; 12 - тишли узатма.

Барабан электр юриткич ва тишли узатма 2 ёрдамида айлантириб турилади.

Барабаннинг ичида материални бир меъёрга тарқатиш, аралаштириш ва йўналтириш учун насадка жойлаштирилган. Қуритилаётган материал доналарининг ўлчамига ва хоссаларига қараб, ҳар-хил насадкалардан фойдаланилади. Катта бўлакли ва ёпишиб қолиш хусусиятига эга бўлган материалларни қуритишда кўтарувчи парракли насадкалар, ёмон сочилувчан ва юқори зичликка эга бўлган катта бўлакли материалларни қуритиш учун секторли насадка; кичик бўлакли, тез сочилувчан материалларни қуритишда тарқатувчи насадка ишлатилади; майда қилиб эзилган, чанг ҳосил қилувчи кукун материалларни берк ячейкали, довонсимон насадкалар бўлган барабанларда қуритиш

мақсадга мувофиқдир. Айрим шароитларда мураккаб насадкалардан фойдаланса ҳам бўлади (3.40-расм).



3.40-расм. Барабанли қуриткич насадкаларининг турлари ва уларнинг тўлдирилиш коэффициентлари β .

1 - кўтарувчи - парракли, $\beta = 12\%$; 2 - худди аввалгидек, $\beta = 4\%$;
3 - тақсимловчи, $\beta = 20,6\%$; 4 - тақсимловчи, ёпиқ ячейкали, $\beta = 27,5\%$.

I. Қуритиш қурилмасининг ҳисоби

1. Қурилманинг қуритилган модда бўйича унумдорлиги:

$$G = 10 \text{ т/соат}$$

2. Материал заррачаларининг ўлчамлари (NaCl):

$$d = 2,0-1,5 \text{ мм} - 25\%$$

$$d = 1,5-1,0 \text{ мм} - 75\%$$

3. Материалнинг намлиги (NaCl):

$$\text{бошланғич} \quad w_1 = 6,0\%$$

$$\text{охирги} \quad w_1 = 0,2\%$$

4. Боку шаҳри учун нам ҳавонинг параметрлари

	январь	июль
температура	$t = +3,4^\circ\text{C}$	$t = +25,3^\circ\text{C}$
нисбий намлик	$\phi_0 = 82\%$	$\phi_0 = 65\%$

5. Иссиқлик элткичнинг температураси

$$\text{барабанга киришда} \quad - t = 160^\circ\text{C}$$

$$\text{барабандан чиқишда} \quad - t = 60^\circ\text{C}$$

1. Моддий баланс

Моддий баланс тенгламасидан қуритиш давомида буғлатилган намлик W миқдорини аниқлаймиз.

$$W = G_2 \cdot \frac{w_1 - w_2}{100 - w_1} \quad (3.245)$$

$$G_2 = 10 \text{ м} / \text{с} \cdot \text{оам} = \frac{10 \cdot 1000}{3600} = 2,778 \text{ кг} / \text{с}$$

$$W = 2,778 \cdot \frac{6 - 0,2}{100 - 6} = 0,171 \text{ кг} / \text{с}$$

II. Қуритишга сарфланган ҳаво ва иссиқликни аниқлаш

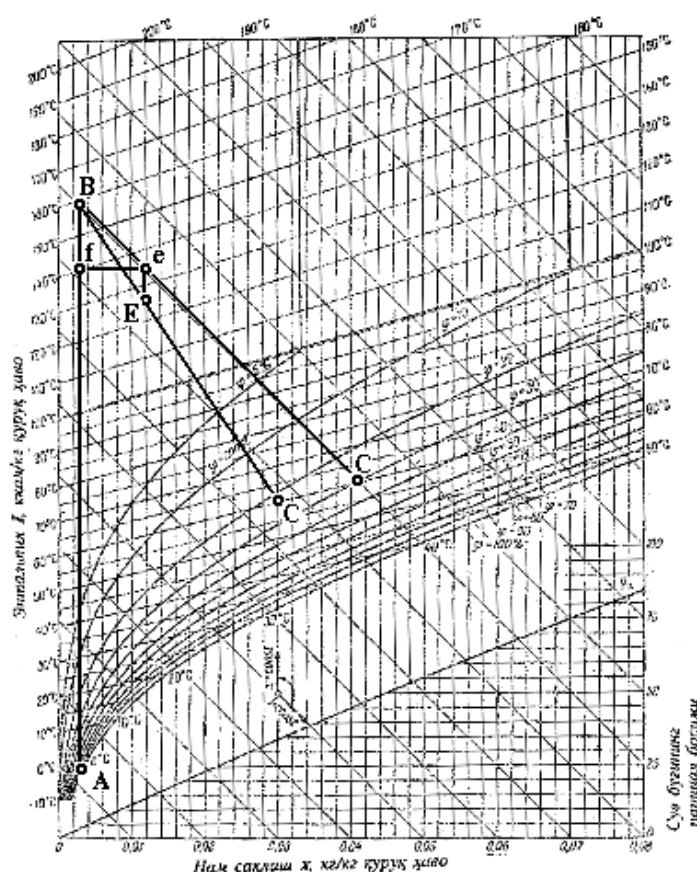
Қуриткичнинг ички иссиқлик балансини ёзамиз:

а) Қиш фасли учун:

$$\Delta = c \cdot \theta_l + q_k - (q_{mp} + q_m + q_{ii}) \quad (3.246)$$

бу ерда: c - сувнинг иссиқлик сиғими, $c = 4190 \text{ кЖ/кг} \cdot \text{К}$; q_k - қўшимча ички калорифер берган иссиқлик миқдори, $q_k = 0$; q_{mp} - транспорт қурилмалари билан кирган иссиқлик миқдори, $q_{mp} = 0$; q_{ii} - атроф муҳитга йўқотилган иссиқлик миқдори, тахминан иситишга сарфланган иссиқлик миқдорининг 10% ни олса бўлади; q_m - моддани иситишга сарфланган иссиқлик миқдори,

$$q_m = G_k \cdot c_m \cdot (\theta_2 - \theta_1) / W \quad (3.247)$$



3.41-расм. Нам ҳавонинг I - x диаграммаси.

θ_2 - модданинг қуриткичдан чиқишдаги температураси қуритувчи элткичнинг ҳўл термометр температурасига тенг деб оламиз.

$$\theta_2 = t_x = 42^\circ \text{C}$$

Рамзиннинг I - x диаграммасидан аниқланади. c_m - материалнинг иссиқлик сиғими [6]:

$$c_m = \frac{c_{Na} + c_{Cl}}{M_{(NaCl)}} \quad (3.248)$$

$$Na = 26,0 \text{ кЖ/кг}\cdot\text{К}; \quad Cl = 26,0 \text{ кЖ/кг}\cdot\text{К}; \quad c_m = (26+26)/56 = 0,88 \text{ кЖ/кг}\cdot\text{К}$$

$$q_m = 2,778 \cdot 0,88 \cdot (42 - 3,4) / 0,171 = 551,83 \text{ кЖ/кг}$$

$$\Delta = 4,19 \cdot 3,14 - 551,83 - 22,6 = -560,185 \text{ кЖ/кг}\cdot\text{К}$$

Қуритиш жараёнига сарфланган солиштирма ҳаво ва иссиқлик сарфларини аниқлаш учун **I - x** диаграммада қуритиш жараёни ифодаланади (3.41-расм).

Боку шахри учун ҳавонинг ўртача температураси ва нисбий намлиги аниқланади

а) Қиш фасли учун $t_o = +3,4^\circ\text{C}$ ва $\phi_o = 82\%$.

Шу параметрлар бўйича диаграммада "**A**" нуқта топилади, яъни калориферга кираётган ҳавонинг параметрларини кўрсатувчи нуқтани топамиз. "**A**" нуқтадан, яъни ўзгармас нам сақлаш чизиги бўйича тўғри чизик ўтказиб, берилган қуритиш температураси билан кесишган "**B**" нуқтани топамиз. Бу нуқта калориферда иситилган ва қуриткичга кираётган ҳавонинг параметрлари $x_1 = x_o$, t_1 , I_1 - ларни кўрсатади. **AB** чизик ҳавони калориферда иситиш жараёнини ифодалайди. Калориферда ҳаво қиздирилганда унинг нам сақлаши ўзгармайди. "**B**" нуқтадан I_1 чизигини - ўзгармас энтальпия чизигини ўтказамиз. Шу I_1 чизигида ихтиёрий бир нуқта "**e**" олинади ва ундан **AB** чизигига перпендикуляр туширилади ва ҳосил бўлган "**f**" деб белгилаймиз. Сўнг **ef** кесманинг узунлиги ўлчанади - $ef = 2,4 \text{ см} = 24 \text{ мм}$. Ниҳоят, қуритишнинг идеал жараёндан фарқи **eE** кесманинг узунлиги ҳисобланади.

$$eE = ef \cdot \frac{\Delta}{M} = 24 \cdot \frac{(-560,185)}{1250} = 10,75 \text{ мм} \quad (3.249)$$

бу ерда $M = 1250$ - **I - x** диаграмма масштаби.

Диаграммада **eE** кесмани "**e**" нуқтадан пастга нам сақлаш $x = \text{const}$ чизик бўйича ўтказамиз, чунки $\Delta < 0$. "**B**" нуқтадан "**E**" нуқта орқали тўғри чизик ўтказиб, берилган $t_2 = 60^\circ\text{C}$ чизиги билан кесишгунча давом эттирамиз. Кесишган нуқтани "**C**" деб белгилаймиз ва бу нуқта қуритиш қурилмасидан чиқаётган ҳавонинг параметрлари x_2 , t_2 , I_2 , ϕ_2 ни кўрсатади:

$$x_2 = 0,029 \text{ кг/кг} \text{ ва } I_2 = 136 \text{ кЖ/кг (I - x диаграммадан топилади)}.$$

Қиш фаслида қуритиш жараёнига кетган солиштирма ҳаво сарфи:

$$x_o = x_1 = 0,003 \text{ кг/кг} \quad l = \frac{I}{x_2 - x_o} = \frac{I}{0,029 - 0,003} = 38,46 \text{ кг/кг}$$

Ҳавонинг умумий сарфи

$$h = l \cdot W = 38,46 \cdot 0,171 = 6,58 \text{ кг/с} \quad (3.250)$$

Сарфланган солиштирма иссиқлик миқдори эса:

$$I_o = 11 \text{ кЖ/кг} \quad q = \frac{I_2 - I_o}{x_2 - x_o} = \frac{136 - 11}{0,029 - 0,003} = 4707,69 \text{ кЖ/кг} \quad (3.251)$$

ва умумий иссиқлик сарфи:

$$Q = q \cdot W = 4807,69 \cdot 0,171 = 622,12 \text{ кВт} \quad (3.252)$$

Калорифердаги иссиқлик сарфи:

$$q_k = \frac{I_1 - I_0}{x_2 - x_0} = \frac{169 - 11}{0,029 - 0,003} = 6076,9 \text{ кЖ/кг}$$

$I_1 = 169 \text{ кЖ/кг}$ - I - x диаграммадан топилади.

$$\text{б) Ёз фасли учун.} \quad \Delta = c \cdot \theta_l + q_k - (q_{mp} + q_m + q_u) \quad (3.253)$$

$$c = 2,95 \cdot 4,19 = 12,36 \text{ кЖ/кг} \cdot \text{К}$$

$$q_k = 0; \quad q_{mp} = 0; \quad q_m = G_k \cdot c_m \cdot (\theta_2 - \theta_1) / W$$

$$\theta_2 = 42^\circ \text{C} = t_m \text{ (} I - x \text{ диаграммадан)}$$

$$\theta_1 = t_0 = 25,3^\circ \text{ (Боку шахри учун)}$$

$$q_m = 2,778 \cdot 0,88 \cdot (42 - 25,3) / 0,171 = 238,746 \text{ кЖ / кг}$$

$$\Delta = 12,36 \cdot 42 - 238,746 - 23,87 = 257,77 \text{ кЖ / кг}$$

Нам ҳаво параметрларини, ҳавонинг солиштирма ва иссиқлик сарфини ёз фасли учун аниқлаймиз. Бунинг учун I - x диаграммада қуриштиш жараёнини ифодаalayмиз.

$$ef = 94 \text{ мм}; \quad M = 1250; \quad Ee = ef \cdot \frac{\Delta}{M} = 94 \cdot \frac{257,77}{1250} = 19,5 \text{ мм}$$

Сўнг, I - x диаграммадан:

$$x_0 = 0,014 \text{ кг/кг}; \quad x_2 = 0,0525 \text{ кг/кг};$$

$$I_0 = 55 \text{ кЖ/кг}; \quad I_1 = 192 \text{ кЖ/кг}; \quad I_2 = 195 \text{ кЖ/кг}.$$

$$l = \frac{I}{x_2 - x_0} = \frac{I}{0,0525 - 0,014} = 25,98 \text{ кг/кг} \quad (3.254)$$

$$L = l \cdot W = 25,98 \cdot 0,171 = 4,13 \text{ кг / с} \quad (3.255)$$

$$q = \frac{I_2 - I_0}{x_2 - x_0} = \frac{195 - 55}{0,0525 - 0,014} = 3381,64 \text{ кЖ/кг}$$

$$Q = q \cdot W = 3381,64 \cdot 0,171 = 578,26 \text{ кВт}$$

$$G_2 = 10 \text{ м / соат} = \frac{10 \cdot 1000}{3600} = 2,778 \text{ кг / с}$$

$$q_k = \frac{I_1 - I_0}{x_2 - x_0} = \frac{162 - 55}{0,0525 - 0,014} = 3309,18 \text{ кЖ / кг}$$

Ёз ва қиш фасллари учун топилган сарфларни солиштирамиз:

$$\begin{aligned} L_{киш} &= 6,58 \text{ кг/с} > L_{ез} = 4,13 \text{ кг/с} \\ Q_{киш} &= 822,12 \text{ кВт} > Q_{ез} = 578,26 \text{ кВт} \end{aligned}$$

II. Барабанли қуриткичнинг асосий ўлчамларини аниқлаш

Барабаннинг ҳажмини топамиз:

$$V_{бар} = \frac{W}{A_v} \cdot 3600 = \frac{0,171 \cdot 3600}{7,2} = 85,5 \text{ м}^3 \quad (3.256)$$

бу ерда A_v - барабаннинг намлик бўйича кучланиши, $A_v = 7,2 \text{ кг/(м}^3 \cdot \text{соат)}$ [5,26,28,49].

Барабаннинг ҳажми бўйича 9.3-жадвалдан барабаннинг асосий ўлчамларини [49], яъни №7208 сериясини танлаймиз. Ушбу сонли барабаннинг асосий параметрлари қуйидагича:

- барабаннинг ички диаметри, м	2,8
- барабаннинг узунлиги, м	14
- деворининг қалинлиги, мм	14
- қуритиш ҳажми, м.	86,2
- ячейкалар сони, дона	51
- айланиш тезлиги, айл/мин	5
- умумий массаси, т	70
- истеъмол қилинадиган қувват, кВт	25,8

Ҳавонинг барабандаги ҳақиқий тезлиги ушбу формулада аниқланади:

$$w_x = \frac{V_x}{0,785 \cdot d^2}$$

бу ерда V_x - иссиқлик элткичнинг барабандан чиқишдаги ҳажмий сарфи:

$$V_x = L \cdot V_o \cdot \frac{(T_o + t_{yp})}{T_{..}} \cdot \left(\frac{1}{M_x} + \frac{1}{M_{yp}} \right) \quad (3.257)$$

$$t_{yp} = (t_1 + t_2)/2 = (160 + 60)/2 = 110^\circ \text{C}$$

$$x_{yp} = (x_1 + x_2)/2 = (0,003 + 0,029)/2 = 0,016 \text{ кг/кг}$$

$$V_x = 6,58 \cdot 22,4 \cdot \frac{273 + 110}{273} \cdot \left(\frac{1}{29} + \frac{0,016}{16} \right) = 7,31 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$w_x = 7,31 / (0,725 \cdot 2,8^2) = 1,2 \text{ м/с}$$

Материалнинг барабанда ўртача бўлиш вақти:

$$\tau = \frac{G_m}{G_2 + (W/2)} \quad (3.258)$$

G_m - барабандаги материалнинг сарфи:

$$G_m = V \cdot \beta \cdot \rho_m \quad (3.259)$$

бу ерда V - қуриткичнинг ҳажми, $86,2 \text{ м}^3$; ρ_m - материалнинг «тўкма» зичлиги $\rho_m = 1200 \text{ кг/м}^3$ [5,26]; β - барабаннинг тўлдирилиш даражаси, ушбу мисолдаги насадка учун 12% [28,49].

$$G_m = 86,2 \cdot 0,12 \cdot 1200 = 12412,8 \text{ кг}$$

унда:

$$\tau = \frac{12412,8}{2,778 + 0,171/2} = 4335 \text{ с}$$

Барабаннинг оғиш бурчаги қуйидаги формуладан аниқланади:

$$\alpha' = \left(\frac{30 \cdot l}{d \cdot n \cdot \tau} + 0,007 \cdot w_x \right) \cdot \frac{180}{\pi} \quad (3.260)$$

бу ерда l - барабаннинг узунлиги, 14 м; n - айланишлар сони, 5 айл/мин; d - барабаннинг диаметри, 2,8 м.

$$\alpha' = \left(\frac{30 \cdot 14}{2,8 \cdot 5 \cdot 4335} + 0,007 \cdot 1,2 \right) \cdot \frac{180}{3,14} = 0,88''$$

Агар α' нинг қиймати жуда кичик бўлса (0,5 дан кам), барабаннинг айланиш сони n камайтиради ва ҳисоб қайтарилади.

Материалнинг энг кичик заррачалари қурилмадан ҳаво билан чиқиб кетмаслиги учун, унинг тезлигини ҳисоблаймиз. Бунинг учун модданинг чиқиб кетиш тезлигини, яъни эркин учиш тезлигини топамиз:

$$w_{\text{э}} = \frac{\mu_{yp}}{d \cdot \rho_{yp}} \cdot \left(\frac{Ar}{18 + 0,575 \sqrt{Ar}} \right) \quad (3.261)$$

бу ерда ρ_{yp} - иссиқлик элткичнинг зичлиги.

$$\rho_{yp} = [m_x \cdot (p_o - p) + m_c \cdot p] \cdot \frac{T}{v_o \cdot p_o \cdot (T + t_{yp})} \quad (3.262)$$

бу ерда p - нам ҳаводаги буғларнинг парциал босими.

$$p = \frac{x/m_c \cdot p_o}{l/m_x + x/m_c} \quad (3.263)$$

$p_o = 10^5 \text{ Па}$, чунки қурилма атмосфера босими остида ишлайди.

қурилмага киришдаги:

$$p_1 = \frac{0,003/18 \cdot 10^5}{1/29 + 0,003/18} = 480,81 \text{ Па}$$

қурилмадан чиқишидаги:

$$p_2 = \frac{0,029/18 \cdot 10^5}{1/29 + 0,029/18} = 4463,64 \text{ Па}$$

унда ўртача p

$$p = \frac{480,1 + 4463,64}{2} = 2472 \text{ Па}$$

ва зичлик:

$$\rho_{yp} = [29 \cdot (10^5 - 2472) + 18 \cdot 2472] \cdot \frac{273}{22,4 \cdot 10^5 \cdot [273 + 110]} = 0,91 \text{ кг / м}^3$$

Архимед критерийсини аниқлаймиз:

$$Ar = d^3 \cdot \rho_3 \cdot \rho_{yp} \cdot g / \mu_{yp}^2 \quad (3.264)$$

бу ерда ρ_3 - қуритилаётган материал заррачаларининг зичлиги, $\rho_3 = 2165 \text{ кг/м}^3$ [5,6,26]; μ_{yp} - ҳавонинг ўртача температурадаги ковушоклиги, $\mu_{yp} = 0,022 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ [26].

$$Ar = \frac{(1 \cdot 10^{-3})^3 \cdot 2165 \cdot 0,91 \cdot 9,8}{(0,022 \cdot 10^{-3})^2} = 39891468 \cdot \frac{10^6}{10^9} = 3,99 \cdot 10^4$$

ва чиқиб кетиш тезлиги

$$w_2 = \frac{0,022 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 10^{-3} \cdot 0,91} \cdot \left(\frac{3,99 \cdot 10^4}{18 + 0,575 \cdot \sqrt{3,99 \cdot 10^4}} \right) = 7,3 \text{ м/с}$$

Ҳавонинг қурилмадаги тезлиги 1,2 м/с ва бу 7,3 м/с дан анча кам. Демак, заррачалар қурилмадан ҳаво билан чиқиб кетмайди, чунки $w_x < w_y$.

Агар, бу сон аксинча каттароқ бўлса, ҳаво тезлиги камайтирилади ва ҳисоб қайтадан ўтказилиши керак.

III. Қуритиш қурилмасининг гидравлик ҳисоби.

Иссиқ элткич қуриткич ичида ва каналларда ҳаракат қилганда гидравлик қаршиликлар ҳосил бўлади. Улар ишқаланиш ΔP_n , маҳаллий $\Delta P_{м.к}$, қуриткичнинг ичидаги ΔP_k , калорифер ва чанг тозаловчи қурилма қаршиликларидан ҳосил топади:

$$\Delta P = \Delta P_n + \Delta P_{м.к} + \Delta P_k + \Delta P_{кал} + \Delta P_q \quad (3.265)$$

1) Ишқаланиш қаршиликлари туфайли йўқотилган босимни аниқланади:

$$\Delta P_u = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2 \cdot \rho}{2} \quad (3.266)$$

бу ерда λ - ишқаланиш қаршилиги коэффиценти, ва у ҳаракат режимига боғлиқ:

$$Re = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu}$$

бу ерда w - қуритувчи элткичнинг трубадаги тезлиги, одатда уни 10 - 20 м/с атрофида олиш мумкин [5,26,49]; d - трубанинг диаметри, секундли сарф тенгламасидан аниқланади

$$d = \sqrt{\frac{V_c}{0,785 \cdot w}}$$

бу ерда V_c - қуритувчи элткичнинг секундли ҳажмий сарфи:

$$V_c = \frac{L}{\rho}$$

бу ерда ρ - ҳавонинг зичлиги, одатда у атроф муҳит температурасида олинади.
 $t_0 = +3,4^\circ\text{C}$ (Боку шаҳри учун қиш фаслида).

$$\rho = \frac{M \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + t)} = \frac{29 \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + 3,4)} = 1,28 \text{ кг/м}^3$$

ва унда

$$V = \frac{6,58}{1,28} = 5,14 \text{ м}^2/\text{с}$$

Трубанинг диаметри:

$$d = \sqrt{\frac{5,14}{0,785 \cdot 20}} = 0,570 \text{ м}$$

ва

$$Re = \frac{20 \cdot 0,57 \cdot 1,28}{\mu} = \frac{20 \cdot 0,57 \cdot 1,28}{0,017 \cdot 10^{-3}} = 858353$$

яъни турбулент режим [1-8]:

$$\lambda = 0,11 \cdot (e + 68/Re)^{0,25}$$

$$e = \frac{\Delta}{d}; \quad \Delta = 0,08; \quad e = 0,0002$$

$$\lambda = 0,11 \cdot \sqrt[4]{0,0002 + 68/858353} = 0,0142$$

Бу ерда l - трубанинг узунлиги. Вентилятор жойлашишига қараб олинади, бизнинг мисол учун $l = 2$ м деб ҳисоблаймиз.

$$\Delta P_u = 0,0142 \cdot \frac{2}{0,57} \cdot \frac{20^2 \cdot 1,28}{2} = 12,78 \text{ Па}$$

2) Маҳаллий қаршиликларни енгилда йўқотилган босим:

$$\Delta P_{\text{м.к}} = \sum \xi \cdot \frac{w^2 \cdot \rho}{2}$$

бу ерда $\sum \xi$ - маҳаллий қаршилик коэффициентларини иловадаги 5-7 жадвалдан аниқлаймиз [5,6,26]:

1. Трубага кириш	$\xi = 0,5$
2. Трубадан чиқиш	$\xi = 1,0$
3. Тўғри бурчак (90°) остида трубанинг бурилиши	$\xi = 1,1$
4. Нормал вентил	$\xi = 5,5$
иккита бўлгани учун	$5,5 \cdot 2 = 11$

$$\Delta P_{\text{м.к}} = (0,5 + 1 + 1,1 + 11) \cdot \frac{20^2 \cdot 1,28}{2} = 3481,6 \text{ Па}$$

Чанг тозалогич сифатида циклон олсак:

$$\Delta P = \xi \cdot w^2 \cdot \rho / 2;$$

$$\rho = \frac{M \cdot 273}{22,4 \cdot (T + t)} = \frac{29 \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + 60)} = 1,1 \text{ кг/м}^3$$

$\xi = 6$ циклон АТИ учун [49],

$$\Delta P_{\eta} = 6 \cdot 20^2 \cdot 1,1/2 = 1320 \text{ Па}$$

Куритиш барабанининг қаршилиги $\Delta P_{\delta} = 100$ Па [5,26,28] ва калорифернинг қаршилиги $\Delta P_{\kappa} = 200$ Па [49].

$$\Delta P = 12,76 + 3481,6 + 200 + 100 + 1320 = 5798,36 \text{ Па}$$

IV. Вентиляторни танлаш

Вентилятор асосан икки параметр: ҳавонинг ҳажмий сарфи ва напори орқали танланади:

$$V_c = \frac{h_{\max}}{\rho} = \frac{6,58}{1,28} = 5,14 \text{ м}^3/\text{с} \quad H = \frac{\Delta P}{\gamma} = \frac{\Delta P}{\rho \cdot g} = \frac{5498,36}{1,28 \cdot 9,8} = 439,87 \text{ м}$$

бу параметрлар орқали [26] ёки иловадаги 15 жадвалдан [49] газодувка ТВ - 450 - 1,08 ни танлаймиз, у $V = 5,86 \text{ м}^3/\text{с}$ ва $\Delta P = 6000$ Па га тўғри келади.

Газодувканинг **АО2-82-2** маркали электр юриткичи $N = 55$ кВт қувватга эга.

V. Калорифер ҳисоби

Нам ҳавони иситиш учун кўпинча буғ билан ишлайдиган пластинали калориферлар ишлатилади.

Калориферни танлаш учун иситиш юзасини аниқлаш керак:

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t_{yp}} \quad (3.267)$$

бу ерда Q - ҳавони иситишга сарфланган иссиқлик миқдори:

$$Q = h_{\max} \cdot c_x \cdot (t_1 - t_o); \quad (3.268)$$

бу ерда c_x - ҳавонинг иссиқлик сиғими, $c_x = 0,241 \text{ кЖ/кг} \cdot \text{К}$ [25]; $t_1 = 160^\circ\text{C}$; $t_2 = 3,4^\circ\text{C}$.

$$Q = 6,58 \cdot 0,24 \cdot (160 - 3,4) = 248,3 \text{ кЖ} / \text{с};$$

бу ерда k - буғдан ҳавога иссиқлик ўтказиш коэффициенти $k = 40 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; Δt_y - ўртача температуралар фарқи. Буғнинг температурасини t_1 (160°C) дан 20°C баландроқ оламиз [1-8].

Буғ конденсатга айланганда унинг температураси ўзгармайди.

$$\begin{array}{ccc} \text{буғ} & & \text{ҳаво} \\ 3,4^\circ \longrightarrow & 160^\circ & 180^\circ \longrightarrow 180^\circ \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} \Delta t_{\kappa a} = 180 - 3,4 = 176,6^\circ \text{C} & \frac{\Delta t_{\kappa a}}{\Delta t_{\kappa u}} = \frac{176,6}{20} = 8,83 > 2 \\ \Delta t_{\kappa u} = 180 - 160 = 20^\circ \text{C} & \end{array}$$

ва

$$\Delta t_{yp} = \frac{\Delta t_{\kappa a} - \Delta t_{\kappa u}}{2,3 \cdot \lg \frac{\Delta t_{\kappa a}}{\Delta t_{\kappa u}}} = \frac{176,6 - 20}{2,3 \cdot \lg 8,83} = \frac{156,6}{2,3 \cdot 0,946} = 71,2^\circ \text{C}$$

$$F = \frac{248,3 \cdot 10^3}{40 \cdot 71,2} = 87,2 \text{ м}^2$$

Ушбу юза бўйича КФС - 11 калорифер танлаймиз ва ундан икки дона олишимиз керак [64].

КФС - 11 нинг характеристикалари:

- иссиқлик алмашилиш юзаси	- $F = 54,6 \text{ м}^2$
- массаси	- $m = 244,45 \text{ кг}$
- баландлиги	- $h = 1160 \text{ мм}$
- эни	- $l = 960 \text{ мм}$
- кўндаланг кесим юзаси, м^2 :	
ҳаво бўйича	- $f = 0,638 \text{ м}^2$
иситувчи буғ бўйича	- $f = 0,0122 \text{ м}^2$

VI. Қуриткичнинг механик ҳисоби.

Барабан деворларининг қалинлиги

$$\delta = 0,007 \cdot D_{cp} = 0,007 \cdot 2814 = 19 \text{ мм}$$

Барабаннинг айланиш тезлиги.

$$n = \frac{m \cdot k \cdot L_{бар}}{\tau \cdot D_{бар} \cdot tg \alpha} \quad (3.269)$$

бу ерда m - насадканинг турига боғлиқ коэффициент: $m = 0,5$; $k = 0,5...2,0$ [49].

$$n = \frac{m \cdot k \cdot L_{бар}}{\tau \cdot D_{бар} \cdot tg \alpha} = \frac{0,5 \cdot 2 \cdot 14}{4335 \cdot 2,8 \cdot tg 24,4} = 0,05 \text{ айл/с}$$

Одатда, кумни қуритишда $n = 3,8 \text{ айл/мин}$ қабул қилинади.

Барабанни айлантиришга сарфланган қувват:

$$N = 0,078 \cdot D_{бар}^3 \cdot L_{бар} \cdot \rho \cdot \sigma \cdot n \quad (3.270)$$

бу ерда σ - қувват коэффициенти, насадка турига ва барабаннинг тўлалик коэффициентига боғлиқ $\sigma = 0,071$ [65,66].

$$N = 0,078 \cdot 2,8^3 \cdot 14 \cdot 1200 \cdot 0,071 \cdot 3 = 6,127 \text{ кВт}$$

3.12. Мавҳум қайнаш қатламли қуриткич ҳисоби

Шлак гранулаларини қуритиш учун мавҳум қайнаш қатламли қурилма ҳисоблансин ва лойиҳалансин.

Бошланғич маълумотлар:

Қурилманинг унумдорлиги:

$$G = 25 \text{ т/соат}$$

Материал гранулаларининг ўлчамлари :

$$d = 0,5-1,0 \text{ мм} \quad - 60\%$$

$$d = 1,0-1,2 \text{ мм} \quad - 40\%$$

Материалнинг намлиги:

$$\text{бошланғич} \quad w_1 = 9,0\%$$

$$\text{охирги} \quad w_1 = 1,0\%$$

Охангарон шаҳри учун нам ҳавонинг параметрлари

$$\begin{array}{ccc} & \text{январь} & \text{июль} \\ \text{температура} & t = -1,3^\circ\text{C} & t = +26,8^\circ\text{C} \end{array}$$

$$\begin{array}{ccc} & \text{январь} & \text{июль} \\ \text{нисбий намлик} & \varphi_0 = 81\% & \varphi_0 = 46\% \end{array}$$

Иссиқлик элткич температураси

$$\text{барабанга киришда} \quad - t_1 = 130^\circ\text{C}$$

$$\text{барабандан чиқишда} \quad - t_2 = 70^\circ\text{C}$$

1. Моддий баланс

Материалнинг ҳамма миқдори бўйича моддий баланс ушбу тенглик билан ифодаланади:

$$G_2 = G_1 - W$$

Бошланғич материал секундли сарфи:

$$G_1 = \frac{G}{3600} = \frac{25000}{3600} = 6,94 \text{ кг/с}$$

Ажратиб олинган намлик миқдори ушбуга тенг:

$$W = G_1 \cdot \frac{W_1 - W_2}{100 - W_1} = 6,94 \cdot \frac{9 - 1}{100 - 1} = 0,56 \text{ кг/с}$$

Қурилган материалнинг секундли сарфи:

$$G_2 = 6,94 - 0,56 = 6,3833 \text{ кг/с}$$

параметр	қиш	ёз
Температура °C	$t_0 = -1,3^\circ\text{C}$	$t_0 = 26,8^\circ\text{C}$
Нисбий намлик	$\varphi_0 = 81\%$	$\varphi_0 = 46\%$

Материални иситиш учун сарфланган иссиқлик миқдори:

а) қиш учун:

$$\Delta = c \cdot \theta_l + q_k - (q_{mp} + q_m + q_{ii})$$

$$q_m = 6,3833 \cdot 0,7543 \cdot (37 + 1,3) / 0,56 = 329,3 \text{ кЖ/кг}$$

бу ерда $\theta = t_m = 37^\circ\text{C}$ – материалнинг қуруткичга киришдаги температураси бўлиб, иссиқ ҳавонинг ҳўл термометр температурасига тенг:

$$\Delta = 4,23 \cdot (-1,3) - (329,3 + 32,93) = -367,73 \text{ кЖ/кг}$$

I-x диаграммада **A** ва **B** нуқталарни топамиз ва ҳосил бўлган **AB** кесмага исталган жойдан перпендикуляр ўтказиб, **ef** кесмани белгилаймиз:

$$eE = ef \cdot \frac{\Delta}{M} = 54 \cdot \frac{367,73}{1250} = 10 \text{ мм}$$

яъни, ***B*** нуқтадан 10 мм пастрга яна бир нуқта қўямиз. Сўнг, $t_2=75^\circ\text{C}$ ли изотерма билан кесишгунча тўғри чизиқ ўтказамиз ва қуйидаги параметрларни топамиз:

$$\begin{aligned} x_2 &= 0,020 \text{ кг/кг}; & I_2 &= 124 \text{ кЖ/кг}; \\ x_o &= 0,003 \text{ кг/кг}; & I_o &= 5,5 \text{ кЖ/кг}; \end{aligned}$$

Унда, ҳаво сарфи:

$$L = \frac{W}{x_2 - x_o} = \frac{0,56}{0,02 - 0,003} = 32,94 \text{ кг/с}$$

Иссиқлик сарфи:

$$Q = L(I_2 - I_o) = 32,94 \cdot (124 - 5,5) = 3903,4 \text{ кВт}$$

б) Ёз учун:

$$q_m = 6,3833 \cdot 0,7543 \cdot (40 - 26,8) / 0,56 = 113,5 \text{ кЖ/кг}$$

$$\theta = t_m = 40^\circ\text{C}$$

$$\Delta = 4,19 \cdot 26,8 - (113,5 + 11,35) = -12,6 \text{ кЖ/кг}$$

I-x диаграммада қуриштиш жараёнини тасвирлаймиз ва ***ef***=50 мм га тенглигини топамиз.

$$eE = ef \cdot \frac{\Delta}{M} = 54 \cdot \frac{12,6}{1250} = 0,5 \text{ мм}$$

$$\begin{aligned} x_2 &= 0,034 \text{ кг/кг}; & I_2 &= 159 \text{ кЖ/кг}; \\ x_o &= 0,011 \text{ кг/кг}; & I_o &= 5 \text{ кЖ/кг}; \end{aligned}$$

Ҳаво сарфи:

$$L = \frac{W}{x_2 - x_o} = \frac{0,56}{0,034 - 0,011} = 24,35 \text{ кг/с}$$

Иссиқлик сарфи:

$$Q = L(I_2 - I_o) = 24,35 \cdot (159 - 56) = 2507,83 \text{ кВт}$$

Қиш ва ёз фасллари учун аниқланган сарфларни солиштирамиз:

$$L_3 = 32,94 \text{ кг/с} > L_n = 24,35 \text{ кг/с}$$

$$Q_3 = 3903,4 \text{ кВт} > Q_n = 2507,8 \text{ кВт}$$

Қурилма асосий ўлчамларини аниқлаш.

Ҳавонинг ўртача температураси:

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{130 + 70}{2} = 100^\circ\text{C}$$

Қуришдаги ҳавонинг ўртача нам сақлаши:

$$\Delta x_{yp} = \frac{x_1 + x_2}{2} = \frac{0,02 + 0,003}{2} = 0,0115 \text{ кг / кг}$$

Ҳавонинг ва сув бугининг ўртача зичлиги қуйидагича топилади:

$$\rho_{cp} = \frac{M_{св}}{g_o} \cdot \frac{T_o}{T_o + t_{cp}} = \frac{29}{22,4} \cdot \frac{273}{(273+100)} = 0,94755 \text{ кг / м}^3$$

$$\rho_{с} = \frac{M_{с}}{g_o} \cdot \frac{T_o}{T_o + t_{cp}} = \frac{18}{22,4} \cdot \frac{273}{(273+100)} = 0,588 \text{ кг / м}^3$$

Ҳаво бўйича ўртача ҳажмий унумдорлиги:

$$V = \frac{L}{\rho_{cp}} + \frac{x_{cp} \cdot L}{\rho_{с}} = \frac{32,94}{0,9475} + \frac{0,0115 \cdot 32,94}{0,588} = 35,4076 \text{ м}^3 / с$$

Мавҳум қайнаш бошланишининг соҳта тезлиги w_{mk} қуйидагича аниқланади:

$$w_{mk} = \frac{Re \cdot \mu_{yp}}{\rho_{yp} \cdot d_{с}}$$

$$Ar = \frac{g \cdot d_{с}^3}{\nu^2} \cdot \frac{\rho - \rho_{yp}}{\rho_{yp}}$$

Полидисперс заррачалар эквивалент диаметри $d = 0,5 \dots 1,2$ мм.

$$d_{с} = \frac{1}{\frac{0,6}{\frac{(0,5+1,0)}{2} \cdot 10^{-3}} + \frac{0,4}{\frac{(1+1,2)}{2} \cdot 10^{-3}}} = 0,8594 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$Ar = \frac{9,81 \cdot (0,8594 \cdot 10^{-3})^3}{(22 \cdot 10^{-6})^2} \cdot \frac{2703 - 0,95}{0,95} = 32826$$

Рейнольдс критерийси:

$$Re = \frac{Ar}{1400 + 5,22\sqrt{Ar}} = \frac{32826}{1400 + 5,22\sqrt{32826}} = 14$$

Мавҳум қайнаш бошланишининг тезлиги:

$$w_{mk} = \frac{14 \cdot 22,07 \cdot 10^{-6}}{0,94755 \cdot 0,86 \cdot 10^{-3}} = 0,38 \text{ м / с}$$

Заррача диаметри $d=0,8$ мм учун Архимед критерийси:

$$Ar=6464,6$$

Учиб чиқиш тезлиги:

$$w_{уч} = \frac{22,07 \cdot 10^{-6}}{0,94755 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3}} \cdot \left(\frac{6464,6}{18 + 0,575 \sqrt{6464,6}} \right) = 4,7 \text{ м/с}$$

Мавҳум қайнаш сони:

$$K_w = \frac{w_{уч}}{w_{мк}} = \frac{4,7}{0,38} = 12,34$$

Қабул қиламиз $K_w=3$.

Унда ҳавонинг ишчи тезлиги:

$$w_u = K_w \cdot w_{мк} = 3 \cdot 0,38 = 1,14 \text{ м/с}$$

Қуриткич диаметри d ни ушбу тенгламадан аниқлаймиз:

$$d = \sqrt{\frac{4V}{\pi \cdot w}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 35,4076}{3,14 \cdot 1,14}} = 6,3 \text{ м}$$

Мавҳум қайнаш баландлигини аниқлаш.

Мавҳум қайнаш қатламининг ғоваклилиги:

$$\varepsilon = \left(\frac{18 \text{Re} + 0,36 \text{Re}^2}{Ar} \right)^{0,21}$$

Рейнольдс сони:

$$\text{Re} = \frac{w \cdot d \cdot \rho_{уп}}{\mu_{уп}} = \frac{1,14 \cdot 0,8594 \cdot 10^{-3} \cdot 0,94755}{22,07 \cdot 10^{-6}} = 42,063$$

$$Ar = 32826$$

$$\varepsilon = \left(\frac{18 \cdot 42,063 + 0,36 \cdot 42,063^2}{32826} \right)^{0,21} = 0,515$$

Тақсимлаш тарелкасидаги тешиklar сони:

$$n = \frac{4S \cdot F_c}{\pi \cdot d_o^2} = \frac{d^2 \cdot F_c}{d_o^2}$$

Мавҳум қайнаш қатламининг ҳажми v_k қуйидагига тенг:

$$v_k = \frac{W}{A_v} = \frac{0,56}{70} \cdot 3600 = 28,8 \text{ м}^3$$

Мавҳум қайнаш қатламининг баландлигини H :

$$H = \frac{v_k}{0,785 \cdot 6,3^2} = \frac{28,8}{0,785 \cdot 6,3^2} = 0,92 \text{ м}$$

Қуриткич гидравлик қаршилиги.

Умумий гидравлик қаршилик:

$$\Delta p = \Delta p_{mk} + \Delta p_p$$

$$\Delta p_{mk} = \rho_3 (1 - \varepsilon) \cdot g \cdot H = 2703 \cdot (1 - 0,515) \cdot 9,81 \cdot 0,92 = 11832 \text{ Па}$$

$$\Delta p_{p \min} = \Delta p_{mk} \cdot \frac{K_w^2 \cdot (\varepsilon - \varepsilon_o)}{(K_w^2 - 1) \cdot (1 - \varepsilon_o)} = 11832 \cdot \frac{3^2 \cdot (0,515 - 0,4)}{(3^2 - 1) \cdot (1 - 0,515)} = 3156 \text{ Па}$$

Танланган тешикли панжара гидравлик қаршилиги:

$$\Delta p_p = \xi \left(\frac{w}{F_c} \right)^2 \cdot \frac{\rho_{eh}}{2}$$

Тешикли панжаранинг гидравлик қаршилик коэффициенти $\xi = 1,75$.

$$\Delta p_p = 1,75 \cdot \left(\frac{1,14}{0,018} \right)^2 \cdot \frac{0,94755}{2} = 3326 \text{ Па}$$

Қуриткич умумий гидравлик қаршилиги:

$$\Delta p = 3326 + 11832 = 15158 \text{ Па}$$

Ишқаланиш қаршилиги туфайли босимнинг йўқотилиши:

$$\Delta p_{uk} = \lambda \frac{l}{d_s} \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2}$$

Эквивалент диаметр ушбу формуладан топилади:

$$d_s = \sqrt{\frac{4V_c}{\pi \cdot w}}$$

Секундлик сарф ва zichlik ушбу формулалардан аниқланади:

$$V_c = \frac{L}{\rho} = \frac{32,94}{1,3} = 25,3385 \text{ м}^3 / \text{с};$$

$$\rho = \frac{29 \cdot 273}{22,4 \cdot (273 - 1,3)} = 1,3 \text{ кг} / \text{м}^3$$

Труба диаметри:

$$d_s = \sqrt{\frac{4V_c}{\pi \cdot w}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 25,3385}{3,14 \cdot 22,5}} = 1,2 \text{ м}$$

Трубада ҳаво ҳаракатининг режими:

$$\text{Re} = \frac{w \cdot d_s \cdot \rho_{yp}}{\mu_{yp}} = \frac{26 \cdot 0,53 \cdot 1,3}{0,017 \cdot 10^{-3}} = 1053764,7$$

Ишқаланиш қаршилигининг гидравлик коэффициенти:

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(e + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25} = 0,11 \cdot \sqrt{0,0067 + \frac{68}{2060824}} = 0,0315$$

Бу ерда

$$e = \frac{\Delta}{d} = \frac{0,008}{1,2} = 0,0067$$

Маҳаллий қаршилиқ коэффициентлари:

1. Трубага кириш - $\xi=0,5$;
2. Нормал вентиль - $\xi=5,5$;
3. Тирсак $\gamma=90^\circ$ - $\xi=0,15 \cdot 4=0,6$;
4. Трубадан чиқиш - $\xi=1,0$;
5. Кран - $\xi=2,0$
- Жами: - $\Sigma\xi=9,75$

Ишқаланиш ва маҳаллий қаршилиқ туфайли босимнинг йўқотилиши:

$$\Delta p = \left(\lambda \frac{l}{d} + \Sigma \xi \right) \cdot \frac{\rho w^2}{2} = \left(0,0315 \cdot \frac{15}{1,2} + 9,75 \right) \cdot \frac{1,3 \cdot 22,5^2}{2} = 3338 \text{ Па}$$

Чанг ушлаш мосламаси сифатида АТИ русумли циклонни танлаймиз:

$$\Delta p_{\text{ц}} = \Sigma \xi \cdot \frac{\rho w^2}{2} = 6 \cdot \frac{1,3 \cdot 22,5^2}{2} = 1564 \text{ Па}$$

бу ерда

$$\rho = \frac{29 \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + 70)} = 1,0304 \text{ кг / м}^3$$

Калорифер қаршилиги: $\Delta p_{\text{к}} = 200 \text{ Па}$.

$$\Delta p = \Delta p_c + \Delta p_{\text{тр}} + \Delta p_{\text{м.с.}} + \Delta p_{\text{ц}} + \Delta p_{\text{к}} = 15158 + 3338 + 1564 + 200 = 20260 \text{ Па}$$

Вентилятор танлаш

Ҳавонинг ҳажмий сарфи:

$$V_c = 25,34 \text{ м}^3/\text{с}$$
$$\Delta p = 20260 \text{ Па}$$

Ушбу икки параметр асосида 1-16 жадвалдан ТВ-350-1,06 русумли турбогазодувка танлаймиз [61].

Унумдорлиги	$Q = 5,86 \text{ м}^3/\text{с}$
Гидравлик қаршилиги	$\rho g H = 6000 \text{ Па}$
Айланишлар частотаси	$n = 118 \text{ 1/с}$
Электр юриткич А02-82-2 қуввати	$N = 200 \text{ кВт}$

Бу турдаги турбогазодувкадан 5 дона зарур.

Калорифер ҳисоби

Зарур иссиқлик алмашиниш юзаси:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{yp}}$$

Температуралар схемаси:

$$\begin{array}{ccc} 150 & \text{-----} & 150 \text{ } ^\circ\text{C} \\ -1,3 & \text{-----} & 130 \text{ } ^\circ\text{C} \\ \Delta t_0 = 151,3 \text{ } ^\circ\text{C} & & \Delta t_m = 20 \text{ } ^\circ\text{C} \end{array}$$

Ўртача температуралар фарқи:

$$\Delta t_{cp} = \frac{151,3 - 20}{\ln \frac{151,3}{20}} = 65 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Иссиқлик алмашилиш юзаси:

$$F = \frac{3903,4 \cdot 10^2}{65 \cdot 60} = 1002,6 \text{ м}^2$$

Ҳисоблаб топилган юзани таъминлаш учун 19 та КФС русумли калорифер танлаймиз [66]:

иссиқлик алмашилиш юзаси, м ²	-	54,6
масса, кг	-	244,45
баландлиги, мм	-	1160
эни, м	-	840
ҳаво ҳаракати учун эркин юза, м ²	-	0,638 м ²
иссиқлик элткич ҳаракати учун	-	0,0076 м ²

Механик ҳисоб

Штуцерлар ҳисоби

Ҳаво учун: $d_{um}=1200$ мм (гидравлик ҳисобдан).

$$\text{Материал учун} \quad d_{um} = \sqrt{\frac{4V_c}{\pi \cdot w}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 250/36}{2703 \cdot 3,14 \cdot 0,5}} = 0,081 \text{ м}$$

ОСТ 26-1412-76 бўйича стандарт штуцер танлаймиз

Ҳаво учун, мм: $D_y=1200$ мм.

Материал учун, мм: $D_y=80$ мм, $d_r=89$ мм, $S_r=4$ мм, $H_r=155$ мм.

Фланецли бирикма танлаш: ГОСТ 1255-67

Ҳаво учун, мм:

$D_y=1200$ мм;
 $D_\phi=1375$ мм;
 $D_m=1320$ мм;
 $D_l=1280$ мм;
 $h=1220$ мм;
 $d=30$ мм;
 $z=32$ мм;

Материал учун, мм:

$D_y=80$ мм;
 $D_\phi=185$ мм;
 $D_m=150$ мм;
 $D_l=128$ мм;
 $h=11$ мм;
 $d=18$ мм;
 $z=4$ мм;

3.13. Лентали қуриткич ҳисоби

Суткасига 10 тонна калта кесилган макарон маҳсулотларини қуритиш учун лентали қуриткич ҳисоблансин ва лойиҳалансин.

Бошланғич маълумотлар:

Унумдорлиги

$$G=10000 \text{ кг/сутка}$$

Бошланғич намлик $w_1=28\%$;
Охирги намлик $w_2=14\%$;
Қуритиш камерасига кираётган ҳаво параметри: $t_0=21^\circ\text{C}$; $\varphi_0=64\%$;
Қуритиш камерасидан чиқётган ҳаво параметри: $t_2=58^\circ\text{C}$; $\varphi_2=75\%$;
СПК типдаги қуриткич 5 та лентали транспортер, вентиляция тизими, транспортер, калорифердан иборат.
Нам материал бўйича унумдорлиги:

$$G_1 = \frac{10000}{24} \cdot \frac{100-14}{100-28} = 496,88 \text{ кг/соат}$$

Буғлатилган намлик миқдори эса, ушбу тенгламадан ҳисоблаб аниқланади:

$$W = G \cdot \frac{w_2 - w_1}{100 - w_2} = 417 \cdot \frac{28-14}{100-28} = 81 \text{ кг/соат}$$

Намлик лентали қуриткичдан бир текисда чиқмаганли учун қуйидаги зоналарга бўлинади:

I – 0,35; II – 0,32; III – 0,2; IV – 0,08; V – 0,05.

Умумий намлик миқдорини билган ҳолда ҳар бир зонадаги буғлатилган намлик миқдорини аниқлаймиз:

$$W_1 = 81 \cdot 0,05 = 4,05 \text{ кг/соат};$$

$$W_2 = 81 \cdot 0,08 = 6,48 \text{ кг/соат};$$

$$W_3 = 81 \cdot 0,2 = 16,2 \text{ кг/соат};$$

$$W_4 = 81 \cdot 0,32 = 25,92 \text{ кг/соат};$$

$$W_5 = 81 \cdot 0,35 = 28,35 \text{ кг/соат}$$

Нам ҳавонинг асосий параметрлари. Берилган температура ва намликка асосида қуйидагиларни аниқлаймиз. Ҳавонинг намлиги ва энтальпияси
а) ташқи ҳаво:

$$x_o = \frac{18}{29} \frac{\varphi_o \cdot p_m}{P - \varphi_o p_m} = 0,622 \frac{\varphi_o \cdot p_m}{P - \varphi_o p_m}; \quad (3.289)$$

$P=99,1 \cdot 10^3 \text{ Па};$

$$x_o = 0,622 \frac{\varphi_o \cdot p_m}{P - \varphi_o p_m} = 0,622 \frac{0,64 \cdot 2,486 \cdot 10^3}{99,1 \cdot 10^3 - 0,64 \cdot 2,486 \cdot 10^3} = 10,14 \text{ г/кг куруқ ҳаво}$$

б) ишлатиб бўлинган ҳаво:

$$x_2 = 0,622 \frac{\varphi_2 \cdot p_m}{P - \varphi_2 p_m} = 0,622 \frac{0,75 \cdot 18,142 \cdot 10^3}{99,1 \cdot 10^3 - 0,75 \cdot 18,142 \cdot 10^3} = 99,2 \text{ г/кг куруқ ҳаво}$$

Ҳаво энтальпияси:

$$I_o = c_e \cdot t_o + \frac{x_o}{1000} (I + c_p \cdot t_j) = 1,004 \cdot 21 + \frac{10,14}{1000} \cdot (2500 + 1,842 \cdot 21) = 46,82 \text{ кЖ / кг курук хаво} ;$$

$$I_2 = c_e \cdot t_2 + \frac{x_2}{1000} (I + c_p \cdot t_o) = 1,004 \cdot 58 + \frac{99,2}{1000} \cdot (2500 + 1,842 \cdot 58) = 316,83 \text{ кЖ / кг курук хаво}$$

бу ерда c_e – курук хавонинг иссиқлик сифими, 1,004 кЖ/(кг·К); t – нам хаво температураси; I – буглатиш энтальпияси ($I \approx 2500$ кЖ/кг); c_p – буг солиштирма иссиқлиги, 1,842 кЖ/(кг·К); x – нам сақлаш.

$$x_I = \frac{x_2 - x_o}{W} \cdot W_1 = \frac{99,2 - 10,14}{81} \cdot 4,05 = 4,45 \text{ г / кг курук хаво}$$

$$x_{II} = \frac{x_2 - x_o}{W} \cdot W_2 = \frac{99,2 - 10,14}{81} \cdot 6,48 = 6,53 \text{ г / кг курук хаво}$$

$$x_{III} = \frac{x_2 - x_o}{W} \cdot W_3 = \frac{99,2 - 10,14}{81} \cdot 16,2 = 17,803 \text{ г / кг курук хаво}$$

$$x_{IV} = \frac{x_2 - x_o}{W} \cdot W_4 = \frac{99,2 - 10,14}{81} \cdot 25,92 = 28,48 \text{ г / кг курук хаво}$$

$$x_V = \frac{x_2 - x_o}{W} \cdot W_5 = \frac{99,2 - 10,14}{81} \cdot 28,35 = 31,15 \text{ г / кг курук хаво}$$

Охирги зонадан чиқаетган ҳаво параметрлари:

$$x_2^{IV} = x_2 - x_V = 99,2 - 31,15 = 68,04 \text{ г / кг курук хаво}$$

$$x_2^{III} = x_2^{IV} - x_{IV} = 68,04 - 28,48 = 39,69 \text{ г / кг курук хаво}$$

$$x_2^{II} = x_2^{III} - x_{III} = 39,69 - 17,803 = 21,88 \text{ г / кг курук хаво}$$

$$x_2^I = x_2^{II} - x_{II} = 21,88 - 6,53 = 15,35 \text{ г / кг курук хаво}$$

Қуриткичдаги хавонинг ҳисоби. Абсолют курук ҳаво солиштирма сарфи (1 кг намликни буглатиш учун кетаётган сарф) эса,

$$l = \frac{1000}{x_2 - x_o} = \frac{1000}{99,2 - 10,14} = 11,2 \text{ кг курук хаво / кг намлик}$$

Қуриткичдаги абсолют курук хавонинг умумий сарфи:

$$L = l \cdot W = 11,2 \cdot 81 = 909,59 \text{ кг курук хаво / соат}$$

Ҳавонинг ҳажмий сарфини топиш учун аввал қуриткичга кираётган ва ундан чиқаетган нам хавонинг солиштирма ҳажмини аниқлаш лозим:

$$v_{y\partial 0} = \frac{287 \cdot 293}{P - \varphi_o \cdot P_n^0} = \frac{287 \cdot 293}{99,1 \cdot 10^3 - 0,64 \cdot 2,486 \cdot 10^3} = 0,862 \text{ м}^3 / \text{кг}$$

$$v_{y\partial 2} = \frac{287 \cdot 293}{P - \varphi_2 \cdot P_n^2} = \frac{287 \cdot 293}{99,1 \cdot 10^3 - 0,75 \cdot 18,142 \cdot 10^3} = 0,983 \text{ м}^3 / \text{кг}$$

Ҳаво ҳажмий сарфини қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$V_0 = L \cdot v_{y\partial 0} = 909,49 \cdot 0,862 = 783,98 \text{ м}^3 / \text{кг}$$

$$V_2 = L \cdot v_{y\partial 2} = 909,49 \cdot 0,983 = 894,02 \text{ м}^3 / \text{кг}$$

Материални қуритиш вақтини аниқлаш. Одатда СПК типигаги лентали қуриткичларда қуритиш давомийлиги 30...180 минутга тенг. Бу турдаги қуриткичдаги ҳар бир зонада материалнинг бўлиш вақти қуйидагича тавсия этилади: $\tau_1 = 6,9$; $\tau_2 = 12,8$; $\tau_3 = 14,1$; $\tau_4 = 16,1$; $\tau_5 = 18,8$ мин. Шундай қилиб қуритиш жараёнининг давомийлиги 68,7 мин. Қуритиш камерасида қанча материал бир вақтда бўлиши ушбу формуладан топилади:

$$C_2^k = \frac{G_1 \cdot \tau}{N} = 417 \cdot \frac{68,7}{60} = 477,46 \text{ кг} \quad (3.290)$$

бу ерда N -камералар сони.

Қуриткичнинг конструктив параметрлари. Лентанинг узунлиги ҳисоблаш керак. Конвейер лентанинг энини 2000 мм деб оламиз. Материалнинг ташқари лентадаги қалинлиги 40 мм дан ошмаслиги керак. Пастки лентадаги материал қалинлиги $h=36$ мм, тепа қисмида эса 40 мм.

Лентадаги материалнинг қатламининг қўндаланг кесими:

$$f = b \cdot h = 1,75 \cdot 0,036 = 0,063 \text{ м}^3$$

бу ерда h -лентадаги қатлам баландлиги, м; b -лента эни, м.

$$b = 0,9 \cdot 2 - 0,05 = 1,75 \text{ м}$$

Диаметри 7 мм ли макароннинг ҳажмий массаси 365 кг/м³. Унда, пастки лентанинг ишчи узунлиги:

$$s = \frac{G_2 \cdot \tau}{\rho_n \cdot f} = \frac{417 \cdot 18,8}{60 \cdot 365 \cdot 0,063} = 5,68 \text{ м} \quad (3.291)$$

Яхлитлаб, ушбу лента узунлиги 4,5 м деб қабул қиламиз. Ленталар ҳаракат тезлигини топамиз:

$$w_1 = \frac{s}{\tau_1} = \frac{5,68}{6,9} = 0,82 \text{ м / мин}$$

$$w_2 = \frac{s}{\tau_2} = \frac{5,68}{12,18} = 0,46 \text{ м / мин}$$

$$w_3 = \frac{s}{\tau_3} = \frac{5,68}{14,1} = 0,4 \text{ м / мин}$$

$$w_4 = \frac{s}{\tau_4} = \frac{5,68}{16,1} = 0,355 \text{ м / мин}$$

$$w_5 = \frac{s}{\tau_5} = \frac{5,68}{18,8} = 0,3 \text{ м / мин}$$

Қуритиш камерасининг узунлиги:

$$l_k = s_o + d + r = 3,4 + 0,246 + 0,6 = 4,246 \text{ м} \quad (3.292)$$

бу ерда $s_o = 3,4$ м – барабанлараро масофа; $d = 0,246$ м – барабан диаметри; r – ленталарнинг бир-бирига нисбатан силжиши ва барабандан қуриткич деворигача бўлган масофа (қабул қиламиз $r = 0,6$ м).

Шундай қилиб, 4,2 м деб қабул қиламиз.

Лента эни ва ундан қуриткич деворигача бўлган масофа асосида камера энини ҳисоблаймиз:

$$b = 2 + 2 \cdot 0,05 = 2,1 \text{ м}$$

Камеранинг баландлигини аниқлашда барабанлар орасидаги масофа 0,15 м, барабан ва қурилма шифти ораси 0,27, пастки қисми билан 0,3 м деб қабул қиламиз:

$$h_k = 0,246 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,3 + 0,27 = 2,4 \text{ м}$$

Қуриткичнинг иссиқлик ҳисоби. Ушбу ҳисоб қуриткичнинг зоналари бўйича алоҳида ҳисобланади. Аммо ҳисоблашни осонлаштириш учун 5 та зонага бўлиб олиб, уларда қуйидаги температуралар тақсимланишини қабул қиламиз.

Зоналардаги температуралар:

$$\text{I} - 32^\circ\text{C}; \quad \text{II} - 40^\circ\text{C}; \quad \text{III} - 47^\circ\text{C}; \quad \text{IV} - 50^\circ\text{C}; \quad \text{V} - 48^\circ\text{C}.$$

Ҳар бир зонада калорифердан чиққан иссиқ ҳаво температураси номаълум. Ушбу температураларни дастлабки топиш учун назарий қуритиш жараёнини курамиз.

Материални қиздириш учун солиштирма иссиқлик йўқолишларини ҳисоблаймиз.

Қуриткичдан чиқишда I зонадаги температураси 32°C ли ҳаво билан учрашади. $\theta_2 = 30^\circ\text{C}$, $\theta_1 = 20^\circ\text{C}$, $c_m = 1,66 \text{ Ж/(кг} \cdot \text{К)}$ деб қабул қиламиз. Унда

$$c_m'' = \frac{4,19 \cdot w_2 + c_m \cdot (100 - w_2)}{100} = \frac{4,19 \cdot 14 + 1,66(100 - 14)}{100} = 2,01 \text{ кЖ / (кг} \cdot \text{К)}$$

$$q_m = \frac{G_2 \cdot c_m \cdot (\theta_2 - \theta_1)}{W} = \frac{417 \cdot 2,01 \cdot (30 - 20)}{81} = 103,47 \text{ кЖ / кг}$$

Транспорт мосламаларини қиздириш учун иссиқлик йўқотилишлари. Турғун иш режимда йўқотилишлар йўқ.

Ўртача температуралар фарқи $\Delta t_{\text{ўр}}$ бу қуриткич камерасидаги ўртача температура $t_{\text{ўр}}$ ва атроф муҳит температура t_e ларнинг фарқи сифатида аниқланади: $t_{\text{ўр}} = 51^\circ\text{C}$. Ташқи ҳаво температураси $t_b = 20^\circ\text{C}$.

$$\Delta t_{yp} = 51 - 20 = 31^{\circ} C$$

Иссиқлик элткич йўналишида камеранинг эквивалент диаметри:

$$d_9 = \frac{4l_k \cdot b}{2(l_k + b)} = \frac{4 \cdot 4,2 \cdot 2,1}{2(4,1 + 2,1)} = 2,7 \text{ м}$$

Қуритиш камерасида иссиқлик элткичнинг тезлиги оқимнинг узлуксизлик тенгламаси асосида ҳажмий сарф тенгламасидан топилади. Қўндаланг кесим юзаси:

$$f = l_k \cdot b = 4,2 \cdot 2,1 = 8,82 \text{ м}^2$$

Иссиқ ҳаво ҳаракати учун эркин қўндаланг кесим юзасини қуйидаги $0,5f$ га тенг деб оламиз. Унда,

$$v_k = \frac{L}{3600 \cdot 0,5 \cdot f} = \frac{909,49}{3600 \cdot 0,5 \cdot 8,82} = 0,057 \text{ м/с}$$

Рейнольдс критерийси ҳисоблаймиз:

$$Re = \frac{v_k \cdot d_9}{\nu} = \frac{0,057 \cdot 2,7}{18,7 \cdot 10^{-6}} = 8315$$

Иссиқлик бериш коэффициентини қуйидагича топамиз:

$$Nu = 0,66 \cdot Re^{0,5} = 0,66 \cdot 8315^{0,5} = 60,18$$

$$\alpha_1' = \frac{Nu \cdot \lambda}{d_9} = \frac{60,18 \cdot 2,79 \cdot 10^{-2}}{2,7} = 0,62 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

бу ерда λ – ҳавонинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти, Вт/(м·К).

α_2 иссиқлик бериш коэффициентини аниқлаш учун Грасгоф критерийсини топиш даркор:

$$Gr = \frac{g \cdot h_k^3}{\nu^2} \cdot \left(\frac{T_{yp} - T_{cm.6}}{T_{yp}} \right) = \frac{9,81 \cdot 2^2}{(18,6 \cdot 10^{-6})^2} \cdot \frac{324 - 314}{324} = 7,3 \cdot 10^9$$

бу ерда ички девор температурасини $41^{\circ}C$ қабул қиламиз, яъни $T_{cm.6} = 314K$:

$$T_{yp} = 273 + 51 = 324 \text{ К}$$

Ҳавонинг кинематик қовушқоқлик ва иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентлари қуйидаги ўртача температурада олинади:

$$t = \frac{t_{yp} + t_{cm.6}}{2} = \frac{51 + 41}{2} = 46^{\circ} C$$

Иссиқлик бериш интенсивлиги:

$$Nu = 0,15 (Gr \cdot Pr)^{0,33} = 0,15 \cdot (7,3 \cdot 10^9 \cdot 0,7)^{0,33} = 238 \quad (3.293)$$

Иссиқлик бериш коэффициенти:

$$\alpha_1'' = \frac{Nu \cdot \lambda}{h_k} = \frac{238 \cdot 2,75 \cdot 10^{-2}}{2,4} = 2,73 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$\alpha_1 = 1,2 \cdot (\alpha_1' + \alpha_1'') = 1,2(0,62 + 2,73) = 4,02 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Ташқи девор температурасини $t_{cm.n.}=28^\circ\text{C}$ (301K); $t_n=20^\circ\text{C}$ (293K) деб қабул қиламиз. Ҳавонинг параметрлари ўртача температура $t_{n.yp}=24^\circ\text{C}$ топилади. Унда, Грасгоф сони:

$$Gr = \frac{9,81 \cdot 2^3}{(16,1 \cdot 10^{-6})^2} \cdot \frac{301 - 293}{293} = 8,26 \cdot 10^9$$

$$Nu = 0,15(Gr \cdot Pr)^{0,33} = 0,15 \cdot (8,26 \cdot 10^9 \cdot 0,7)^{0,33} = 242$$

Иссиқлик бериш коэффициентини

$$\alpha_2''' = \frac{Nu \cdot \lambda}{h_k} = \frac{242 \cdot 2,6 \cdot 10^{-2}}{2,4} = 2,62 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$\alpha_{1-2} = \frac{c_{1-2} \cdot \left[\left(\frac{T_{cm.n}}{100} \right)^4 + \left(\frac{T_{cm}}{100} \right)^4 \right]}{t_{cm.n} - t_n} = \frac{4,14 \cdot \left[\left(\frac{301}{100} \right)^4 + \left(\frac{293}{100} \right)^4 \right]}{28 - 20} = 4,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (3.294)$$

Қуриткич деворининг нур тарқатиш коэффициентини $c_1=4,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$, цех девори учун $c_1=5,33 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$ деб қабул қиламиз.

$$c_{1-2} = \frac{c_1 \cdot c_2}{5,8} = 4,14 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$$

$$\alpha_2 = 2,62 + 4,3 = 6,92 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Қуриткич деворлари ва эшиклари қалинлиги $\delta_d=1 \text{ мм}$ бўлган пўлат листлардан ясалган икки қаватли панель кўринишада бўлиб, орасига $\delta_b=10 \text{ мм}$ иссиқлик қоплама жойланган.

$$\lambda_d=45,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$\lambda_b=0,046 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Қурилма деворлари учун иссиқлик ўтказиш коэффициентини ушбу тенгламадан аниқланади:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{4,02} + \frac{2 \cdot 0,001}{46,4} + \frac{0,01}{0,046} + \frac{1}{6,92}} = 1,68 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Қабул қилинган ички ва ташқи деворлар температураларини текшираемиз:

$$t_{cm.n} = t_n + \frac{k \cdot \Delta t_{yp}}{\alpha_2} = 20 + \frac{1,81 \cdot 31}{6,92} = 28,1^\circ\text{C} \quad (3.295)$$

$$t_{cm.6} = t_{yp} - \frac{k \cdot \Delta t_{yp}}{\alpha_1} = 51 - \frac{1,81 \cdot 31}{4,02} = 37,04^\circ C$$

Деворлар орқали иссиқлик йўқотилишларини аниқлаймиз:

$$q_{cm} = \frac{K \cdot F \cdot \Delta t \cdot 3600}{1000 \cdot N} = \frac{1,68 \cdot 30 \cdot 31 \cdot 3600}{1000 \cdot 81} = 69,44 \text{ кЖ / кг} \quad (3.296)$$

Курилма деворларининг юзаси:

$$F = 2(l_{\kappa} \cdot h_{\kappa} + b \cdot h_{\kappa}) = 2(4,2 \cdot 2,4 + 2,1 \cdot 2,4) = 30 \text{ м}^2 \quad (3.297)$$

Биринчи зонадаги ҳаво температураси 58°C. Унда:

$$t = 58 - 21 = 37^\circ C$$

Иссиқлик ўтказиш коэффициентлари ҳисобини соддалаштириш учун иссиқлик бериш коэффициентларини 30% ўзгартирамиз, 1,9 ва 4,3 Вт/(м²·К). Унда, шифт учун

$$\alpha_1 = 1,2(\alpha_1' + \alpha_1'') = 1,2(0,62 + 1,9) = 3,024 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

$$\alpha_2 = \alpha_2'' + \alpha_{\kappa} = 2,62 + 4,3 = 6,22 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{3,024} + \frac{2 \cdot 0,001}{46,4} + \frac{0,01}{0,046} + \frac{1}{6,22}} = 1,54 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

Шифт орқали солиштирма иссиқлик йўқотилиши:

$$q_{cm} = \frac{K \cdot F \cdot \Delta t \cdot 3600}{1000 \cdot N} = \frac{1,54 \cdot 13 \cdot 37 \cdot 3600}{1000 \cdot 81} = 32,08 \text{ кЖ / кг}$$

Пол орқали солиштирма иссиқлик йўқотилиши:

$$q_{cm} = \frac{F \cdot t_o \cdot 3600}{1000 \cdot W} = \frac{21 \cdot 8,82 \cdot 3600}{1000 \cdot 81} = 8,23 \text{ кЖ / кг}$$

Полнинг юзаси:

$$F = 5,4 \cdot 2,1 = 11,32 \text{ м}^2$$

Куриткич камерасига кираётган ҳаво температураси 20°C ва у калориферда 38...42 °C гача қиздирилади. Ҳавонинг ўртача температураси 30°C ва куриткичдан бинонинг деворига бўлган масофа 3 м бўлганда, иссиқликнинг йўқотилиши 20 Вт/(м²·К) ташкил этади.

Иссиқлик йўқотилишларни зоналар бўйича тақсимланишини топамиз. Курилмадаги умумий йўқотилишлар ушбу тенгламадан аниқланади:

$$\Delta_{ym} = 4,19 \cdot 20 - 76,5 - (83,6 + 25,2 + 9,4) = -110,9 \text{ кЖ / кг}$$

Материал қиздиришда солиштирма иссиқлик йўқотилишларни 5-зонада аниқлаймиз. Шу зонага шифт орқали иссиқликнинг атроф-муҳитга йўқотилишни қўшамиз. 1-зонага пол орқали иссиқликнинг йўқотилишини инобатга оламиз. Нам материал ва ён деворлар орқали иссиқликни кириши намликнинг зоналарда ажратилишига қараб ҳар бир зонага пропорционал равишда бўлиб юборамиз. Унда,

$$\Delta_V = 83,8 \cdot 0,35 - 76,5 - (83,6 \cdot 0,35 + 5,2) = -101,6 \text{ кЖ / кг}$$

$$\Delta_{IV} = 83,8 \cdot 0,32 - (83,6 \cdot 0,32) = 0,1 \text{ кЖ / кг}$$

$$\Delta_{III} = 83,8 \cdot 0,2 - (83,6 \cdot 0,2) = 0,1 \text{ кЖ / кг}$$

$$\Delta_{II} = 83,8 \cdot 0,08 - (83,6 \cdot 0,08) = 0 \text{ кЖ / кг}$$

$$\Delta_I = 83,8 \cdot 0,05 - (83,6 \cdot 0,05 + 9,4) = -9,4 \text{ кЖ / кг}$$

Лентали қуриткичда нам материални қуритиш жараёни назарий жараёндан сезиларли фаркланмайди. Шунинг учун, фақат назарий қуритиш жараёнини диаграммада қуриб, термодинамик йўқотилишларни топиш мумкин. Унда,

$$q_{наз.}^V = 0,23 \cdot (355 + 321) = 155 \text{ кЖ / кг}$$

$$q_{наз.}^{IV} = 156 \text{ кЖ / кг}$$

$$q_{наз.}^{III} = 152 \text{ кЖ / кг}$$

$$q_{наз.}^{II} = 146 \text{ кЖ / кг}$$

$$q_{наз.}^I = 138 \text{ кЖ / кг}$$

Термодинамик йўқотилишларни инобатга олсак, назарий қуритиш жараёнига ҳар бир зонада киритиладиган корреляция қуйидагига тенг:

$$\Delta_V = -101,6 - 155 = -256,6 \text{ кЖ / кг}$$

$$\Delta_{IV} = -156,1 \text{ кЖ / кг}$$

$$\Delta_{III} = -152 \text{ кЖ / кг}$$

$$\Delta_{II} = -146 \text{ кЖ / кг}$$

$$\Delta_I = -147,4 \text{ кЖ / кг}$$

$$\sum \Delta = -858,1 \text{ кЖ / кг}$$

I – x диаграммада қуритиш жараёнини тасвирлаш. Маълум температура ва нисбий намлик t_0 , ϕ_0 , t_2 , ϕ_2 лар бўйича қуритиш жараёнининг A ва C_1 , яъни ҳавонинг кириш

ва чиқишдаги ҳолатини характерловчи нуқталарини топамиз (3.42-расм). Ўзгармас нам сақлаш чизиғи $x_2^1 = 10,92 \text{ г/кг}$ ўзгармас температура $t_2^1 = 32^\circ \text{C}$ чизиғи билан кесишган нуқта C_1 ни, яъни қуриткич 1-зонасидан чиқишда ҳаво параметрларини характерловчи ҳолатдир. Худди шундай тегишли зоналардан чиқишда ҳавонинг параметрларини характерловчи C_2, C_3, C_4 нуқталарни топамиз. Сўнг, назарий қуритиш жараёнини кураимиз. C_1 нуқтадан $I=\text{const}$ чизиғини $x_0=\text{const}$ чизиғи билан кесишгунча ўтказамиз. Натижада, лентали қуриткичнинг 1-зонаси учун назарий қуритиш жараёнини ифодаловчи AB_1C_1 чизиғини оламиз. 1-зонада ишлатилган иссиқлик элткич 2-зона калориферига узатилади. Шунинг учун, C_2 нуқтадан $I=\text{const}$ чизиғини $x_2^1=\text{const}$ чизиғи билан кесишгунча ўтказамиз. Қуриткичнинг 2-зонаси учун назарий қуритиш жараёнини $C_1B_2C_2$ чизиқ ифодалайди. Худди шундай бошқа зоналар учун ҳам назарий қуритиш жараёнини кураимиз.

Ҳақиқий қуритиш жараёнини қуриш учун ҳар бир зонада ҳақиқий жараён назарийдан қанча фарқланганини аниқлаш учун (3.298) формула ёрдамида тегишли кесма ўлчамини ҳисоблаймиз:

Биринчи зона учун:

$$C_1C_1' = \frac{\Delta}{l \cdot M_1} = \frac{147,4}{24,8 \cdot 0,84} = 7,1 \text{ мм} \quad (3.298)$$

Диаграмма энтальпия ўқи бўйича масштаб $M_I=0,84 \text{ кЖ/кг куруқ ҳаво}$. Худди шундай қилиб, бошқа зоналар учун ҳам кесмалар:

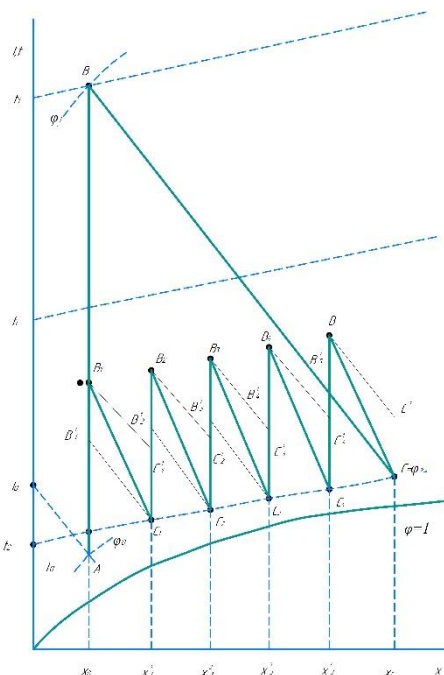
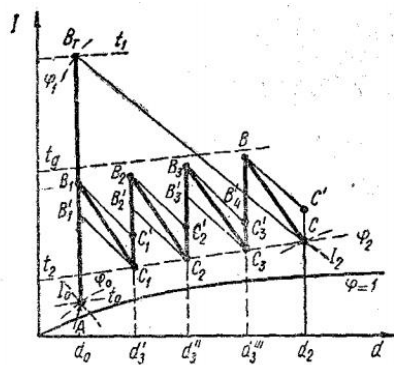
$$C_2C_2' = 7,02 \text{ мм}$$

$$C_3C_3' = 7,3 \text{ мм}$$

$$C_4C_4' = 7,5 \text{ мм}$$

$$CC' = 12,35 \text{ мм}$$

ўлчамларини аниқлаймиз.



3.42. Қуритиш жараёнининг I-x диаграммада тасвири.

Қуриткичнинг ҳамма зоналари учун $\Delta < 0$ бўлгани учун CC' кесмаларни тегишли (C_1, C_2 , ва x_0) нуқталардан тепага қўямиз ва $C_1', C_2', C_3', C_4', C'$ нуқталарни оламиз. C_1' нуқтадан $I=\text{const}$ чизиғини $x_0=\text{const}$ чизиғи билан кесишгунча ўтказамиз. Ҳосил бўлган B_1 нуқта 1-зона калориферидан чиқаётган ҳаво ҳолатини билдиради. B_1 нуқтани C_1 билан бирлаштириб, B_1C_1 тўғри чизиғини оламиз. AB_1C_1 чизиқ 1-зонада ҳақиқий қуритиш жараёнини ифодалайди. Худди шундай қилиб бошқа зоналар учун ҳам ҳақиқий қуритиш жараёнини кураимиз.

Лентали қуриткичда кечаётган ҳақиқий қуритиш жараёни $AB_1C_1B_2C_2B_3C_3B_4C_4B_5C_5$ синиқ чизиқ билан ифодаланади. $I-x$ диаграммада қуритиш жараёнини қуриб, ҳар бир зонада нам ҳавонинг асосий параметрларини топиш мумкин.

Иссиқлик сарфи. Ҳар бир зона учун иссиқликнинг солиштира сарфини ҳисоблаймиз:

$$q_1 = \frac{(65,7 - 42,1) \cdot 1000}{2,02} = 11690 \text{ кЖ / соат}$$

$$q_2 = \frac{(83 - 60,2) \cdot 1000}{3,23} = 7080 \text{ кЖ / соат}$$

$$q_3 = \frac{(111 - 77) \cdot 1000}{8,05} = 4220 \text{ кЖ / соат}$$

$$q_4 = \frac{(148 - 105) \cdot 1000}{12,9} = 3340 \text{ кЖ / соат}$$

$$q_5 = \frac{(186 - 141) \cdot 1000}{14,1} = 3190 \text{ кЖ / соат}$$

Қуриткич учун иссиқликнинг солиштира сарфини аниқлаймиз:

$$q_{\text{кал}} = 24,8 \cdot (176 - 42,1) + 858,1 = 4178 \text{ кЖ / соат}$$

Зоналар бўйича умумий иссиқлик сарфини топамиз:

$$Q_1 = q_1 \cdot W_1 = 11690 \cdot 4,05 = 47344,05 \text{ кЖ / соат}$$

$$Q_2 = q_2 \cdot W_2 = 7080 \cdot 6,48 = 45878,4 \text{ кЖ / соат}$$

$$Q_3 = q_3 \cdot W_3 = 4220 \cdot 16,2 = 68364 \text{ кЖ / соат}$$

$$Q_4 = q_4 \cdot W_4 = 3340 \cdot 25,92 = 86572,8 \text{ кЖ / соат}$$

$$Q_5 = q_5 \cdot W_5 = 3190 \cdot 28,35 = 90436,5 \text{ кЖ / соат}$$

Иссиқлик умумий қиймати $Q = 338595,45 \text{ кЖ / соат}$.

Текшириш учун лентали қуриткич учун иссиқлик умумий сарфини солиштира иссиқлик сарфи асосида ҳисоблаймиз:

$$Q = 4178 \cdot 81 = 338596 \text{ кЖ / соат}$$

Калорифер ҳисоби. СПК қуриткичлар учун қовурғали трубалардан ясалган калориферлар қўлланилади. Калориферга кираётган буғ босими 0,3...0,8 МПа.

Ҳар бир зона учун калориферда сарфланган буғ миқдорини топамиз. Буғ босим 0,4 МПа, унга 142,9°C тўғри келади.

I зона:

$$t_0^I = 20^\circ \text{C}$$

$$t_1^I = 43^\circ \text{C}$$

$$t_6^I = 142,9^\circ \text{C}$$

Ўртача температуралар фарқи:

$$t_o - 20 = 122,9^\circ C$$

$$t_m = 142,9 - 43 = 99,9^\circ C$$

$$t_{yp}^I = \frac{122,9 - 99,9}{2,31lg \frac{122,9}{99,9}} = 111^\circ C$$

II зона:

$$t_o^{II} = 32^\circ C$$

$$t_1^{II} = 54^\circ C$$

Ўртача температуралар фарқи:

$$t_{yp}^{II} = 99^\circ C$$

III зона:

$$t_o^{III} = 40^\circ C$$

$$t_1^{III} = 73^\circ C$$

Ўртача температуралар фарқи:

$$t_{yp}^{III} = 86^\circ C$$

IV зона:

$$t_o^{IV} = 47^\circ C$$

$$t_1^{IV} = 88^\circ C$$

Ўртача температуралар фарқи:

$$t_{yp}^{IV} = 73,5^\circ C$$

V зона:

$$t_o^V = 50^\circ C$$

$$t_1^V = 97^\circ C$$

Ўртача температуралар фарқи:

$$t_{yp}^V = 67^\circ C$$

Калорифер учун иссиқлик ўтказиш коэффициенти:

$$K = 10,23 \cdot \nu_{\kappa}^{0,48} = 10,23 \cdot 0,057^{0,48} = 2,58 \text{ Bm}/(m^2 \cdot K) \quad (3.299)$$

бу ерда ν_{κ} -калориферда ҳавонинг тезлиги, м/с.

Эркин юзани калорифер кўндаланг кесимининг ярмига тенг деб қабул қиламиз. Калорифернинг иссиқлик алмашилиш юзани ҳар бир зона учун аниқлаймиз:

$$F_1 = \frac{Q \cdot 10^3}{3600 \cdot \Delta t_{yp} \cdot K} = \frac{47344,05 \cdot 10^3}{3600 \cdot 111 \cdot 2,58} = 45,9 \text{ м}^2$$

$$F_2 = \frac{Q \cdot 10^3}{3600 \cdot \Delta t_{yp} \cdot K} = \frac{45878,4 \cdot 10^3}{3600 \cdot 99,5 \cdot 2,58} = 49,6 \text{ м}^2$$

$$F_3 = \frac{Q \cdot 10^3}{3600 \cdot \Delta t_{yp} \cdot K} = \frac{68364 \cdot 10^3}{3600 \cdot 86 \cdot 2,58} = 85,5 \text{ м}^2$$

$$F_4 = \frac{Q \cdot 10^3}{3600 \cdot \Delta t_{yp} \cdot K} = \frac{85672,8 \cdot 10^3}{3600 \cdot 73,5 \cdot 2,58} = 125,5 \text{ м}^2$$

$$F_5 = \frac{Q \cdot 10^3}{3600 \cdot \Delta t_{yp} \cdot K} = \frac{85672,8 \cdot 10^3}{3600 \cdot 67 \cdot 2,58} = 145,3 \text{ м}^2$$

Умумий иситиш юзаси 451 м² тенг. Калорифернинг иситиш бўйича ўрнатиш қуввати одатда 20% га ошириш тавсия этилади, яъни 541,2 м². Ҳар бир зонага юзаси 140 м² тенг СПК-4Г-45 русумли умумий иссиқлик алмашиниш юзаси 700 м² ли калориферлар ўрнатилади.

Ҳар бир зона учун буғ сарфи:

$$D_1 = \frac{Q_1}{i_n - c_k \cdot t_k} = \frac{47344,05}{2744 - 601,1} = 22,09 \text{ кг / соат}$$

$$D_2 = 21,4 \text{ кг / соат}$$

$$D_3 = 31,9 \text{ кг / соат}$$

$$D_4 = 39,9 \text{ кг / соат}$$

$$D_5 = 42,2 \text{ кг / соат}$$

Буғнинг умумий сарфи $D = 157,49 \text{ кг / соат}$

Вентилятор ҳисоби. Лентали куруткичнинг пастки лентасидаги қатлам гидравлик қаршилиги ушбу формуладан топамиз:

$$\Delta P = h_o \cdot \rho_n \cdot g = 0,036 \cdot 365 \cdot 9,81 = 130 \text{ Н / м}^2 \quad (3.300)$$

бу ерда ρ_n - тўкма зичлик, кг/м³.

Бешта лентадаги материал қаршилиги 650 Н/м² тенг бўлади. Вентилятор қуввати ушбу формуладан аниқланади:

$$N = \frac{909,49 \cdot 650}{3600 \cdot 1000 \cdot 0,5} = 0,32 \text{ кВт}$$

СПК-4Г-45 ускунаси иккита 06-320-№7 русумли ўқли вентилятор билан жиҳозланади ва улар мўътадил иш режимини таъминлайди.

3.14. Пневматик труба-куруткич ҳисоби

Бошланғич маълумотлар. Нам материал бўйича унумдорлик $G_1=700 \text{ кг/с}$ (0,19 кг/с); нам материалнинг бошланғич нам сақлаши $W_1=0,1 \text{ кг/кг}$; нам материалнинг охириги нам сақлаши $W_2=0,01 \text{ кг/кг}$; иссиқ ҳавонинг бошланғич температураси $t_1=300^\circ\text{C}$; иссиқ ҳавонинг охириги температураси $t_2=100^\circ\text{C}$; нам материалнинг куруткичга киришдаги температураси $\theta_1=15^\circ\text{C}$; материал зичлиги $\rho=1940 \text{ кг/м}^3$.

Заррача эквивалент диаметри $d_z=0,9 \text{ мм}$, заррача максимал ўлчами $d_m=1,2 \text{ мм}$; заррачанинг шакл омили $\psi=0,7$. Материалнинг солиштирма иссиқлик сиғими $c_m=1200 \text{ Ж/(кг} \cdot \text{К)}$.

Ечиш: Буғлатилган намлик миқдори эса, ушбу тенгламадан ҳисоблаб аниқланади:

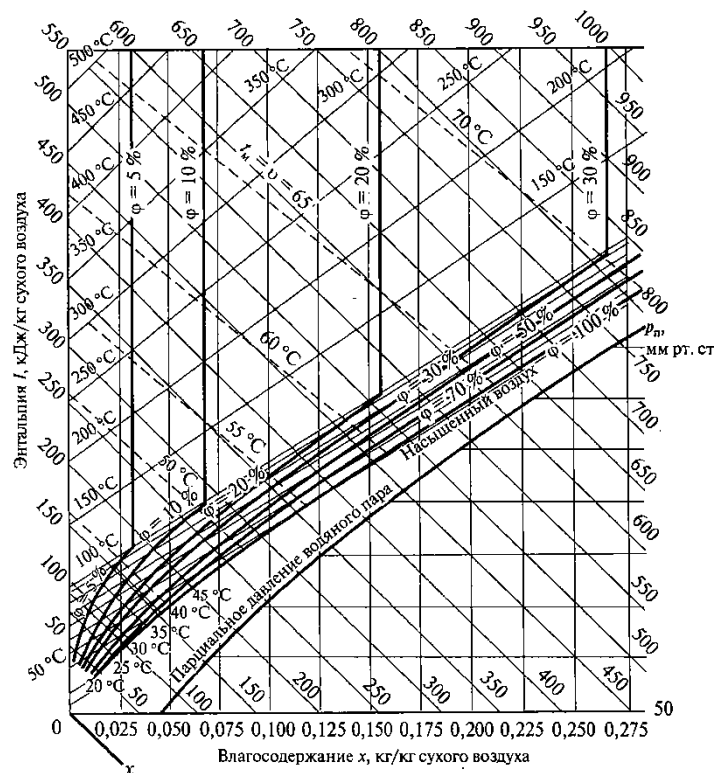
$$W = G_1 \cdot \frac{W_1 - W_2}{1 - W_2} = 700 \cdot \frac{0,1 - 0,01}{1 - 0,01} = 63,6 \text{ кг/с}$$

Куруқ модда бўйича куруткич унумдорлиги:

$$G_2 = G_1 - W = 700 - 63,6 = 636,4 \text{ кг/с}$$

Температураси $t=18^\circ\text{C}$ ва нисбий намлиги 75% бўлган ҳавонинг нам сақлаши $x_0=0.01$ кг намлик/кг куруқ ҳаво ва энтальпияси $I = 45$ кЖ/кг куруқ ҳавони I - x диаграммадан топамиз.

Температураси $t_1=300^\circ\text{C}$ гача қиздирилган ҳавонинг энтальпияси $I_1 = 350$ кЖ/кг куруқ ҳаво (3.42а-расм).



3.42а-расм. Юқори температура ва нам сақлашда нам ҳавонинг ҳолат диаграммаси I - x .

Калориферда иситилаётган ҳаво ёпиқ қурилмада кечаётгани учун унга кириш ва чиқишдаги нам сақлаши бир хилдир, яъни $x_1 = x_0 = 0.01$.

Иссиклик оқимларини аниқлаймиз:

– нам материални иситиш учун

$$Q_1 = (G_2 c_m + W c_w) \cdot (t_m - \theta_n) = \left(\frac{636,4}{3600} \cdot 1200 + \frac{63,6}{3600} \cdot 4190 \right) \cdot (50 - 15) = 10010 \text{ Вт}$$

– намликни буғлатиш учун

$$Q_2 = W r_n = \frac{63,6}{3600} \cdot 2,38 \cdot 10^6 = 42047 \text{ Вт}$$

бу ерда $t_m = 50^\circ\text{C}$ да $r_n = 2,38 \cdot 10^6$ Ж/кг.

– қурилган материални иситиш учун

$$Q_3 = G_2 c_m (\theta_k - t_m) = \frac{636,4}{3600} \cdot 1200 \cdot (80 - 50) = 6366 \text{ Вт}$$

бу ерда, θ_k – қурилмадан чиқишда материалнинг температураси ундан чиқаётган иссиқ ҳавонинг температурасидан 20% кам деб қабул қилинади (одатда, 10..30% оралиқда тавсия этилади).

– иссиқлик оқимларининг йиғиндиси:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 10010 + 42047 + 6366 = 58423 \text{ Вт}$$

Қуритиш юзаси ушбу формуладан топилади:

$$F_c = \frac{6 G_2}{d_3 \rho_m} = \frac{6 \cdot 636,4}{3600 \cdot 0,0009 \cdot 1940} = 0,60 \text{ м}^2/\text{с}$$

Рейнольдс ва Архимед критерийларини ҳисоблаймиз:

$$\text{Re} = \frac{\sqrt{367 + K_\phi \cdot \text{Ar}} - \sqrt{367}}{0,588 \cdot K_\phi} = \frac{\sqrt{367 + 4 \cdot 36486} - \sqrt{367}}{0,588 \cdot 4} = 154$$

$$\text{Ar} = \frac{g d_m^3 \rho_m \rho}{\mu^2} = \frac{9,81 (1,2 \cdot 10^{-3})^3 1940 \cdot 0,75}{(26 \cdot 10^{-6})^2} = 36486$$

Заррачаларнинг учиб чиқиш тезликларини аниқлаймиз:

$$w_\phi = \frac{\text{Re} \cdot \mu}{d_3 \cdot \rho} = \frac{154 \cdot 26 \cdot 10^{-6}}{0,9 \cdot 10^{-3} \cdot 0,75} = 5947 \cdot 10^{-3} = 5,9 \text{ м/с}$$

Иссиқ ҳаво тезлигини қуйидагича қабул қиламиз:

$$w_z = 1,7 \cdot w_\phi = 1,7 \cdot 5,9 = 10,0 \text{ м/с}$$

Нам сақлаш x_2 топиш учун қуриткичнинг ички иссиқлик балансини ҳисоблаймиз:

$$\Delta = c_{ж} \theta_1 + q_{дон} - (q_m + q_{м} + q_{II}). \quad (3.301)$$

Бизнинг мисол учун $q_{II} = 0$ (атроф-муҳитга иссиқликнинг йўқотилиши инobatга олинмаган).
Унда $\Delta = 4,5 \cdot 15 - 780,4 = -713 \text{ кЖ/кг}$,

бу ерда,

$$q_m = \frac{G_2 c_m (\theta_2 - \theta_1)}{W} = \frac{636,4 \cdot 1,2 \cdot (80 - 15)}{63,6} = 780,4 \text{ кЖ/кг намлик}$$

Ишлатиб бўлинган иссиқ ҳавони аниқлаш учун **I-x** диаграммада қуритиш жараёнининг ишчи чизиғини қурамиз. Бунинг учун ҳавонинг нам сақлаши параметрининг исталган қиймати, масалан $x = 0,075$ га тегишли энтальпия қийматини ушбу тенгламадан аниқланади:

$$I = I_1 + \Delta \cdot (x - x_1) = 350 - 713 \cdot (0,075 - 0,01) = 303,7 \text{ кЖ/кг}$$

I-x диаграммада қуйидаги координаталар икки нукта (3.42а-расм) : $x_1 = 0,01$ кг/кг, $I_1 = 350$ кЖ/кг и $x = 0,07$ кг/кг, $I = 304$ кЖ/кг координаталар орқали ишлатиб бўлинган ҳаво иссиқ температураси $t_2 = 100^\circ\text{C}$ билан кесушгунга қадар чизик ўтказамиз. Ушбу чизикнинг $t_2 = 100^\circ\text{C}$ билан кесишган нуктаси қуриткичдан чиқишдаги ҳавонинг охириги нам сақлаши $x_2 = 0,08$ ни беради.

Нам материални қуритишга зарур иссиқ ҳаво сарфи қуйидагича топилади:

$$L = \frac{W}{(x_2 - x_1)} = \frac{63,6}{(0,08 - 0,01)} = 908,6 \text{ кг/с} = 0,25 \text{ кг/с}$$

Қуриткичдан чиқишда ҳавонинг ҳажмий сарфи:

$$V_z = \frac{L(1+\bar{x})}{\bar{\rho}} = \frac{0,25 \cdot (1+0,033)}{0,779} = 0,331 \text{ м}^3/\text{с} \quad (3.302)$$

бу ерда $\bar{x} = \frac{x_2 - x_1}{\ln\left(\frac{x_2}{x_1}\right)} = \frac{0,08 - 0,01}{\ln\left(\frac{0,08}{0,01}\right)} = 0,033;$ $\bar{t} = \frac{t_i - t_e}{\ln\left(\frac{t_i}{t_e}\right)} = \frac{300 - 100}{\ln\left(\frac{300}{100}\right)} = 180^\circ\text{C}$

бу ерда $\bar{\rho} = 0,779$ кг/м³.

Унда труба диаметри:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V_z}{\pi \cdot w_z}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,331}{3,14 \cdot 10}} = 0,2 \text{ м}$$

Труба диаметрини $D=0,2$ м деб қабул қилиб, ундаги ҳавонинг ҳақиқий тезлигини аниқлаймиз:

$$w_z = \frac{4 \cdot v_z}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 0,331}{3,14 \cdot 0,2^2} = 10,5 \text{ м/с}$$

Тезликни ошириш участка узунлигини ҳисоблаб топиш учун зарур параметрларни аниқлаймиз.

Газ фазасига нисбатан заррачалар тезлигини В.М.Ульянов томонидан келтириб чиқарилган формула ёрдамида ҳисоблаш мумкин:

$$\text{Re} = \frac{w_{\text{дог}} \cdot d_y \cdot \rho}{\mu} = \frac{\sqrt{367 + K_\phi \cdot Ar \cdot \varepsilon^{4,75}} - \sqrt{367}}{0,588 \cdot K_\phi}$$

бу ерда $d_y = 0,9$ мм бўлганда, $Ar = 15400$, $K_\phi = 4$.

«Газ-қаттиқ жисм» оқимининг нисбий ғоваклилиги:

$$\varepsilon = \frac{v_z}{v_z + v_m} = \frac{0,331}{0,331 + 0,0001} \approx 1$$

Қаттиқ жисм (материал) ҳажми сарфи:

$$V_m = \frac{700 \text{ кг/ч}}{1940 \text{ кг/м}^3} = 0,36 \text{ м}^3/\text{ч} = 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$$

Унда

$$w_{отн} = \frac{26 \cdot 10^{-6}}{0,75 \cdot 0,0009} \cdot \frac{\sqrt{367 + 4 \cdot 15400 \cdot 1^{4,75}} - \sqrt{367}}{0,588 \cdot 4} = 3,7 \text{ м/с}$$

Заррачалар тезлиги $w_3 = w_2 - w_{отн} = 10,5 - 3,7 = 6,8 \text{ м/с}$

Тезликни ошириш участкаси учун бошланғич тезлик: $w_{3б} = 0,$

охиргиси $w_{3о} = 0,95 \cdot w_3 = 0,95 \cdot 6,8 = 6,5 \text{ м/с}$ га тенг бўлади.

Заррачаларнинг нотурғун ҳаракат участкасининг баландлиги ушбу формуладан ҳисобланади:

$$l_p = \frac{w_{отн}}{2g} \cdot \left[(w_2 + w_{отн}) \ln \frac{w_{чк} - w_2 - w_{отн}}{w_{чн} - w_2 - w_{отн}} - (w_2 - w_{отн}) \cdot \ln \frac{w_{чк} - w_2 + w_{отн}}{w_{чн} - w_2 + w_{отн}} \right] \quad (3.303)$$

$$= \frac{3,7}{2 \cdot 9,81} \cdot \left[(10,5 + 3,7) \cdot \ln \frac{6,5 - 10,5 - 3,7}{0 - 10,5 - 3,7} - (10,5 - 3,7) \cdot \ln \frac{6,5 - 10,5 + 3,7}{0 - 10,5 + 3,7} \right] = 2,35 \text{ м}$$

Тезликни ошириш участкасида газ фазасига нисбатан заррачанинг ўртача тезлигини аниқлаймиз:

$$w_{отн} = \frac{w_2 + w_{отн}}{2} = \frac{10,5 + 3,7}{2} = 7,1 \text{ м/с}$$

Тезликни ошириш участкасида заррачанинг ўртача тезлиги:

$$w_3 = w_2 - w_{отн.p} = 10,5 - 7,1 = 3,4 \text{ м/с}$$

Заррачалар тезлигини ошириш вақтини топамиз:

$$\tau_p = \frac{l_p}{w_{3p}} = \frac{2,35}{3,4} = 0,69 \text{ с}$$

Тезликни ошириш ва турғун участкаларда икки фазали оқимнинг гидродинамик режимлари турлича бўлгани учун ҳар бир участкага тегишли иссиқлик бериш коэффициентларини ҳисоблаймиз:

– тезликни ошириш участкаси учун:

$$\alpha_p = \frac{Nu_p \cdot \lambda}{d_3} = \frac{8,9 \cdot 3,78 \cdot 10^{-2}}{0,0009} = 373,8 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

бу ерда

$$Nu_p = 2 + 0,51 \text{ Re}^{0,52} \cdot \text{Pr}^{0,33} = 2 + 0,51 \cdot \left(\frac{w_{отн.p} \cdot d_3 \cdot \rho}{\mu} \right)^{0,52} \cdot \left(\frac{c \cdot \mu}{\lambda} \right)^{0,33} = \quad (3.304)$$

$$= 2 + 0,51 \cdot \left(\frac{7,1 \cdot 0,0009 \cdot 0,75}{26 \cdot 10^{-6}} \right)^{0,52} \cdot \left(\frac{1060 \cdot 26 \cdot 10^{-6}}{3,7 \cdot 10^{-2}} \right)^{0,33} = 8,9$$

– тезлиги турғун участка учун:

$$\alpha_p = \frac{Nu_{cm} \cdot \lambda}{d_3} = \frac{6,93 \cdot 3,78 \cdot 10^{-2}}{0,0009} = 340,2 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

бу ерда

$$\begin{aligned} Nu_{\dot{m}} &= 2 + 0,51 Re^{0,52} \cdot Pr^{0,33} = 2 + 0,51 \cdot \left(\frac{w_{\dot{m}} \cdot d_3 \cdot \rho}{\mu} \right)^{0,52} \cdot \left(\frac{c \cdot \mu}{\lambda} \right)^{0,33} = \\ &= 2 + 0,51 \cdot \left(\frac{3,7 \cdot 0,0009 \cdot 0,75}{26 \cdot 10^{-6}} \right)^{0,52} \cdot \left(\frac{1060 \cdot 26 \cdot 10^{-6}}{3,78 \cdot 10^{-2}} \right)^{0,33} = 6,93 \end{aligned}$$

Тезлиги турғун участка узунлиги тезликни ошириш участкасига қараганда 10 баробар катта, яъни $n=10$ бўлгани учун ўртача иссиқлик бериш коэффициентини α ни топамиз:

$$\alpha = \frac{\alpha_p + 10 \cdot \alpha_{cm}}{1 + 10} = \frac{373,8 + 10 \cdot 291}{11} = 298,5 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)} \quad (3.305)$$

Қуритиш давомийлигини ҳисоблаб аниқлаш учун ўртача иссиқлик бериш коэффициентини 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

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\mu}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\mu}}} = \frac{285 - 20}{\ln \frac{285}{20}} = 99,6^{\circ} \text{С}$$

Материалнинг тезлиги турғун участкада бўлиш вақти ушбу тенгламадан аниқланади:

$$\tau_{cm} = \tau - \tau_p = 3,8 - 0,69 = 3,11 \text{ с.} \quad (3.306)$$

Тезлиги турғун участка узунлигини ушбу формуладан ҳисоблаймиз:

$$l_{cm} = (w_z - w_{omn}) \cdot \tau = (10,5 - 3,7) \cdot 3,11 = 21 \text{ м} \quad (3.307)$$

Қуритиш трубагининг умумий узунлигини қуйидаги формуладан топамиз:

$$l = l_p + l_{cm} = 2,35 + 21 = 23,35 \text{ м} \quad (3.308)$$

$l = 24 \text{ м}$ деб қабул қиламиз.

Труба қуриткичнинг гидравлик қаршилиги

Труба қуриткичга ҳавонинг кириши ва чиқишида маҳаллий қаршилик коэффициенти $\xi = 0,2$. Труба абсолют ғадир-будурлиги $\Delta = 0,2 \text{ мм}$.

Труба деворининг нисбий ғадир-будурлигини аниқлаймиз:

$$\varepsilon = \frac{\Delta}{D} = \frac{0,2}{200} = 0,001 \quad (3.309)$$

Рейнольдс критерийси

$$Re = \frac{w_a \cdot D \cdot \rho}{\mu} = \frac{10,5 \cdot 0,2 \cdot 0,75}{26 \cdot 10^{-6}} = 60614$$

$(10/\varepsilon) < Re < (560/\varepsilon)$, яъни аралаш ишқаланиш соҳаси бўлгани учун λ_{mp} ни ушбу формуладан фойдаланамиз:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_{mp}}} = -2 \cdot \lg \left[0,27 \cdot \varepsilon + \left(\frac{6,81}{Re} \right)^{0,9} \right] = -2 \cdot \lg \left[0,27 \cdot 0,001 + \left(\frac{6,81}{60614} \right)^{0,9} \right];$$

(3.310)

$$\lambda_{mp} = 0,0235$$

Энди, $\Delta P_1, \Delta P_2, \Delta P_3, \Delta P_4, \Delta P_5$ ларнинг сон қийматларини топамиз:

$$\Delta P_1 = \lambda_{mp} \frac{l}{D} \frac{\rho w_z^2}{2} + \sum \xi_i \frac{\rho w_{zi}^2}{2} = 0,0235 \cdot \frac{24}{0,2} \cdot \frac{0,75 \cdot 10,5^2}{2} + \frac{2 \cdot 0,2 \cdot 0,75 \cdot 10,5^2}{2} = 133 \text{ Па}$$

$$\Delta P_2 = \frac{G_{cp} \cdot g l}{w_z F_{mp}} = \frac{\frac{700+630}{2 \cdot 3600} \cdot 9,81 \cdot 24}{10,5 \cdot 0,03} = 138 \text{ Па}$$

$$\Delta P_3 = \frac{G_{cp} (w_{чк} - w_{чн})}{F_{mp}} = \frac{700+630}{2 \cdot 3600} \cdot (6,5 - 0) \cdot \frac{1}{0,03} = 40 \text{ Па}$$

$$\Delta P_4 = (p + \Delta p) \cdot g \cdot l = (0,75 - 0,46) \cdot 9,81 \cdot 24 = 68,2 \text{ Па}$$

бу ерда $\Delta p = 0,75 - 1,21 = -0,46$.

$$\Delta P_5 = \rho_m g \cdot l \cdot \chi = 1940 \cdot 9,81 \cdot 24 \cdot 7,6 \cdot 10^{-4} = 347 \text{ Па}$$

бу ерда

$$\chi = \frac{\mu_m \cdot i \cdot \rho}{\rho_m} = \frac{1,001 \cdot 1,974 \cdot 0,75}{1940} = 7,6 \cdot 10^{-4}$$

Труба қуриткичнинг умумий гидравлик қаршилиги:

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4 + \Delta P_5 = 133 + 138 + 40 + 68,2 + 347 = 726 \text{ Па}$$

3.15. Барабанли гранулятор-қуриткични ҳисоби

Карбамид гранулаларини олиш учун қуйидаги маълумотлар асосида барабанли гранулятор-қуриткич ҳисоблансин.

Бошланғич маълумотлар:

$$\begin{aligned}
G &= 30 \text{ м/с}; & \varepsilon &= m = 0,65; \\
t_1 &= 450^\circ\text{C}; & D &= 0,7 \text{ мм}; \\
t_2 &= 100^\circ\text{C}; & Z &= 40; \\
W_1 &= 24\%; & V_1 &= 2,4 \text{ м/с}; \\
W_2 &= 1,2\%; & V_e &= 0,21 \text{ м/с}; \\
W_{kp} &= 4\%; & t_n &= 85^\circ\text{C}; \\
& & t_{mm} &= 80^\circ\text{C};
\end{aligned}$$

Ечиш: Иссиқлик элткич температура напорини аниқлаш:

$$\Delta T = t_1 - t_2 = 450 - 100 = 350^\circ\text{C}$$

Курилма кўндаланг кесимига намлик бўйича кучланишни ҳисоблаймиз:

$$A_F = 0,49\Delta T + 200 = 0,49 \cdot 350 + 200 = 371 \text{ кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{сoат}) \quad (3.311)$$

Тайёр маҳсулот унумдорлиги бўйича курилмада буғлатилган намликнинг умумий миқдорини аниқлаймиз:

$$Q_0 = G_{np} \cdot \frac{W_1 - W_2}{100 - W_1} = 30 \cdot \frac{24 - 1,2}{100 - 24} = 9 \text{ м/сoат}$$

Курилма диаметрини топамиз:

$$D = \sqrt{\frac{Q_0}{0,785A_F}} = \sqrt{\frac{9 \cdot 10^3}{0,785 \cdot 371}} = 5,5 \text{ м}$$

Модификациялашган Фруд критерийсининг қийматини $Fr_{onm}=0,022$ деб қабул қилиб курилма айланиш частотасини ҳисоблаймиз:

$$n = \frac{60}{\pi} \sqrt{Fr_{onm} \cdot \frac{g}{D}} = \frac{60}{3,14} \sqrt{\frac{0,022 \cdot 9,8}{5,5}} = 3,8 \text{ айл/мин} \quad (3.312)$$

Пульпани пуркаш фавворасининг узунлигини топамиз:

$$\frac{L_\phi}{D} = 0,44 \left(\frac{P}{P_0} \right)^{0,9} \left(\frac{V_m}{V_e} \right)^{0,29} \left(\frac{G_m}{G_n} \right)^{-0,1} \quad (3.313)$$

$$\frac{L_\phi}{D} = 0,44 \cdot \left(\frac{2}{1} \right)^{0,9} \cdot \left(\frac{2,4}{0,21} \right)^{0,29} \cdot \left(\frac{66,7}{31,7} \right)^{-0,1} \quad (3.314)$$

$$\frac{L_\phi}{D} = 0,44 \cdot 1,86 \cdot 2,02 \cdot 0,93 = 1,54 \quad (3.315)$$

$$L_\phi = 1,54 \cdot D = 1,54 \cdot 5,5 = 8,47 \text{ м} \quad (3.316)$$

Пульпани пуркаш зонасининг узунлигини $L_p=1$ м деб қабул қилиб кукун учиш зонасининг узунлигини аниқлаймиз:

$$L_3 = L_\phi - L_p = 8,47 - 1 = 7,47 \text{ м} \quad (3.317)$$

Қисман қуриштиш зонасида намликнинг камайиши:

$$W_c = G_{np} \cdot \frac{W_{kp} - W_2}{100 - W_{kp}} = 30 \cdot \frac{4 - 1,2}{100 - 4} = 0,875 \text{ м / соат}$$

Қисман қуриштиш зонасида иссиқликнинг сарфи:

$$Q_c = W_c (595 + 0,47t_2 - t_n)$$

$$Q_c = 0,875 \cdot 10^3 (595 + 0,47 \cdot 100 - 85) = 487,375 \cdot 10^3 \text{ ккал / с} \quad (3.318)$$

$$Q_c = 567 \cdot 10^3 \text{ Вт}$$

Қисман қуриштиш зонасининг узунлиги бўйича ўртача температура напори ушбу тенгламадан топилади:

$$\Delta t_d = \frac{(t_2' - t_n) - (t_2 - t_m)}{2,3 \lg \frac{t_2' - t_n}{t_2 - t_m}}$$

$$\Delta t_d = \frac{(120 - 85) - (100 - 80)}{2,3 \lg \left(\frac{120 - 85}{100 - 80} \right)} = 26,8^\circ \text{C}$$

Қисман қуриштиш зонасида ҳажмий иссиқлик бериш коэффициентини ушбу формуладан ҳисоблаб топилади:

$$\alpha_v = 1130 a \cdot \lambda_m \cdot n \cdot B \cdot (1 - m) \cdot \sqrt{\frac{(V_m^2 + V_d^2) \cdot D}{v}} \cdot \sqrt{\frac{1}{\delta_0^3}} \quad (3.319)$$

$$\alpha_v = 1130 \cdot 0,007 \cdot 35 \cdot 10^3 \cdot 3,8 \cdot 0,27 (1 - 0,65) \cdot \sqrt{\frac{(2,4^2 + 7,77^2) \cdot 5,5}{23 \cdot 10^{-6}}} \cdot \frac{1}{\sqrt{(1 \cdot 10^{-3})^3}}$$

$$\alpha_v = 97,5 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)}$$

Куракчадан заррачанинг ўртача тушиш баландлиги:

$$H_{cp} = 0,56 D = 0,56 \cdot 5,5 = 3,08 \text{ м} \quad (3.320)$$

Куракчадан заррачанинг тушиш тезлиги:

$$V_d = \sqrt{2gH_{cp}} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 3,08} = 7,77 \text{ м / с} \quad (3.321)$$

Куракчаларнинг маҳсулот қатлаидан чиқишда куракчадаги материал эгаллаб турган барабан қўндаланг кесимидаги юзаси ($\varepsilon=0,45$):

$$F_{\text{л}}^{\text{м}} = \frac{\varepsilon \cdot F}{Z} = \frac{0,45 \cdot 24}{40} = 0,27 \text{ м}^2 \quad (3.322)$$

$$F = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 5,5^2}{4} = 24 \text{ м}^2$$

Заррачаларнинг қурилма ишчи куракчаларидан тушиш жараёнида иссиқлик бериш инобатга олувчи коэффициентни ҳисоблаймиз:

$$\alpha = \frac{1}{1 + 0,31 \cdot \left(100 F_{\text{л}}^{\text{м}} + 0,55 \cdot \left(100 F_{\text{л}}^{\text{м}} \right)^2 \right)} \quad (3.323)$$

$$\alpha = \frac{1}{1 + 0,31 \cdot \left(100 \cdot 0,27 + 0,55 \cdot \left(100 \cdot 0,27 \right)^2 \right)} = \frac{1}{133,7} = 0,007$$

$$B = \frac{F_{\text{л}}^{\text{м}}}{D^2} \cdot Z \cdot \sqrt{\frac{H_{\text{ср}}}{D}} \quad (3.324)$$

$$B = \frac{0,27}{5,5^2} \cdot 40 \cdot \sqrt{\frac{3,08}{5,5}} = 0,009 \cdot 40 \cdot 0,75 = 0,27$$

Қисман қуритиш зонасининг ҳажми:

$$V_{\text{с}} = \frac{Q_{\text{с}}}{\alpha_{\text{в}} \cdot \Delta t_{\text{д}}} = \frac{567 \cdot 10^3}{97,5 \cdot 26,8} = 217 \text{ м}^3 \quad (3.325)$$

Унда, қисман қуритиш зонасининг узунлиги:

$$L_{\text{с}} = \frac{V_{\text{с}}}{F_{\text{с}}} = \frac{V_{\text{с}}}{0,785 D^2} = \frac{217}{0,785 \cdot 5,5^2} = 9,14 \text{ м} \quad (3.326)$$

Қурилманинг умумий узунлиги:

$$L_{\text{ош}} = L_{\text{р}} + L_{\text{з}} + L_{\text{с}} = 1 + 7,47 + 9,14 = 17,61 \text{ м} \quad (3.327)$$

Қурилма узунлигини $L_{\text{ум}}=18$ м деб қабул қиламиз.

Қуритишга кетадиган иссиқлик элткичнинг тўлиқ сарфи:

$$Q_{\text{м}} = \nu_{\text{м}} \cdot F_{\text{с}} = 2,4 \cdot 0,785 \cdot 5,5^2 = 57 \text{ м}^3 / \text{с} \quad (3.328)$$

3.16. Пурковчи қуриткич ҳисоби

Аммофосни қуритиш учун пурковчи қуриткич ҳисоблансин.

Қуритилган материал бўйича унумдорлиги - $G_2=12000$ кг/соат;

Бошланғич намлик - $W_1=34\%$;

Охирги намлик - $W_2=2\%$;

Заррача диаметри - $d=2$ мм;

Материал бошланғич температураси - $t_1= 20^\circ\text{C}$;

Материал охирги температураси	- $t_2=90^{\circ}\text{C}$;
Газ бошланғич температураси	- $t_3=350^{\circ}\text{C}$;
Газ охирги температураси	- $t_4=105^{\circ}\text{C}$;

Моддий баланс

Бўғлатилган намлик миқдори:

$$W = G_2 \cdot \frac{W_1 - W_2}{100 - W_2} = 3,33 \cdot \frac{34 - 2}{100 - 34} = 1,62 \text{ кг/с} = 5832 \text{ кг/соат}$$

бу ерда $G_2 = 12000/3600 = 3,33 \text{ кг/с}$

Қуритишга узатилаётган нам материал миқдори:

$$G_1 = G_2 + W = 3,33 + 1,62 = 1,71 \text{ кг/с}$$

Нам материалдаги намлик миқдори:

$$W_{\text{в.л.н}} = \frac{W_1 \cdot G_1}{100} = \frac{34 \cdot 1,71}{100} = 0,581 \text{ кг/с}$$

Қуритилган материалдаги намлик миқдори:

$$W_{\text{в.л.к}} = \frac{W_2 \cdot G_2}{100} = \frac{2 \cdot 3,33}{100} = 0,066 \text{ кг/с}$$

Жадвалдан қуриткич ҳажмининг намлик бўйича кучланиш коэффициентини танлаб, қуритиш камерасининг ҳажмини аниқлаймиз [4]:

$$V_k = \frac{W}{A} = \frac{5832}{10} = 583,2 \text{ м}^3$$

бу ерда $A=6-12 \text{ кг/}(\text{м}^3 \cdot \text{соат})$.

Олинган маълумотлар асосида жадвалдан қуйидаги параметрларга эга стандарт қуриткични танлаймиз [4]:

$$\begin{aligned} V_k &= 1470 \text{ м}^3 \\ D_k &= 12,5 \text{ м}^2 \\ H_k &= 12,0 \text{ м} \end{aligned}$$

Қуритиш камерасининг габарит ўлчамларини ушбу нисбатдан аниқлаймиз:

$$k = \frac{H_k}{D_k} = \frac{12}{12,5} = 0,96 \quad (3.329)$$

Ҳавонинг таҳминий тезлигини ушбу формуладан топиш мумкин:

$$w = 0,0127 \sqrt{W} = 0,0127 \sqrt{5832} = 0,97 \text{ м/с} \quad (3.330)$$

Қўтариловчи оқимли қуриткичларда ҳавонинг тезлиги заррачанинг учиб чиқиш тезлигидан кичик бўлиши даркор, яъни $w < w_{\text{уч}}$.

Учиб чиқиш тезлиги Стокс формуласидан топилади:

$$w_{yч} = \frac{gd^2(\rho_m - \rho)}{18\mu} = \frac{9,8 \cdot 0,002^2(2260 - 0,92)}{18 \cdot 35 \cdot 10^{-6}} = 6,8 \text{ м/с} \quad (3.331)$$

Ёқилғини ёниш жараёнининг ҳисоби

Ёқимғи сифатида Устюрт газ конидан чиқаётган табиий газни оламир.

3-22 жадвал

Қуруқ газ таркиби							
CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}	C_5H_{12}	CO_2	N_2	Сумма
94,0	1,2	0,7	0,4	0,2	0,2	3,3	100

Газ ёқиш жараёнида ҳавонинг оптикчалик сарф коэффициенти $\alpha = 1,2$.

Табиий газ таркибидаги намликни 1% деб қабул қиламиз. Қуруқ газ таркибини нам ишчи газга қайта ҳисоблаймиз:

$$CH_4^{61} = CH_4^c \cdot (100 - H_2O) / 100 = 94 \cdot (100 - 1) / 100 = 93\% \quad (3.332)$$

Табиий газ таркибига кирувчи бошқа компонентлар 3-23 жадвалда келтирилган

3-23 жадвал

Нам газ таркиби								Сумма
CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}	C_5H_{12}	CO_2	N_2	H_2O	Сумма
93.0	1.2	0.7	0.4	0.2	0.2	3.3	1	100

Газ ёнишида ҳосил бўладиган иссиқлик миқдорини Д.И.Менделеев формуласи ёрдамида аниқлаймиз.

$$Q_n^p = 358,2CH_4 + 637,5C_2H_6 + 912,5C_3H_8 + 1186,5C_4H_{10} + 1460,8C_5H_{12} = \quad (3.333)$$

$$= 358,2 \cdot 93,0 + 637,5 \cdot 1,2 + 912,5 \cdot 0,7 + 1186,5 \cdot 0,4 + 1460,8 \cdot 0,2 = 35485 \text{ кЖ/кг}$$

Назарий зарур қуруқ ҳаво миқдори ушбу усулда топилади:

$$L_0 = 0,0476 \cdot (2CH_4 + 3,5C_2H_6 + 5C_3H_8 + 6,5C_4H_{10} + 8C_5H_{12}) = \quad (3.334)$$

$$= 0,0476(2 \cdot 93,0 + 3,5 \cdot 1,2 + 5 \cdot 0,7 + 6,5 \cdot 0,4 + 8 \cdot 0,2) = 0,0476 \cdot 197,9 = 9,42 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

Атмосфера ҳавосининг нам сақлашини $x=10$ г/кг-қуруқ-ҳаво деб қабул қилиб, намлигини инобатга олган ҳолда назарий керак атмосфера ҳавосининг миқдорини ҳисоблаб топиш мумкин:

$$L'_0 = (1 + 0,0016 \cdot d) \cdot L_0 = (1 + 0,0016 \cdot 10) \cdot 9,42 = 9,57 \text{ м}^3 / \text{м}^3 \quad (3.335)$$

Сарф коэффициенти $\alpha=1,2$ бўлганда ҳавонинг ҳақиқий миқдори ушбу формуладан топилади:

$$L'_\alpha = \alpha \cdot L'_0 = 1,2 \cdot 9,42 = 11,30 \text{ м}^3 / \text{м}^3 \quad (3.336)$$

Атмосфера ҳавосининг ҳақиқий миқдори:

$$L'_\alpha = \alpha \cdot L'_0 = 1,2 \cdot 9,57 = 11,48 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

Ҳаво ортиқчалик сарф коэффициенти $\alpha = 1,2$ ёниш маҳсулотининг миқдори ва таркиби ушбу усулда аниқланади (C_4H_{10+5})

$$V_{CO_2} = 0,01 \cdot (CO_2 + CH_4 + 2C_2H_6 + 3C_3H_8 + 4C_4H_{10} + 5C_5H_{12}) = \\ = 0,01 \cdot (0,2 + 93,0 + 2 \cdot 1,2 + 3 \cdot 0,7 + 4 \cdot 0,4 + 5 \cdot 0,2) = 1,003 \text{ м}^3 / \text{м}^3 \quad (3.337)$$

$$V_{H_2O} = 0,01 \cdot (2CH_4 + 3C_2H_6 + 4C_3H_8 + 5C_4H_{10} + 6C_5H_{12} + H_2O + 0,16dL_\alpha) = \\ = 0,01 \cdot (2 \cdot 93,0 + 3 \cdot 1,2 + 4 \cdot 0,7 + 5 \cdot 0,4 + 6 \cdot 0,2 + 1 + 0,16 \cdot 10 \cdot 11,3) = 2,146 \text{ м}^3 / \text{м}^3 \quad (3.338)$$

$$V_{N_2} = 0,79L_\alpha + 0,01N_2 = 0,79 \cdot 11,3 + 0,01 \cdot 3,3 = 8,953 \text{ м}^3 / \text{м}^3 \quad (3.339)$$

$$V_{O_2} = 0,21(\alpha - 1)L_0 = 0,21 \cdot (1,2 - 1) \cdot 9,42 = 0,396 \text{ м}^3 / \text{м}^3 \quad (3.340)$$

Ёниш маҳсулотларининг умумий миқдори:

$$V_\alpha = 1,003 + 2,146 + 8,953 + 0,396 = 12,5 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

Ёниш маҳсулотларининг процент миқдорини топамиз:

$$CO_2 = V_{CO_2} \cdot 100 / V_\alpha = 1,003 \cdot 100 / 12,50 = 8,0\% \\ H_2O = V_{H_2O} \cdot 100 / V_\alpha = 2,146 \cdot 100 / 12,50 = 17,2\% \quad (3.341)$$

$$N_2 = V_{N_2} \cdot 100 / V_\alpha = 8,953 \cdot 100 / 12,50 = 71,6\%$$

$$O_2 = V_{O_2} \cdot 100 / V_\alpha = 0,396 \cdot 100 / 12,50 = 3,2\%$$

Олинган натижаларнинг ҳажмий кўрсаткичини массага ўтказиш учун ҳар бир компонентнинг зичлигига кўпайтирамиз. $\alpha = 1,2$ да 100 м^3 газ ёниш жараёни учун моддий баланс тузамиз.

Ёниш маҳсулотларининг иссиқлик сақлаши (ҳаво ва ёқилғини иситмасдан) ушбу тенгламадан топилади:

$$i_{ym} = \frac{Q_y}{V_\alpha} = \frac{35485}{12,5} = 2839 \text{ кЖ} / \text{м}^3 \quad (3.342)$$

Коэффициент $\eta_n = 0,75$ бўлганда ёнишнинг ҳақиқий температураси.

Иссиқлик сақлашнинг ҳисобланган кўрсаткичи:

$$i'_{ym} = i_{ym} \cdot \eta_n = 2839 \cdot 0,75 = 2129 \text{ кЖ} / \text{м}^3 \quad (3.343)$$

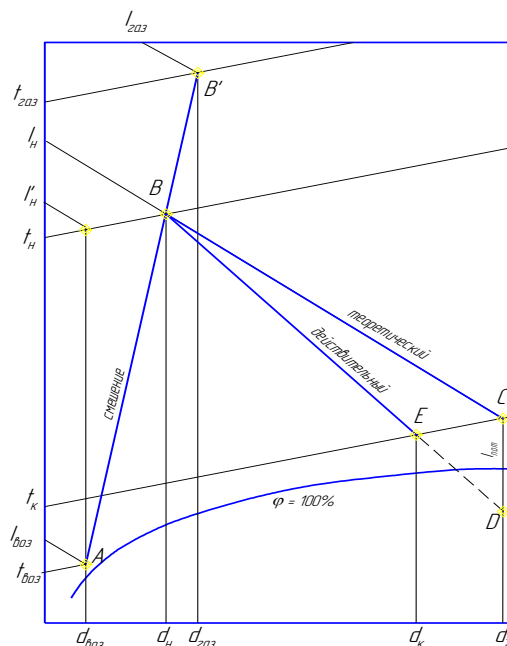
3-24 жадвал

Ёниш жараёнининг моддий баланси

Сарф	кг	%	Сарф	кг	%
Табиий газ			Ёниш маҳсулотлари		
$CH_4=93,0-0,717$	66,58	4,30	$CO_2=1,003 \cdot 100 \cdot 1,977$	198,50	12,83
$C_2H_6=1,2 \cdot 1,356$	1,63	0,11	$H_2O=2,146 \cdot 100 \cdot 0,804$	172,50	11,15
$C_3H_8=0,7 \cdot 2,02$	1,41	0,09	$N_2=8,953 \cdot 100 \cdot 1,251$	1120,63	72,40
$C_4H_{10}=0,4 \cdot 2,84$	1,13	0,07	$O_2=0,396 \cdot 100 \cdot 1,429$	56,50	3,65
$C_5H_{12}=0,2 \cdot 3,218$	0,64	0,04	Невязка	-0,51	-0,03
$CO_2=0,2 \cdot 1,977$	0,39	0,03			

$N_2=3,3 \cdot 1,251$	4,13	0,27			
$H_2O=1,0 \cdot 0,804$	0,80	0,05			
Ҳаво					
$O_2=100L_0\alpha_0,21\rho=$ $100 \cdot 9,42 \cdot 1,2 \cdot 0,21 \cdot 1,429$	339,22	21,92			
$N_2=100L_0\alpha_0,79\rho=$ $100 \cdot 9,42 \cdot 1,2 \cdot 0,79 \cdot 1,251$	1117,16	72,19			
$H_2O=0,16 \cdot 10 \cdot 11,3 \cdot 0,804$	14,53	0,94			
Жами	1547,62	100	Жами	1547,62	100

$\alpha=1,2$ бўлганда ($t_{действ.}=1360^\circ\text{C}$) $I-x$ диаграммадан ҳақиқий ёниш температурасини топамиз (3.43-расм).



3.43-расм. $I-x$ диаграммада назарий ва ҳақиқий қуриштиш жараёнларини тасвирлаш.

Назарий қуриштиш жараёнини қуриш учун иссиқлик элткичининг иккита параметри маълум: $t_n^{gaz}=350^\circ\text{C}$ и $d_n=29$ г/кг қур. ҳаво. Ушбу параметрлар ёрдамида қуриштиш жараёнининг бошланиш нуқтаси B топамиз. Қурилманинг ёниш ва аралаштириш камерасига узатилаётган атмосфера ҳавосининг бошланғич параметрлари $t_0=20^\circ\text{C}$ ва $d_o=d_{\text{ҳаво}}=10$ г/кг қур. ҳаво бўлган A нуқтани диаграммага қўямиз. Нукта A ва B нуқталарни тўғри чизик билан бирлаштирамиз. Бу чизик газнинг атмосфера ҳавоси билан аралашшини ифодалайди. B нуқтадан $I=\text{const}$ чизигига параллел $t_k=105^\circ\text{C}$ изотерма билан C нуқтада кесушгунча ўтказамиз. Ушбу нукта қуриткичдан чиқаётган газнинг охириги параметрлари ($I_n = I_k = 450$ кДж/кг) ни ифодалайди.

Қуриштиш қурилмасининг ёрдамчи жиҳозлари.

Ўтхона.

Ўтхоналар маълум бир ҳажмга эга ёпиқ камералар бўлиб, исталган турдаги ёкилғиларни ёқиш учун мўлжалланган. Ёниш камерасининг ҳажми жиҳознинг иссиқлик кучланиши q бўйича аниқлаш мумкин ва у катта ораликда ўзгаради.

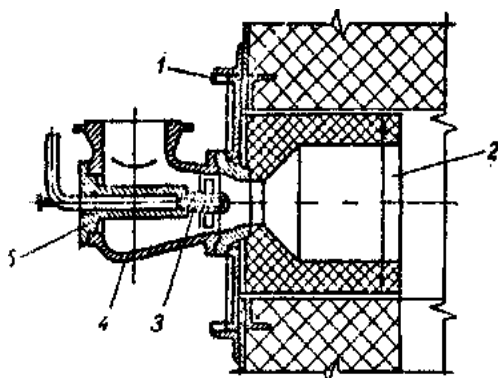
Иссиқлик кучланиши q нинг қиймати ёниш камерасидаги температура ва ёниш жараёнини ташкил этишга боғлиқ. Ўтхона иссиқлик кучланишини $q=900$ кВт/м³ деб қабул қиламиз, унда ўтхона ҳажми:

$$V = \frac{B \cdot Q_n^p}{q} = \frac{0,1354 \cdot 35485}{900} = 5,34 \text{ м}^3 \quad (3.344)$$

Ўтхона ўлчамлари (узунлиги <2 м ва эни <1 м) конструктив ҳисоб асосида топилади. Ўлчамларни аниқлашда мақсад уларни таъмирлаш қулай бўлиши шарт. Шакли жихатидан ўтхоналар тўртбурчак ёки думалоқ бўлиши мумкин.

Газларни ёқиш ёндиргичи.

Ҳозирги кунда саноат миқёсида газларни ёқиш учун энг кўп қўлланиладиган ёндиргич тури ГНП дир. Унинг табиий газ бўйича унумдорлиги 1,4 дан 365 м³/соатгача.



3.44-расм. Ёндиргич конструкцияси.

Аввал ҳисобланган ёқилғининг сарфи $B = 0,1354 \text{ м}^3/\text{с} = 487 \text{ м}^3/\text{соат}$ бўйича унумдорлиги 182 м³/соатгача бўлган ГНП-6 ёндиргичини танлаймиз.

Ёндиргичлар сони:

$$n = \frac{487}{182} = 2,68$$

3 та ёндиргич керак деб қабул қиламиз.

Газ ёниши учун ҳаво ҳайдаш учун вентилятор. Газ ёниши учун зарур ҳавонинг ҳажмий сарфи:

$$V'_{\text{гоз}} = L'_a \cdot B = 11,48 \cdot 487 = 5591 \text{ м}^3/\text{соат} \quad (3.345)$$

Белгиланган температурада вентилятор унумдорлиги:

$$V'_t = \frac{559 \cdot (273 + 20)}{273} = 6000 \text{ м}^3/\text{соат}$$

Ҳаво босимини $P = 1620 \text{ Па}$ деб қабул қиламиз ва фойдалаи иш коэффиценти $\eta_e = 0,56$, айланишлар сони $n = 100$ айл/мин бўлган №9 юқори босимли марказдан қочма вентиляторни танлаймиз.

Электр юриткич ўқидаги қувват:

$$N_{\text{эю}} = \frac{V'_t \cdot P}{1000 \cdot \eta_{\text{ук}} \cdot \eta_{\text{уз}}} = \frac{6000 \cdot 1620}{3600 \cdot 1000 \cdot 0,56 \cdot 0,98} = 4,91 \text{ кВт} \quad (3.346)$$

бу ерда $\eta_n = 0,98$ –вентилятор узатмасининг ф.и.к.

Юргозиш моменти учун қувват заҳира коэффицента $k = 1,15$ инобатга олган ҳолда электр юриткичнинг ўрнатиш қувватини қуйидагича аниқлаймиз:

$$N_{yct} = k \cdot N_{\text{эю}} = 1,15 \cdot 4,91 = 5,66 \text{ кВт} \quad (3.347)$$

Тутун газларини ҳаво билан аралаштириш учун вентилятор.

Аралаштириш камерасида тутун газларини атмосфера ҳавоси билан аралаштириш учун зарур ҳавонинг ҳажмий сарфи қуйидагига тенг:

$$V_B' = \alpha_{ym} \cdot L_{\alpha}' \cdot B - V_{\text{воз}}' = 6,73 \cdot 9,57 \cdot 487 - 5591 = 25775 \text{ м}^3 / \text{соат} \quad (3.348)$$

Белгиланган температурада вентилятор унумдорлиги:

$$V_t' = 25775 \cdot (273 + 20) / 273 = 27663 \text{ м}^3 / \text{соат}$$

Ҳаво босимини $P = 1000$ Па деб қабул қиламиз ва фойдаланиш коэффициенти $\eta_6 = 0,56$, айланишлар сони $n = 625$ айл/мин бўлган №12 юқори босимли марказдан қочма вентиляторни танлаймиз.

Электр юриткич ўқидаги қувват:

$$N_{\text{эю}} = \frac{V_t' \cdot P}{1000 \cdot \eta_{yк} \cdot \eta_{yз}} = \frac{27663 \cdot 1000}{3600 \cdot 1000 \cdot 0,56 \cdot 0,98} = 14 \text{ кВт} \quad (3.349)$$

Юргазиш моменти учун қувват захира коэффициенти $k = 1,15$ инобатга олган ҳолда электр юриткичнинг ўрнатиш қувватини қуйидагича аниқлаймиз:

$$N_{yct} = k \cdot N_{\text{эю}} = 1,15 \cdot 14 = 16,1 \text{ кВт} \quad (3.350)$$

Циклон.

Чиқаётган тутун газларининг зичлиги:

$$\rho_{ap} = \frac{353 - 0,0013 \cdot P_n}{273 + t_{\kappa}^{203}} = \frac{353 - 0,0013 \cdot 15000}{273 + 102} = 0,9 \text{ кг} / \text{м}^3$$

бу ерда $P_n = 15000$ Па – ажралиб чиқаётган газларда сув буғининг парциал босими (**I-x** диаграммадан топилади).

Чиқаётган тутун газларининг ҳажми:

$$V_{ap} = \frac{G_{ap}}{\rho_{ap}} = \frac{14,153}{0,9} = 15,5 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Циклондаги ҳавонинг тезлиги:

$$V = \sqrt{2\Delta P / (\xi \rho)} = \sqrt{(2 \cdot 700 / 60 \cdot 0,9)} = 5,1 \text{ м} / \text{с} \quad (3.351)$$

бу ерда $\xi = 60$ – НЦ-24 русумли йиклон гидравлик қаршилик коэффициенти; $\Delta P = 700$ Па циклон гидравлик қаршилиги.

Циклон диаметри:

$$D = \sqrt{V_{cm} / (0,785 V \rho)} = \sqrt{15,5 / (0,785 \cdot 5,1 \cdot 0,9)} = 2,07 \text{ м}$$

Диаметри 2000 мм ли циклон танлаймиз.

Тутун газларини сўриш жихози.

Чиқинди газлар ҳажми (50% ҳаво сўришини ҳисобга олганда):

$$V_{\text{мун}} = 1,5 \cdot V_{\text{ар}} = 1,5 \cdot 15,5 = 23,3 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Тутун тортиш жихозини танлашда у енгиши зарур бўлган аэродинамик қаршилиқни инобатга олиш керак. Қуйидаги аэродинамик қаршилиқларни қабул қиламиз:

- ўтхонадан қуриткичгача бўлган газ қувурлари учун – 100 Па;
- барабанли қуриткич учун – 200 Па;
- газ камераси учун – 50 Па;
- циклон учун – 700 Па

Тутун тортиш жихозини танлашда босимлар фарқини 40% га ошириш керак, унда қуритиш қурилмасининг умумий босимлари фарқи ушбу формуладан топилади:

$$\Delta P_{\text{cy}} = 1,4 \cdot (100 + 200 + 50 + 700) = 1470 \text{ Па}$$

Фойдаланиш коэффициентини $\eta_a = 0,58$, айланишлар сони $n = 500$ айл/мин бўлган марказдан қочма вентиляторни танлаймиз.

Электр юриткич ўқидаги қувват:

$$N_{\text{эю}} = \frac{V_{\text{мун}} \cdot P}{1000 \cdot \eta_{\text{ук}} \cdot \eta_{\text{уз}}} = \frac{23,3 \cdot 1470}{1000 \cdot 0,56 \cdot 0,98} = 62,4 \text{ кВт} \quad (3.352)$$

Юрғизиш моменти учун қувват захира коэффициентини $k = 1,15$ инобатга олган ҳолда электр юриткичнинг ўрнатиш қувватини қуйидагича топамиз:

$$N_{\text{уст}} = k \cdot N_{\text{эю}} = 1,15 \cdot 62,4 = 71,8 \text{ кВт} \quad (3.353)$$

3.17. Спираль-уюрмалли пневматик қуриткич ҳисоби

М-14 русумли метилметакрилатли метакрил кислота сополимерини қуритиш учун комбинацияланган спираль-уюрмалли пневматик қуриткич ҳисоблансин.

Тайёр маҳсулот бўйича унумдорлик	$G_{\text{МК}} = 200 \text{ кг/соат};$
Бошланғич намлик	$c_o = 1 \text{ кг/кг};$
Критик намлик	$c_{\text{кр}} = 0,333 \text{ кг/кг};$
Охирги намлик	$c_k = 0,111 \text{ кг/кг};$
Материал бошланғич температураси	$\theta = 20^\circ\text{C};$
Материални рухсат этилган қиздириш температураси	$\theta_{\text{доп}} = 200^\circ\text{C};$
Қуруқ материал солиштирма иссиқлик сиғими	$C_t = 1,6 \text{ кЖ/(кг} \cdot \text{К)};$
Тайёр маҳсулот заррачалар зичлиги	$\rho_{\text{МК}} = 1200 \text{ кг/м}^3;$
Заррача ўртача эквивалент диаметри	$d_o = 120 \text{ мкм};$
Заррача максимал диаметри	$d_{\text{max}} = 285 \text{ мкм};$
Заррача шакл омили	$\Phi = 1,7;$
Қуритувчи элткич максимал температураси	$t_{\text{уст}} = 220^\circ\text{C};$
Ҳавонинг бошланғич намлиги	$x_o = 0,01 \text{ кг/кг};$
Атмосфера босими	$P = 100 \text{ кПа}.$

Бутун жараён учун моддий ва иссиқлик баланс, бошланғич ва чегаравий шартлар:

1 . Материал нам сақлашининг ўзгариши:

$$\Delta C = C_o - C_k = 1 - 0,111 = 0,899 \text{ кг / кг} \quad (3.354)$$

2 . Қуритиш жараёни якунидаги температура $t_k < \theta_{\text{куш}}$ деган шарт ва $t_{\text{уст}} - t_k = 60^\circ\text{C}$ қийматни инобат олиб қабул қиламиз.

3. Қуритиш жараёни якунида махсулот температураси қуйидагига тенг:

$$O_k = 0.9t_k = 0.9 \cdot 60 = 54^\circ C$$

4. Жараён охирида материал юзасидаги буғ-газ юпқа қатламининг мувозанат нисбий намлиги ушбу формуладан топилади:

$$\varphi' = 1 - \frac{1}{\exp\{(\exp(m + n \cdot 0))C_k^{p+q \cdot 0_k}\}} \quad (3.355)$$

бу ерда $m = 15.5$; $n = 0.07$; $p = 9.16$; $q = -0.07$ М-14 сополимер учун коэффициентлар (3-24а жадвал).

3-24а жадвал

Полимер маркаси	m	n	p	q	Δ , %
ПВХ С-70	8,2943	0,0122	1,3148	0,00038	7
МА-20	10,8588	- 0,1032	2,3687	- 0,02766	12
МА-50	7,3128	0,0079	1,517	0,0012	5
СХН-60	7,7302	- 0,0232	1,6023	- 0,00618	4
М-14	15,514	0,0688	9,16	-0,0764	2

$$\varphi'_k = 1 - \frac{1}{\exp\{(\exp(15.5 + 0.07 \cdot 54))0.111^{9.16 - 0.07 \cdot 54}\}} = 0.999$$

5. Жараён якунида буғ-газ юпқа қатламида тўйинган буғ босими:

$$P'_{нк} = 0.1333 \cdot \exp\left(18.5916 - \frac{3991.11}{54 + 233.84}\right) = 15.04 \text{ кПа}$$

6. Жараён якунида буғ-газ юпқа қатламининг нам сақлаши:

$$X'_k = \frac{R_\Gamma}{R_\Pi} \cdot \frac{p'_{нк} \varphi'_k}{P - p'_{нк} \varphi'_k} = \frac{0.287}{0.462} \cdot \frac{15.04 \cdot 0.999}{100 - 15.04 \cdot 0.999} = 0.1098 \text{ кг / кг} \quad (3.356)$$

7. Боғланган намликнинг ўртача солиштира иссиқлиги:

$$\bar{q}_c \approx 2100 \frac{(C_{кр} - C_k)^2}{\Delta C} = 2100 \cdot \frac{(0.333 - 0.111)^2}{0.889} = 116,4 \text{ кДж / кг} \quad (3.357)$$

8. Жараён бошланишида ҳавонинг температурасини қуйидагига тенг деб қабул қиламиз:

$$t_0 = 0,9t_{уст} = 0,9 \cdot 220 \approx 200^\circ C$$

9. Иссиқлик элткичининг бошланғич энтальпияси:

$$I_0 = C_\Gamma t_0 + (r_0 + c_{cn} t_0) X_0 = 1,006 \cdot 200 + (2495 \cdot 200) \cdot 0,01 = 230,1 \text{ кДж / кг} \quad (3.358)$$

10. Қуритиш жараёнига қуруқ ҳавонинг солиштира сарфи (солиштира иссиқлик йўқотилишлар $q_{nm} = 350 \text{ кЖ/кг}$):

$$\sigma = \frac{(r_0 + c_{\Pi} t_k) \Delta C + (c_T + c_{\text{жс}} c_k)(\theta_k - \theta_0) - c_{\text{жс}} \theta_0 \Delta C + (\bar{q}_c + q_{\Pi T}) \Delta C}{l_0 - c_T t_k - r_0 X_0 - c_{\Pi} t_k X_0} =$$

$$\frac{(2495 + 1,965 \cdot 60) \cdot 0,889 + (1,6 + 4,187 \cdot 0,11)(54 \cdot 20) - 4,187 \cdot 20 \cdot 0,889 + (116,4 + 350) \cdot 0,889}{230,1 - 1,006 \cdot 60 - 2495 \cdot 0,01 - 1,965 \cdot 60 \cdot 0,01} = 19,03$$

11. Иссиқлик элткич нам сақлашининг ўзгариши:

$$\Delta X = \frac{\Delta C}{\sigma} = \frac{0,889}{19,03} = 0,0467 \text{ кг / кг}$$

12. Иссиқлик элткичининг жараён якунидаги нам сақлаши:

$$X_k = X_0 + \Delta X = 0,01 + 0,467 = 0,0567 \text{ кг / кг}$$

Агар, $X_k > X$ бўлса, $0,9t_k < \theta_k < t_k$ оралигида $X_k < X$ шартни таъминлаш учун (4...12 бандлар бўйича ҳисоблаганда) θ_k ошириш керак.

13. Қуруқ маҳсулот бўйича қуриткич унумдорлиги:

$$G_T = \frac{G_{\text{нк}}}{1 + C_k} = \frac{200}{1 + 0,111} = 180 \text{ кг / соат} \quad (3.359)$$

14. Бошланғич материал бўйича иш унумдорлиги:

$$G_{\text{мо}} = G_T (1 + C_0) = 180(1 + 1) = 360 \text{ кг / соат}$$

15. Буғлатилган намлик бўйича қуриткич унумдорлиги:

$$W = G_t \cdot \Delta C = 180 + 0,889 = 160 \text{ кг / соат} \quad (3.360)$$

16. Қуритишга қуруқ ҳаво сарфи:

$$L = \sigma G_t = 19,03 \cdot 180 = 3425 \text{ кг / соат} \quad (3.361)$$

Спиралсимон канал учун моддий ва иссиқлик баланс, бошланғич ва чегаравий шартлар:

17. Материалнинг спиралсимон каналдан чиқишдаги (уюрмавий камерага киришда) оралиқ нам сақлашини қуйидагига тенг деб қабул қиламиз:

$$C_{\text{нр}} = C_{\text{кр}} = 0,333 \text{ кг / кг}$$

18. Спиралсимон каналда материал нам сақлашининг ўзгариши:

$$\Delta C_{\text{сн}} = C_0 - C_{\text{нр}} = 1 - 0,333 = 0,667 \text{ кг / кг}$$

19. Спиралсимон каналда иссиқлик элткич нам сақлашининг ўзгариши:

$$\Delta X_{cn} = \frac{\Delta C_{cn}}{\sigma} = \frac{0,667}{19,03} = 0,035 \text{ кг / кг}$$

20. Иссиқлик элткич нам сақлашининг оралик қиймати:

$$X_{np} = X_0 + \Delta C_{cn} = 0,01 + 0,035 = 0,045 \text{ кг / кг}$$

21. Материал нам сақлашининг оралик қийматини қуйидагига тенг деб қабул қиламиз:

$$\theta_{np} \approx t_{mm} - 2 = 48 - 2 = 46^\circ \text{C}$$

бу ерда $t_{mm}=48^\circ\text{C}$ ни $I-X$ диаграммадан t_0 топамиз.

22. Иссиқлик элткич энтальпиясининг оралик қиймати:

$$\begin{aligned} l_{np} &= I_0 - \frac{1}{0} (C_z + C_{ж} C_{np}) \cdot (\theta_{np} - \theta_0) + (c_{ж} \theta_0 - q_{nm}) \Delta X_{cn} = \\ &= 230 - \frac{1}{19,03} (1,6 + 4,187 \cdot 0,333) \cdot (46 - 20) + (4,187 \cdot 20 - 350) \cdot 0,035 = 216 \text{ кДж / кг} \end{aligned} \quad (3.362)$$

23. Иссиқлик элткич температурасининг оралик қиймати:

$$t_{\text{ПР}} = \frac{l_{\text{ПР}} - r_0 X_{\text{ПР}}}{c_{\text{П}} + c_{\text{П}} X_{\text{ПР}}} = \frac{216,7 - 2495 \cdot 0,045}{1,006 + 1,965 \cdot 0,045} = 95,8^\circ \text{C} \quad (3.363)$$

24. Тўйинган сув буғининг босими:

$$p'_{H,np} = 0,1333 \cdot \exp \left(18,5916 - \frac{3991,11}{\theta_{\text{ПР}} + 233,84} \right) = 10,12 \text{ кПа}$$

25. Оралик шароитларда буғ-газ юпқа қатламининг нам сақлаши:

$$X'_{\text{ПР}} = \frac{R_{\Gamma}}{R_{\text{П}}} \cdot \frac{p'_{H,np}}{P - p'_{np}} = \frac{0,287}{0,462} \cdot \frac{10,12}{100 - 10,12} = 0,0699 \text{ кг / кг}$$

$$X'_{np} > X'_{\text{ПР}}$$

26. Спиралсимон канал учун баланси текшираимиз:

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{(r_0 + c_{\text{П}} t_{\text{ПР}}) \Delta C_{\text{СП}} + (c_{\text{T}} + c_{\text{ж}} C_{\text{ПР}}) \cdot (\theta_{\text{ПР}} - \theta_0) - c_{\text{ж}} \theta_0 \Delta C_{\text{СП}} + (\bar{q}_{c,\text{СП}} + q_{\text{ПТ}}) \Delta C_{\text{СП}}}{l_0 - c_{\Gamma} t_{\text{ПР}} - r_0 X_0 - c_{\text{П}} t_{\text{ПР}} X_0} = \\ &= \frac{(2495 + 1,965 \cdot 95,8) \cdot 0,667 + (1,6 + 4,187 \cdot 0,333)(46 - 20) - 4,187 \cdot 20 \cdot 0,889 + (116,4 + 350) \cdot 0,667}{230,1 - 1,006 \cdot 95,8 - 2495 \cdot 0,01 - 1,965 \cdot 95,8 \cdot 0,01} = \\ &= 19,3 \end{aligned}$$

Агар, σ_{cn} ва σ бир-биридан 1% дан ортиққа фарқланса, C_{no} ва θ_{np} лар коррективка қилинади.

27. Оралик маҳсулот бўйича унумдорлик:

$$G_{\text{мпр}} = G_{\text{T}} (1 + C_{np}) = 180 (1 + 0,333) = 240 \text{ кг / соат}$$

28. Спиралсимон каналнинг буғлатилган намлик бўйича унумдорлиги:

$$W_{np} = G_T \cdot \Delta C_{cn} = 180 \cdot 0,667 = 120 \text{ кг / соат} \quad (3.364)$$

Спиралсимон канал гидродинамик параметрлари:

29. Спиралсимон каналда иссиқлик элткичининг ўртача нам сақлаши:

$$\overline{X}_{cn} = \frac{X_0 + X_{np}}{2} = \frac{0,01 + 0,045}{2} = 0,0275 \text{ кг / соат}$$

30. Иссиқлик элткичда материалнинг массавий концентрацияси:

$$\mu_{cn} = \frac{G_{mo} + G_{m,np}}{2 \cdot L(1 + \overline{X}_{cn})} = \frac{360 + 240}{2 \cdot 3425 \cdot (1 + 0,0275)} = 0,085$$

31. Спиралсимон каналдаги иссиқлик элткич ўртача температураси:

$$\overline{t}_{cn} = \frac{t_0 + t_{np}}{2} = \frac{200 + 95,8}{2} = 148^\circ \text{C}$$

32. Спиралсимон каналдаги иссиқлик элткич ўртача зичлиги:

$$\overline{\rho}_{cn} = \frac{P}{273 + T_{cn}} \cdot \frac{1 + \overline{X}_{cn}}{R_f + R_n \overline{X}_{cn}} = \frac{100}{273 + 148} \cdot \frac{1 + 0,0275}{0,285 \cdot 0,462 \cdot 0,0275} = 0,815 \text{ кг / м}^3$$

33. Икки фазали оқим (ҳаво тезлиги $w = 25$ м/с) заррачаси учун Рейнольдс сони:

$$\text{Re}_{an} = \frac{w_{ex} \cdot D_{\text{э.вх}} \cdot P_{np}}{\mu_{np}} = \frac{25 \cdot 120 \cdot 10^{-6} \cdot 0,815}{2,41 \cdot 10^{-5}} = 101$$

34. Материал заррачаларининг ҳажмий зичлиги:

$$\rho_v = \frac{\rho_{mk}}{1 + C_k} = \frac{1200}{1 + 0,111} = 1080 \text{ кг / м}^3$$

35. Спиралсимон каналдаги материалнинг ўртача нам сақлаши:

$$\overline{C}_{cn} = \frac{c_0 + C_{cn}}{2} = \frac{1 + 0,333}{3} = 0,666 \text{ кг / кг}$$

36. Спиралсимон каналдаги материал заррачасининг зичлиги:

$$\overline{\rho}_{cn} = \rho_v (1 + \overline{C}_{cn}) = 1080 + (1 + 0,666) = 1799 \text{ кг / м}^3$$

37. Заррача шаклини инобатга олувчи гидродинамик коэффициент ушбу йўл билан топилади:

$$k_3 = 11 - \frac{10}{f} = 11 - \frac{10}{1,7} = 5,12$$

38. Заррача гидродинамик қаршилик коэффициенти қуйидагича аниқланади:

$$\xi = 0,462 k_3 + \frac{30}{\text{Re}_q} = 0,462 \cdot 5,12 + \frac{30}{101} = 2,66$$

39. Спиралсимон каналда иссиқлик элткич ҳажмий сарфи:

$$V_{\Gamma} = \frac{L(1 - \bar{X}_{cn})}{\bar{\rho}_{cn}} = \frac{3425 \cdot (1 - 0,0275)}{0,815} = 4319 \text{ м}^3 / \text{соат} \quad (3.365)$$

40. Қуриткич циклон камерасининг диаметри қуйидагига тенг:

$$D_{\text{ц}} \approx 0,01 \cdot V_{\Gamma}^{0,5} = 0,01 \cdot 4319^{0,5} = 0,657 \text{ м} \quad (3.366)$$

Ушбу камерада иссиқлик элткичнинг совишини ҳисобга олсак, циклон қисмининг диаметрини $D_{\text{ц}} = 600$ мм деб қабул қиламиз.

41. Спиралсимон каналда ўртача эгрилик радиуси ушбу тенгламадан топамиз:

$$\bar{R}_{cn} = 0,72 D_{\text{ц}} \cdot (0,2 \dots 0,3) = 0,75 \cdot 0,6 + 0,25 = 0,7 \text{ м} \quad (3.367)$$

42. Фруд сони

$$Fr = \frac{w_{cn}^2}{g \cdot \bar{R}_{cn}} = \frac{25^2}{9,81 \cdot 0,7} = 91 \quad (3.368)$$

43. Стокс сони

$$Stk = \frac{d_{\text{э}} \cdot \bar{\rho}_{\text{мсн}}}{\xi \cdot \bar{R}_{cn} \cdot \bar{\rho}_{cn}} = \frac{120 \cdot 10^{-8} \cdot 1799}{2,66 \cdot 0,7 \cdot 0,815} = 0,142 \quad (3.369)$$

44. Спиралсимон каналда дисперс ва ҳавонинг сирпаниш коэффициенти қуйидаги формуладан аниқланади:

$$i_{cn} = 6,38 \text{ Re}_{\text{ц}}^{-0,23} \cdot Fr^{0,15} \cdot Stk^{0,26} \cdot \mu_{cn}^{0,08} = 6,38 \cdot 101^{-0,23} \cdot 0,91^{0,15} \cdot 0,142^{0,26} \cdot 0,085^{0,08} = 2,15 \quad (3.370)$$

45. Каналда заррачалар ҳаракат тезлиги қуйидагига тенг:

$$V_{cn} = \frac{w_{cn}}{i_{cn}} = \frac{2,5}{2,15} = 11,65 \text{ м/с} \quad (3.371)$$

46. Спиралсимон каналда ҳаво ва заррачалар орасидаги нисбий тезлик ушбу тенгликдан топилади:

$$U_{cn} = W_{cn} - V_{cn} = 25 - 11,65 = 13,35 \text{ м/с} \quad (3.372)$$

Спиралсимон каналда тарқалиш коэффициенти

47. Нисбий тезлик бўйича Рейнольдс сони:

$$\text{Re} = \frac{U_{cn} \cdot d_{\text{э}} \cdot \bar{\rho}_{cn}}{\mu_{cn}} = \frac{13,35 \cdot 120 \cdot 10^{-6} \cdot 0,815}{2,41 \cdot 10^{-5}} = 543$$

48. Заррача юзасидаги буғ-газ юпка қатламининг ўртача температураси:

$$\tilde{\theta}_{нл,сн} = \frac{t_0 + \theta_0 + t_{np} + \theta_{np}}{4} = \frac{200 + 20 + 95,8 + 46}{4} = 90^\circ C$$

49. Жараён бошланишида буғ-газ юпка қатламидаги тўйинган буғ босими ушбу формуладан аниқланади:

$$p_{HO} = 0,1333 \cdot \exp\left(18,5916 - \frac{3991,11}{0 + 233,84}\right) = 0,1333 \cdot \exp\left(18,5916 - \frac{3991,11}{20 + 233,84}\right) = 2,34 \text{ кПа}$$

50. Жараён бошланишида буғ-газ юпка қатламининг нам сақлаши куйидаги формуладан ҳисобланади:

$$X'_0 = \frac{R_r}{R_{\Pi}} \cdot \frac{p'_{HO}}{p - p'_{HO}} = \frac{0,287}{0,462} \cdot \frac{2,34}{100 - 2,34} = 0,0149 \text{ кг / кг}$$

51. Буғ-газ юпка қатламининг ўртача нам сақлаши ушбу тенгламадан аниқланади:

$$\overline{X}_{нл,сн} = \frac{X_0 + X'_0 + X'_{np} + X'_0}{4} = \frac{0,01 + 0,0149 + 0,045 + 0,0699}{4} = 0,01399 \text{ кг / кг}$$

52. Буғ-газ юпка қатламининг ўртача зичлиги:

$$\overline{\rho}_{нл,сн} = \frac{P}{273 + \theta_{нл,сн}} \cdot \frac{1 + \overline{X}_{нл,сн}}{R_r + R_n \cdot \overline{X}_{нл,сн}} = \frac{100}{273 + 90} \cdot \frac{1 + 0,01399}{0,287 + 0,462 + 0,01399} = 0,95 \text{ кг / м}^3$$

53. Буғнинг ҳавода диффузия коэффиценти:

$$\overline{D}_{нл,сн} = D_0 \frac{P_0}{P} \cdot \left(\frac{273 + \overline{\theta}_{нл,сн}}{273} \right)^{1,5} = 3,42 \cdot 10^{-5} \quad (3.373)$$

Нормал шароитда

$$...P_0 = 101,325 \text{ кПа}; \quad D_0 = 2,2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2 / \text{с}$$

$$\overline{D}_{нл,сн} = 2,2 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{101,325}{100} \cdot \left(\frac{273,90}{273} \right)^{1,5} = 3,42 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2 / \text{с}$$

54 . Диффузион Прандтль сони:

$$Pr_D = \frac{\mu_{нл,сн}}{\rho_{нл,сн} \cdot \overline{D}_{нл,сн}} = \frac{2,15 \cdot 10^{-5}}{0,95 \cdot 3,42 \cdot 10^{-5}} = 0,663$$

55 . Диффузион Нуссельт сони:

$$Nu_D = 0,145 \cdot Re_e^{0,5} \cdot Pr_D^{0,33} = 0,145 \cdot 543^{0,33} \cdot 0,663^{0,33} = 2,94$$

56 . Масса бериш коэффиценти куйидагига тенг:

$$\beta_{cn} = \frac{Nu_D \cdot \bar{D}_{nl.cn}}{d_s} = \frac{2,94 \cdot 3,42 \cdot 10^{-5}}{120 \cdot 10^{-6}} = 0,837 \text{ м/с}$$

57. Материалнинг солиштирма юзаси ушбу формуладан топилади:

$$S_d = \frac{6f}{d_s} = \frac{6 \cdot 1,7}{120 \cdot 10^{-6}} = 85000 \text{ м}^{-1}$$

58. Спиралсимон каналда қуритиш жараёнининг ҳаракатга келтирувчи кучи:

$$\bar{\Delta X} = \frac{(X_{np} - X_{np}') - (X_0' - X_0)}{\ln \frac{X_{np} - X_{np}'}{X_0' - X_0}} = \frac{(0,0699 - 0,045) - (0,0149 - 0,01)}{\ln \frac{0,0669 - 0,045}{0,0149 - 0,01}} = 0,0123 \text{ кг/кг}$$

59. Спиралсимон каналда қуритиш жараёнининг давомийлиги:

$$\begin{aligned} \tau_{cn} &= \frac{\sigma \cdot \rho_v \cdot (X_{cn} - X_0)}{\beta_{cn} \cdot S_d \cdot \Delta X} \cdot \frac{R_\Gamma (273 + \tilde{\theta}_{nl.cn})}{P} = \\ &= \frac{19,03 \cdot 1080 \cdot (0,045 - 0,01)}{0,837 \cdot 85000 \cdot 0,0123} \cdot \frac{0,287(273 + 90)}{100} = 0,85 \text{ с} \end{aligned} \quad (3.374)$$

Спиралсимон канал геометрик ўлчамлари

60. Спиралсимон канал узунлиги ушбу тенгламадан топилади:

$$l = V_{cn} \cdot \tau_{cn} = 11,65 \cdot 0,85 = 9,9 \text{ м} \quad (3.375)$$

61. Спиралсимон канал кўндаланг кесим юзаси қуйидагига тенг:

$$F_{cn} = \frac{V_\Gamma}{3600 \cdot w_{ca}} = \frac{4319}{3600 \cdot 25} = 9,9 \text{ м}$$

62. Спиралсимон канал эни:

$$b = \sqrt{\frac{F_{cn}}{K}} = \sqrt{\frac{0,048}{3}} = 0,126 \text{ м}$$

бу ерда $K = H/b = 1,5...5,4$ – дисперсликка қараб танланади (кичик қийматлар дағал дисперс материаллар учун).
Канал энини $b = 120$ мм деб қабул қиламиз.

63. Канал баландлиги:

$$H = \frac{F}{b} = \frac{0,048}{0,12} = 0,4 \text{ м} \quad (3.376)$$

Уюрмавий камера моддий баланси

64. Уюрмавий камерада материал нам сақлашининг ўзгариши қуйидаги тенгликдан топилади:

$$\Delta C_{\text{вк}} = C_{\text{ск}} - C_{\text{к}} = 0,33 - 0,11 = 0,22 \text{ кг / кг}$$

65. Уюрмавий камерада иссиқлик элткич нам сақлашининг ўзгариши қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$\Delta X_{\text{вк}} = X_{\text{к}} - X_{\text{сн}} = 0,0567 - 0,045 = 0,0117 \text{ кг / кг}$$

ёки

$$\Delta X_{\text{вк}} = \frac{\Delta C_{\text{вк}}}{\sigma} = \frac{0,222}{19,03} = 0,0117 \text{ кг / кг}$$

66. Буғлатилган намлик бўйича уюрмавий камера иш унумдорлиги ушбу формулада ҳисобланади:

$$W_{\text{вк}} = G_T \cdot \Delta C_{\text{вк}} = 180 \cdot 0,222 = 40 \text{ кг / соат} \quad (3.377)$$

Уюрмавий камера гидродинамик параметрлари

67. Уюрмавий камерага киришда иссиқлик элткичда материалнинг массавий концентрацияси:

$$\mu_{\text{вх}} = \frac{G_{\text{м.пр}}}{L(1 + X_{\text{пр}})} = \frac{240}{3425 \cdot (1 + 0,045)} = 0,067$$

68. Уюрмавий камерага киришда иссиқлик элткич зичлиги:

$$\bar{\rho}_{\text{сн}} = \frac{P}{273 + T_{\text{пр}}} \cdot \frac{1 + \bar{X}_{\text{сн}}}{R_{\text{г}} + R_{\text{н}} \bar{X}_{\text{пр}}} = \frac{100}{273 + 95,8} \cdot \frac{1 + 0,045}{0,287 \cdot 0,462 \cdot 0,0275} = 0,92 \text{ кг / м}^3$$

69. Уюрмавий камерага киришда иссиқлик элткич тезлиги:

$$W_{\text{вх}} = (2...3) \cdot w_{\text{сн}} = 2,4 \cdot 25 = 60 \text{ м / с}$$

Катта қийматлар дағал материаллар учун тавсия этилади.

70. Уюрма камерасига киришда материал заррачаси учун Рейнольдс сони ушбуга тенг:

$$\text{Re}_\text{ч} = \frac{w_{\text{вх}} \cdot d_\text{э} \cdot \rho_{\text{пр}}}{\mu_{\text{пр}}} = \frac{60 \cdot 120 \cdot 10^{-6} \cdot 0,92}{2,17 \cdot 10^{-5}} = 305$$

71. Заррача гидродинамик қаршилиқ коэффициенти:

$$\xi = 0,462 k_\text{з} + \frac{30}{\text{Re}_\text{ч}} = 0,462 \cdot 5,12 + \frac{30}{305} = 2,46$$

72. Материалнинг оралиқ зичлиги:

$$\rho_{\text{м.пр}} = \rho \cdot (1 + C_{\text{пр}}) = 1080 \cdot (1 + 0,333) = 1440 \text{ кг / м}^3$$

73. Ујорма камерасининг диаметри:

$$D_{\kappa} = D_{\eta} + (0,2...0,35) = 0,6 + 0,3 = 0,9$$

Кичик қийматлар юқори қувватли куруткич ва намликнинг материал билан боғланган энергияси кам бўлган ҳолатлар учун.

74. Ујорма камерасининг радиуси қуйидагига тенг:

$$R_{\kappa} = \frac{D_{\kappa}}{2} = 0,45 \text{ м}$$

75. Фруда критерийсининг қиймати:

$$Fr = \frac{w_{\text{ex}}^2}{g \cdot R_{\kappa}} = \frac{60^2}{9,81 \cdot 0,45} = 815$$

76. Стокс критерийсининг қиймати:

$$Stk = \frac{\rho_{\text{м}} \cdot d}{\xi \cdot \rho_{\text{np}} \cdot R_{\kappa}} = \frac{1440 \cdot 120 \cdot 10^{-6}}{2,46 \cdot 0,92 \cdot 0,45} = 238$$

77. Полидисперслик сони:

$$\sigma = \frac{d_{\text{max}}}{d_e} = \frac{285 \cdot 10^{-6}}{120 \cdot 10^{-6}} = 2,38 \quad (3.378)$$

78. Ујорма камерада газ ва дисперс фазалар сирпаниш коэффиценти ушбу формуладан аниқланади:

$$\begin{aligned} i_{\text{ex}} &= 33,6 \cdot Fr^{0,18} \cdot Stk^{0,12} \cdot \mu^{0,47} \cdot \sigma_d^{0,5} \cdot f^{-0,33} = \\ &= 33,6 \cdot 815^{0,18} \cdot 0,17^{0,12} \cdot 0,06^{0,47} \cdot 2,38^{0,5} \cdot 1,7^{-0,33} = 32,9 \end{aligned}$$

79. Иссиқлик элткич ва заррачалар орасидаги нисбий тезлик қуйидаги формуладан топилади:

$$U_{\text{ex}} = w_{\text{ex}} \cdot \left(1 - \frac{1}{i_{\text{ex}}}\right) = 60 \cdot \left(1 - \frac{1}{32,9}\right) = 58,2 \text{ м/с} \quad (3.379)$$

80. Ујорма камерага газ фаза сарфи ушбу тенгламадан ҳисобланади:

$$V_{\text{г.вк}} = \frac{L(1 + X_{\text{np}})}{\rho_{\text{np}}} = \frac{3425 \cdot (1 + 0,045)}{0,92} = 3890 \text{ м}^3 / \text{соат}$$

81. Газ фаза қувури кўндаланг кесим юзаси:

$$F_{\text{ex}} = \frac{V_{\text{г.вк}}}{3600 \cdot w_{\text{ex}}} = \frac{3890}{3600 \cdot 60} = 0,0156 \text{ м}^2$$

82. Тирқишли газ қувурларининг умумий эни ушбу формуладан топилади:

$$\Sigma b = \frac{F_{\text{ex}}}{H} = \frac{0,0156}{0,4} = 0,039 \text{ м}$$

83. Ҳайдаш трубасининг диаметри ушбу усулда аниқланади:

$$D_{\text{бых}} = 0,6 \cdot D_{\text{ц}} = 0,6 \cdot 0,6 = 0,36 \text{ м}$$

84. Уюрма камерасининг ҳажми:

$$V_{\kappa} = \frac{\pi}{4} (D_{\kappa}^2 - D_{\text{ц}}^2) \cdot H = \frac{3,14}{4} \cdot (0,9^2 - 0,6^2) \cdot 0,4 = 0,14 \text{ м}^3$$

85. Камерада газнинг алмашиниш вақти:

$$\tau_{\text{г}} = \frac{V_{\kappa}}{V_{\text{г.хв}}} \cdot 3600 = \frac{0,14}{3890} \cdot 3600 = 0,129 \text{ с}$$

86. Газ фаза қувурининг эквивалент диаметри ушбу тенгламадан топамиз:

$$D_{\text{э.гх}} = \frac{2H \cdot \sum b}{H + \sum b} = \frac{2 \cdot 0,4 \cdot 0,039}{0,4 + 0,039} = 0,071 \text{ м} \quad (3.380)$$

87. Қурилмага киришда оқим учун Рейнольдс сони:

$$\text{Re}_{\text{ан}} = \frac{w_{\text{гх}} \cdot D_{\text{э.гх}} \cdot \rho_{\text{нр}}}{\mu_{\text{нр}}} = \frac{60 \cdot 0,071 \cdot 0,92}{2,17 \cdot 10^{-5}} = 1,82 \cdot 10^5$$

88. Қуйилиш остонасининг баландлиги қуйидагига тенг:

$$h = (0...3) \cdot H$$

Катта қийматлар қийин қурийдиган материаллар учун. Ушбу масала доирасида:

$$h = 0,2 \cdot 0,4 = 0,08 \text{ м}$$

89. Уюрмавий камерада материалнинг бўлиш вақти қуйидаги формуладан топилади:

$$\begin{aligned} \tau_{\text{гк}} &= 52 \cdot i_{\text{гк}}^{0,66} \cdot \text{Re}_{\text{ан}}^{0,53} \cdot \left(\frac{H}{D_{\kappa}} \right)^{1,16} \cdot \left(\frac{H}{H-h} \right)^{0,72} \cdot \left(\frac{\sum b}{D_{\text{бых}}} \right)^{2,01} = \\ &= 52 \cdot 32,9^{0,66} \cdot 182000^{0,53} \cdot \left(\frac{0,4}{0,9} \right)^{1,16} \cdot \left(\frac{0,4}{0,4-0,08} \right)^{0,72} \cdot \left(\frac{0,039}{0,36} \right)^{2,01} = 1630' \end{aligned}$$

90. Уюрмавий камерада материалнинг бўлиш вақти ушбу формуладан аниқланади:

$$\tau_{\text{гк}} = \tau_{\text{г}} \cdot \tau_{\text{гк}}' = 0,129 \cdot 1630 = 211 \text{ с}$$

Уюрмавий камерада тарқалиш коэффициенти

91. Уюрмавий камерада иссиқлик элткичнинг ўртача нам сақлаши қуйидагига тенг:

$$\overline{X}_{\text{вк}} = \frac{X_{np} + X_{\kappa}}{2} = \frac{0,045 + 0,0567}{2} = 0,051 \text{ кг / кг}$$

92. Уюрмавий камерада иссиқлик элткичнинг ўртача температураси ушбу усулда топилади:

$$\overline{t}_{\text{вк}} = \frac{t_{np} + t_{\kappa}}{2} = \frac{95,8 + 0,0567}{2} = 78^{\circ}\text{C}$$

93. Уюрмавий камерада иссиқлик элткичнинг ўртача зичлиги:

$$\overline{\rho}_{\text{вк}} = \frac{P}{273 + \overline{t}_{\text{вк}}} \cdot \frac{1 + \overline{X}_{\text{вк}}}{R_r + R_{\Pi} \cdot \overline{X}_{\text{вк}}} = \frac{100}{273 + 78} \cdot \frac{1 + 0,051}{0,287 + 0,462 + 0,051} = 0,966 \text{ кг / м}^3$$

94. Материал заррачаси учун Рейнольдс сони қуйидагига тенг:

$$\text{Re} = \frac{U_{\text{вк}} \cdot d \cdot \overline{\rho}_{\text{вк}}}{\mu_{\text{вк}}} = \frac{58,2 \cdot 120 \cdot 10^{-6} \cdot 0,966}{2,09 \cdot 10^{-5}} = 323$$

95. Заррача юзасидаги буғ-газ юпқа қатламининг ўртача температураси:

$$\tilde{\theta}_{\text{пл,сн}} = \frac{t_{np} + \theta_{np} + t_{\kappa} + \theta_{\kappa}}{4} = \frac{95,8 + 46 + 60 + 54}{4} = 64^{\circ}\text{C} \quad (3.381)$$

96. Буғ-газ юпқа қатламининг ўртача нам сақлаши ушбу тенгламадан аниқланади:

$$\tilde{X}_{\text{пл,вк}} = \frac{X_{np} + X_{np} + X_{np} + X'_{\kappa}}{4} = \frac{0,045 + 0,0699 + 0,0567 + 0,1098}{4} = 0,070 \text{ кг / кг}$$

97. Буғ-газ юпқа қатламининг ўртача зичлиги қуйидаги формуладан аниқланади:

$$\overline{\rho}_{\text{пл,вк}} = \frac{p}{273 + \tilde{\theta}_{\text{пл,сн}}} \cdot \frac{1 + \tilde{X}_{\text{пл,сн}}}{R_r + R_{\Pi} \cdot \tilde{X}_{\text{пл,сн}}} = \frac{100}{273 + 64} \cdot \frac{1 + 0,07}{0,287 + 0,462 \cdot 0,07} = 0,995 \text{ кг / м}^3$$

98. Буғнинг газдаги диффузия коэффиценти:

$$\overline{D}_{\text{пл,вк}} = D_0 \cdot \frac{101,325}{P} \cdot \left(\frac{273 + \tilde{\theta}_{\text{пл,сн}}}{273} \right)^{1,5} = 2,2 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{101,325}{100} \cdot \left(\frac{273 + 64}{273} \right)^{1,5} = 3,06 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 / \text{с}$$

99. Диффузион Прандтль сони:

$$\text{Pr}_o = \frac{\mu_{\text{пл,вк}}}{\rho_{\text{пл,вк}} \cdot \overline{D}_{\text{пл,вк}}} = \frac{2,03 \cdot 10^{-5}}{0,995 \cdot 3,06 \cdot 10^{-6}} = 0,667$$

100. Уюрмавий камера учун диффузион Нуссельта критерийси:

$$\text{Nu}_{\text{овк}} = 7,9 \cdot 10^{-4} \cdot \text{Re}^{0,48} \cdot \text{Pr}_{\text{овк}}^{0,33} = 7,9 \cdot 10^{-4} \cdot 323^{0,48} \cdot 0,667^{0,33} = 0,011$$

101. Уюрмавий камерада масса бериш коэффиценти:

$$\beta_{\text{вк}} = \frac{\text{Nu}_{\text{овк}} \cdot \overline{D}_{\text{пл,вк}}}{d_0} = \frac{0,011 \cdot 3,06 \cdot 10^{-6}}{120 \cdot 10^{-8}} = 0,0028 \text{ м / с}$$

102. Уюрмавий камерада қуритиш жараёнини ҳаракатга келтирувчи куч қуйидагича аниқланади:

$$\Delta \bar{X}_{\text{вк}} = X_{\kappa}' - X_{\kappa} = 0,1098 - 0,0567 = 0,0531 \text{ кг / кг}$$

103. Уюрмавий камерада қуритиш давомийлиги:

$$\tau_{\text{вк}} = \frac{\sigma \cdot \rho_v \cdot (X_{\kappa} - X_{\text{нр}})}{\beta_{\text{вк}} \cdot S_d \cdot \Delta X_{\text{вк}}} = \frac{19,03 \cdot 1080 \cdot (0,0567 - 0,045)}{0,0028 \cdot 85000 \cdot 0,053} = 19 \text{ с}$$

104. Спиралсимон канал бошланғич радиуси (ўртача чизик бўйича):

$$R_0 = \frac{D_{\kappa} + b}{2} = \frac{0,9 + 0,12}{2} = 0,51 \text{ м}$$

105. Девор қалинлигини инобатга олинганда спирал қадами қуйидагига тенг (қуриткич қуввати ва материалнинг эрозион хоссаларига қараб 1,5...5 мм) :

$$b' + b + \delta = 0,12 + 0,002 = 0,122 \text{ м}$$

106. Спиралсимон канал ўрамларининг сони:

$$n = \frac{1 - 2 \cdot \pi \cdot b'}{2 \cdot \pi (R_0 + b')} = \frac{9,9 - 2 \cdot 3,14 \cdot 0,122}{2 \cdot 3,14 \cdot (0,51 + 0,122)} = 2,05 \quad (3.382)$$

$n=3$ деб қабул қиламиз.

107. Спиралсимон канал узунлигини қайта ҳисоблаймиз:

$$l = 2\pi \cdot [nR_0 + b'(n+1)] = 2 \cdot 3,14 \cdot [3 \cdot 0,51 + 0,122 \cdot (3+1)] = 12,65 \text{ м} \quad (3.383)$$

108. Спиралсимон каналнинг максимал радиуси:

$$R_{\text{max}} = R_0 + n \cdot b = 0,51 + 3 \cdot 0,122 = 0,876 \text{ м} \quad (3.384)$$

109. Спиралсимон каналнинг ўртача радиуси:

$$R_{\text{max}} = \frac{R_0 + R_{\text{max}}}{2} = \frac{0,51 + 0,876}{2} = 0,693 \text{ м} \quad (3.385)$$

Ушбу натижа 41 бандда қабул қилинган рақамга яқин.

Қурилма гидравлик қаршилиги

110. Спиралсимон каналнинг эквивалент диаметри:

$$D_{\text{сн}} = \frac{2bH}{b+H} = \frac{2 \cdot 0,12 \cdot 0,4}{0,12 + 0,4} = 0,185 \text{ м}$$

111. Канал оқимнинг ҳаракати учун Рейнольдс сони:

$$Re_{cn} = \frac{w_{cn} \cdot D_{э.сн} \cdot \rho_{cn}}{\mu_{cn}} = \frac{25 \cdot 0,185 \cdot 0,815}{2,41 \cdot 10^{-5}} = 1,56 \cdot 10^3$$

112. Каналдаги материал ҳажмий концентрацияси ушбу тенгламадан топилади:

$$X = i_{сн} \cdot \mu \cdot \frac{\overline{\rho_{сн}}}{\rho_{сн}} = 2,15 \cdot 0,085 \frac{0,815}{1799} = 8,28 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 / \text{м}^3 \quad (3.386)$$

113. Спиралсимон каналда газа фазасининг ишқаланиш коэффиценти қуйидаги формуладан аниқланади:

$$\lambda_{\text{тп}} = 0,815 \cdot Re_{сн}^{-0,13} = 0,815 \cdot (1,56 \cdot 10^5)^{-0,13} = 8,28 \cdot 10^{-5} \quad (3.387)$$

114. Иссиқлик элткич оқимининг каналда ҳаракати даврида босимнинг йўқотилиши:

$$\Delta P_r = \lambda_{\text{тп}} \frac{l}{D_{сн}} \cdot \overline{\rho_{сн}} \cdot \frac{w_{сн}^2}{2} = 0,0172 \cdot \frac{12,65}{0,185} \cdot 0,815 \cdot \frac{25^2}{2} = 300 \text{ Па} \quad (3.388)$$

115. Иссиқлик элткич оқими таркибида қаттиқ фаза бўлганлиги туфайли босимнинг қўшимча йўқотилиши:

$$\Delta P_m = \overline{\rho_{м.сн}} \cdot \chi \cdot l \cdot \frac{v_{сн}^2}{R_{сн}} = 1799 \cdot 28 \cdot 10^{-5} \cdot 12,65 \cdot \frac{11,9^3}{0,693} = 386 \text{ Па} \quad (3.389)$$

116. Юклама остида бўлган спиралсимон канал гидравлик қаршилиги:

$$\Delta p = \Delta p_r + \Delta p_m = 300 + 386 = 686 \text{ Па}$$

117. Уюрмавий камера гидравлик қаршилиқ коэффиценти:

$$\xi_0 = 206 \cdot \left(\frac{\sum b}{D} \right)^{1,86} = 206 \cdot \left(\frac{0,039}{0,36} \right)^{1,86} = 3,31 \quad (3.390)$$

118. Юклама остидаги уюрмавий камеранинг гидравлик қаршилиқ коэффиценти ушбу формуладан аниқланади:

$$\xi = 1,46 \cdot i_{\text{вк}}^{-0,12} \cdot \xi_0^{0,89} = 1,46 \cdot 32,9^{-0,12} \cdot 3,31^{0,89} = 2,79 \quad (3.391)$$

119. Каналдаги икки фазали оқимда қаттиқ материал ҳажмий концентрацияси ушбу тенгламадан топилади:

$$X = \frac{\mu_{\text{вх}} \cdot \omega_{\text{вх}} \cdot \rho_{\text{пр}}}{(w_{\text{вх}} - U_{\text{вк}}) \cdot \rho_{\text{м.пр}}} = \frac{0,067 \cdot 60 \cdot 0,92}{(60 - 58,2) \cdot 1440} = 1,435 \cdot 10^{-3}$$

120. Юкламасиз уюрмавий камеранинг гидравлик қаршилиги ушбу формуладан ҳисобланади:

$$\Delta p_{\text{з.вк}} = \xi_0 \cdot \rho_{\text{пр}} \cdot \frac{w_{\text{вх}}^2}{2} = 3,31 \cdot 0,92 \cdot \frac{60^2}{2} = 4610 \text{ Па}$$

121. Юклама остидаги уюрмавий камеранинг гидравлик қаршилиги қуйидаги тенглама ёрдамида аниқланади:

$$\Delta p_{\text{вк}} = \xi(1 + X_{\text{вк}}) \cdot \rho_{\text{нр}} \cdot \frac{w_{\text{вк}}^2}{2} = 2,79 \cdot (1 - 1,435 \cdot 10^{-3}) \cdot 0,92 \cdot \frac{60^2}{2} = 4610 \text{ Па}$$

122. Уюрмавий камерада чиқишда иссиқлик элткич зичлиги:

$$\overline{\rho_{\kappa}} = \frac{P}{273 + T_{\kappa}} \cdot \frac{1 + \overline{X_{\kappa}}}{R_r + R_p \cdot \overline{X_{\kappa}}} = \frac{100}{273 + 60} \cdot \frac{1 + 1,0567}{0,287 + 0,462 \cdot 0,0567} = 1,013 \text{ кг/м}^3$$

123. Уюрмавий камерада чиқишда газ фазанинг сарфи ушбу формуладан топиш мумкин:

$$V_{\kappa} = \frac{L(1 + \overline{X_{\kappa}})}{\overline{\rho_{\kappa}}} = \frac{3426 \cdot (1 + 0,0567)}{1,013} = 3570 \text{ м}^3/\text{ч}$$

124. Циклон камераси кўндаланг кесими орқали ўтаётган газ тезлиги:

$$\Delta w_{\text{ц}} = \frac{V_{\text{шк}}}{900\pi \cdot D_{\text{ц}}^2} = \frac{3570}{900 \cdot 3,14 \cdot 0,6^2} = 3,51 \text{ м/с}$$

125. Циклон камерасининг гидравлик қаршилиги ушбу формулада ёрдамида ҳисобланади:

$$\Delta p_{\text{ц}} = \xi \rho_{\text{ц}} \frac{w_{\text{ц}}^2}{2} = 150 \cdot 1,013 \cdot \frac{3,51^2}{2} = 938 \text{ Па}$$

126. Қуриткичнинг гидравлик қаршилиги ушбу тенгламадан топилади:
юкламасиз

$$\Delta P = \Delta p_{\text{ц}} + \Delta p_{\text{вк}} + \Delta p_{\text{ц}} = 300 + 5480 + 938 = 6718 \text{ Па}$$

юклама билан

$$\Delta P = \Delta p_{\text{ц}} + \Delta p_{\text{вк}} + \Delta p_{\text{сп}} = 686 + 4610 + 938 = 6234 \text{ Па} \quad (3.392)$$

Газ фазани ҳайдаш учун вентилятор ёки турбогазодувка пневмоқуриткичнинг энг катта гидравлик қаршилиқ бўйича танланади.

3.18. Мавҳум қайнаш қатламли кристаллизатор ҳисоби

Сувли эритмадан мавҳум қайнаш қатламли вакуум-кристаллизаторда MgSO_4 ни кристаллаб ажратиш учун қурилма ҳисоблансин.

Бошланғич маълумотлар:

эритма бўйича унумдорлиги $G_{\text{н}}=18 \text{ т/соат}$;

эритмада MgSO_4 миқдори $Y_{\text{н}}=27 \text{ \% (масс.)}$;

эритма температураси $t_{\text{н}}=50^\circ\text{C}$;

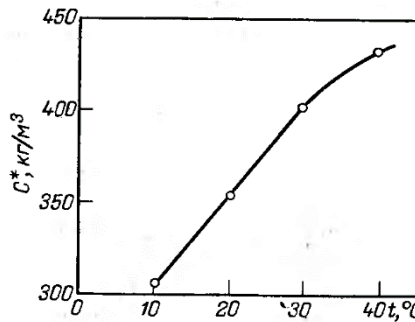
кристаллизатордан чиқишда қолдиқ эритма температураси $t_{\text{к}}=15^\circ\text{C}$;

кристал ўртача ўлчами $r=2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

Кристаллизатордан чиқишда эритма концентрацияси. Температура $10...30^\circ\text{C}$ оралиғида MgSO_4 мувозанат эрувчанлиги температуранинг чизиқли функция билан ифодаланади (3.45-расм) [59]:

$$C^* = at + b \quad (3.393)$$

бу ерда $a=4,8$ ва $b=257$.



3.45-расм. $MgSO_4$ мувозанат эрувчанлигининг температурага боғлиқлиги.

Кристал ўстиргичдан чиқишда эритманинг концентрацияси ушбу формуладан топилади [58]:

$$C_k = 0,05S_{np} + at_k + b \quad (3.394)$$

бу ерда S_{np} эритманинг чегаравий ўта тўйиниши, кг/м³.

Чегаравий ўта совитиш маълум бўлса, эритманинг чегаравий ўта тўйиниши ушбу эмпирик тенгламадан аниқлаш мумкин:

$$\Delta t_{np} = 62,59q^{-0,772} \cdot \exp(-0,027q) \quad (3.395)$$

бу ерда $q=65,7$ кЖ/кг - кристалланиш иссиқлиги.

Унинг сон қиймати қуйидагига тенг:

$$\Delta t_{np} = 62,59 \cdot 3,87^{-0,772} \cdot \exp(-0,027 \cdot 3,87) = 19,83^\circ C \quad (3.396)$$

Мувозанат эрувчанликнинг температурага боғлиқлигидан чегаравий ўта тўйинишни топамиз $S_{np} = 91$ кг/м³. Ушбу қийматни (3.394) формулага қўйиб эритманинг кристаллизатордан чиқишдаги концентрациясини аниқлаймиз:

$$C_k = 0,05 \cdot 91 + 4,8 \cdot 15 + 257 = 333,6 \text{ кг/м}^3$$

Кристал ўстиргичнинг ишчи баландлигини аниқлаш учун қатлам ғоваклилиги, эритма тезлиги ва масса ўтказиш коэффициентлари каби параметрлар маълум бўлиши керак. Мавҳум қайнаш қатламли кристаллизаторларда ғоваклиликнинг оптимал қиймати $\varepsilon=0,75$ [58].

Мавҳум қайнаш қатламли кристаллизаторда эритманинг тезлиги ушбу тенгламадан аниқланади [58]:

$$w = 2,33 \cdot \left(\frac{\varepsilon}{1,05} \right)^3 \cdot \sqrt{\frac{r \cdot (\rho_x - \rho_y)}{\rho_y}} = 2,33 \cdot \left(\frac{0,75}{1,05} \right)^3 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-3} (1680 - 1300)}{1300}} = 0,021 \text{ м/с} \quad (3.397)$$

бу ерда $\rho_x=1680$ кг/м³ – кристаллик фаза зичлиги; $\rho_y=1300$ кг/м³ – C_k да эритма зичлиги.

Ҳажмий масса ўтказиш коэффициенти аниқлаш учун аввал қуйидаги параметрларни топиб олиш керак: $25^\circ C$ температура, $C=C_k=333,6$ кг/м³, $Y=336 \cdot 100/1300=25,7\%$ да қолдиқ эритма кинематик қовушқоқлик коэффициенти И75-жадвалдаги маълумотларни экстраполяция қилиб топилади, яъни $\nu=4,29 \cdot 10^{-6}$ м²/с.

$15^\circ C$ температурада қолдиқ эритма кинематик қовушқоқлик коэффициенти

қуйидагига тенг:

$$\nu_{15} = \frac{\nu_{25} \cdot \nu_{15}}{\nu_{25}} = \frac{4,29 \cdot 10^{-6} \cdot 1,16 \cdot 10^{-6}}{0,91 \cdot 10^{-6}} = 5,4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 / \text{с}$$

Қатламдаги кристаллар солиштирма юзаси ушбу тенгламадан топиш мумкин:

$$\gamma = 0,447 \sqrt{\frac{(\rho_x - \rho_y) \cdot (1 - \varepsilon) \cdot \varepsilon^3 \cdot g}{w \cdot \mu}} = 0,447 \cdot \sqrt{\frac{(1690 - 1300) \cdot (1 - 0,75) \cdot 0,75^3 \cdot 9,81}{0,021 \cdot 5,4 \cdot 10^{-6} \cdot 1300}} = 730,1 \text{ м}^{-1} \quad (3.398)$$

И75-жадвалдан 25°C температура ва C_k да $MgSO_4$ нинг сувдаги диффузия коэффиценти $D_{25}=0,447 \text{ м}^2/\text{с}$.

15°C температура диффузия коэффиценти қуйидагича аниқланади:

$$D_{15} = D_{25} \cdot \frac{(273+15) \cdot \mu_{\varepsilon 25}}{(273+25) \cdot \mu_{\varepsilon 15}} = 0,447 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{283 \cdot 0,9 \cdot 10^{-3}}{293 \cdot 1,15 \cdot 10^{-3}} = 0,34 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2 / \text{с} \quad (3.399)$$

Аниқланган f, D ва ν қийматларни қуйидаги формулага қўйиб, масса ўтказиш коэффицентини топамиз:

$$K_{\text{св}} = \beta_c \cdot f = 0,105 \cdot 10^{-3} \cdot f \cdot w \cdot \left(\frac{\nu}{D} \right)^{0,07} = 0,105 \cdot 10^{-3} \cdot 730,1 \cdot 0,021 \cdot \left(\frac{5,4 \cdot 10^{-6}}{0,34 \cdot 10^{-9}} \right)^{0,07} = 0,0032 \text{ с}^{-1}$$

Мавҳум қайнаш қатламининг ишчи баландлигини топиш учун константа A ни (3.401) формуладан ҳисоблаш керак. Кристалл иссиқлик сиғими $c_{px}=945 \text{ кЖ}/(\text{кг} \cdot \text{К})$. Кристаллар ажратиб олингандан кейин қолган суюқлик (маточный) иссиқлик сиғими ушбу тенгламадан аниқланади:

$$c_{py} = c_{px} \cdot Y_k + 4190 \cdot (1 - Y_k) = 945 \cdot 0,257 + 4190 \cdot (1 - 0,257) = 3356 \text{ Ж}/(\text{кг} \cdot \text{К}) \quad (3.400)$$

Константа A эса қуйидагига тенг:

$$A = \frac{q}{c_{py} \cdot \rho_y \cdot \varepsilon + \rho_x \cdot c_{px} \cdot (1 - \varepsilon)} = \frac{15,7 \cdot 4190}{3356 \cdot 1300 \cdot 0,75 + 945 \cdot 1680 \cdot (1 - 0,75)} = 0,018 \quad (3.401)$$

Унда, мавҳум қайнаш қатламининг ишчи баландлиги қуйидагига тенг:

$$H = \frac{0,021}{0,0032 \cdot (1 + 4,8 \cdot 0,018)} = 6,0 \text{ м}$$

Маълумки, мавҳум қайнаш қатламининг ишчи баландлиги кристал ўстиргич баландлигининг 0,75 улушини ташкил этади. Унда, сепарацион бўшлиқни ҳам инобатга олинса [58], кристаллизатор баландлиги ушбу қийматга эга:

$$H = \frac{6,0}{0,75} = 8,0 \text{ м}$$

Ушбу тенгламалар системасини ечиб,

$$C_{\kappa} = C'_n - \frac{C'_n - (at'_n + b)}{1 + a \cdot A} \cdot \left\{ 1 - \exp \left[-\frac{K_{\text{вс}}}{w} \cdot (1 + a \cdot A) \cdot H \right] \right\} \quad (3.402)$$

$$t_{\kappa} = t'_n - A \cdot \frac{C'_n - (at'_n + b)}{1 + a \cdot A} \cdot \left\{ 1 - \exp \left[-\frac{K_{\text{вс}}}{w} \cdot (1 + a \cdot A) \cdot H \right] \right\}$$

кристаллизаторга киришдаги эритма концентрацияси ва температурасини ҳисоблаймиз,

$$333,6 = C'_n - \frac{C'_n - (4,8t'_n + 257)}{1 + 4,8 \cdot 0,018} \cdot \left\{ 1 - \exp \left[-\frac{0,0032}{0,021} \cdot (1 + 4,8 \cdot 0,018) \cdot 6 \right] \right\}$$

$$15 = t'_n - \frac{0,018 - (4,8t'_n + 257)}{1 + 4,8 \cdot 0,018} \cdot \left\{ 1 - \exp \left[-\frac{0,0032}{0,021} \cdot (1 + 4,8 \cdot 0,018) \cdot 6 \right] \right\}$$

яъни $C'_n = 341,2 \text{ кг} / \text{м}^3$, $t'_n = 14,8^\circ \text{C}$.

Буғланиш мосламасидаги босим, кристалл фаза бўйича унумдорлик ва буғланаётган сув сарфи.

Буғланиш мосламасидаги эритма концентрацияси кристал ўстиргичга кираётган эритма концентрациясига тенг:

$$Y_n = \frac{C'_n}{\rho_y} = \frac{341,2 \cdot 100}{1308} = 26,1\%$$

Ушбу концентрацияга атмосфера босимида тўғри келадиган температура депрессияси $\Delta' = 2,6^\circ \text{C}$.

Биринчи яқинлашишда буғланиш мосламасида босим қуйидаги температурага тенг деб қабул қилиб, $t_u = t_n - 2,6 = 14,8 - 2,6 = 12,2^\circ \text{C}$, яъни $P_n = 0,00147 \text{ МПа}$, Тишченко формуласи ёрдамида температура депрессиясини ҳисоблаймиз:

$$\Delta' = \frac{2,6 \cdot 16,2 \cdot (273 + 12,2)^2}{2465 \cdot 10^3} = 1,4^\circ \text{C}$$

Буғланиш мосламасидаги босим ва температураларнинг ҳақиқий қийматлари $t_u = t_n - 1,4 = 14,8 - 1,4 = 13,4^\circ \text{C}$, яъни $P_n = 0,00159 \text{ МПа}$ га тенг.

Кристал фаза ва буғлатилаётган сув бўйича унумдорликларни моддий (3.403) ва иссиқлик (3.404) баланс тенгламалар системасини ечиб оламиз.

$$G_x = \frac{G_n \cdot (y_n - y_{\kappa}) - W \cdot Y}{Y_{\kappa} - M/M_{\kappa 2}} \quad (3.403)$$

$$G_n \cdot c_{\text{рук}} \cdot t_n + G_{\kappa} \cdot q \pm Q = G_{\kappa} \cdot c_{\text{рх}} \cdot t_{\kappa} + (G_n - G_{\kappa} - W) \cdot c_{\text{рук}} \cdot t_{\kappa} + W \cdot I \pm Q_{\text{ном}} \quad (3.404)$$

Сувсиз MgSO_4 кристал ва кристаллогидрат $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ лар молекуляр массаларининг нисбати қуйидагига тенг:

$$\frac{M}{M_{\kappa 2}} = \frac{120,3}{246,3} = 0,49$$

Бошланғич эритма иссиқлик сиғими:

$$c_{py.u} = 945 \cdot 0,27 + 4190(1 - 0,27) = 3370 \text{ Ж} / (K_2 \cdot K)$$

(3.403) ва (3.404) формулаларга маълум қийматларни қўйиб, унумдорлик ва буғлатилган сув сарфини ҳисоблаймиз:

$$G_x = \frac{18000 \cdot (0,257 - 0,27) - 0,257 \cdot W}{0,257 - 0,49}$$

$$18000 \cdot 3370 \cdot 50 + 15,7 \cdot 4190 \cdot G_x = 945 \cdot 15 \cdot G_x + (18000 - G_x - W) \cdot 3356 \cdot 15 + 2519,1 \cdot 10^3 \cdot W$$

Бундан, $G_x = 2046,5$ кг/соат; $W = 944,9$ кг/соат.

Кристал ўстиргич диаметри.

Секундли сарф формуласидан кристал ўстиргич диаметри аниқланади:

$$D_k = \sqrt{\frac{4V_{up}}{3600\pi w}}$$

бу ерда V_{up} – циркуляция қилаётган эритма сарфи, м³/соат. Уни қурилманинг кристаллик фаза бўйича унумдорлиги бўйича ҳисобланади:

$$V_{up} = \frac{G_x}{C_n - C_k} = \frac{2046,5}{341,2 - 333,6} = 269,3 \text{ м}^3 / \text{соат} \quad (3.405)$$

Циркуляция қилаётган эритма сарфи V_{up} қийматини формулага қўйиб кристал ўстиргич диаметрини аниқлаймиз:

$$D_k = \sqrt{\frac{4 \cdot 269,3}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,021}} = 2,13 \text{ м}$$

Кристал ўстиргич ҳисобини текшириш.

Қатламдаги кристал массаси:

$$G_{xnn} = 0,785 D_k^2 \cdot L \cdot (1 - \varepsilon) \cdot \rho_x = 0,785 \cdot 2,13^2 \cdot 6 \cdot (1 - 0,75) \cdot 1680 = 8974,9 \text{ кг} \quad (3.406)$$

Кристал ўсиш тезлигининг коэффиценти:

$$k = \frac{K_{uc} \cdot r}{1 - \varepsilon} = \frac{0,0032 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{1 - 0,75} = 2,55 \cdot 10^{-5} \text{ м} / \text{с} \quad (3.407)$$

Кристал ўртача ўлчамининг ҳисобланган қиймати:

$$r = k \cdot \frac{3600w \cdot G_{xnc}}{\rho_x \cdot K_{uc} \cdot H \cdot G_x} = \frac{2,55 \cdot 10^{-5} \cdot 3600 \cdot 0,021 \cdot 8474,9}{1680 \cdot 0,0032 \cdot 6 \cdot 2046,5} = 2,07 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (3.408)$$

Қабул қилинган $r = 2$ мм билан фарқи 3,5% ни ташкил этади.

Буғлатиш мосламасининг асосий параметрлари.

Вақт бирлигида юза бирлигидан ажратиб олинаятган буғ фаза массаси ($\sigma = 150$ кг/м²·соат) га таяниб буғланиш юзасини аниқлаш мумкин [4]:

$$S_u = \frac{W}{\sigma} = \frac{944,9}{150} = 6,3 \text{ м}^2 \quad (3.409)$$

Буғлатиш мосламасининг диаметри:

$$D_u = \sqrt{\frac{4S_u}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 6,3}{3,14}} = 2,8 \text{ м}$$

Сепарацион бўшлиқ диаметрини буғ учун рухсат этилган тезлик асосида аниқлаш мумкин [58]:

$$w_{pэ} = \sqrt[3]{\frac{4,26}{\rho_n}} = \sqrt[3]{\frac{4,26}{0,0117}} = 7,14 \text{ м/с}$$

Буғ тезлигини рухсат этилган тезликдан 20% кам деб қабул қилиб, сепарацион бўшлиқ диаметрини топамиз:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot W}{3600 \rho_n \cdot w_{pэ} \cdot 0,8 \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 944,9}{3600 \cdot 0,0117 \cdot 7,14 \cdot 0,8 \cdot 3,14}} = 2,24 \text{ м}$$

Курилма конструкциясини соддалаштириш мақсадида сепаратор ва буғланиш мосламаларининг диаметрини бир хил қилиб оламиз, яъни $D_u = D_c = 2,8$ м деб қабул қиламиз.

Буғланиш камераси буғ учун бўшлиқнинг ҳажмини топиш учун ушбу бўшлиқ кучланишини билиш керак. Ушбу параметр эса, камерадаги босимнинг функциясидир. Плановский А.Н. китобида келтирилган $\sigma_v = f(P_u)$ графикдан $\sigma_v = 4500$ соат⁻¹ эканлигини аниқлаймиз [14].

Буғ учун бўшлиқнинг ҳажми:

$$V = \frac{W}{\rho_n \cdot \sigma_v} = \frac{944,9}{0,0117 \cdot 4500} = 17,94 \text{ м}^3 \quad (3.410)$$

Буғланиш камераси сепарацион қисмининг баландлиги қуйидаги формуладан топилади:

$$H_c = \frac{V}{0,785 D_u^2} = \frac{17,94}{0,785 \cdot 2,8^2} = 2,8 \text{ м} \quad (3.411)$$

4 боб. ҚУРИЛМА АСОСИЙ ҚИСМ ВА ДЕТАЛЛАРИНИНГ МЕХАНИК ҲИСОБИ

Механик ҳисоблашдан мақсад ишчи шароитда қурилманинг мустаҳкамлигини таъминлашдир. Ушбу ҳисоблаш стандарт, норма ва тасдиқланган ҳужжатлар асосида бажарилади.

Қобик труба қурилмаларнинг асосий техник параметрлари бўлиб қобик девори ва днишченинг қалинлиги ҳисобланади. Ундан ташқари ушбу босқичда таянчнинг конструктив параметрлари аниқланади

4.1. Технологик трубалар

Технологик труба қувурлар кимё саноати корхоналаридаги технологик қурилмаларнинг ажралмас қисми ҳисобланади.

Кимё ва нефтни қайта ишлаш корхоналари труба қувурларининг узунлиги ва уларга металл сарфи жуда катта. Шунинг учун монтаж ишлари мураккаб ва кўп меҳнат талаб қилади. Труба қувурларини ишчи ҳолатда ушлаб туриш кўп ишчиларни жалб қилишни тақозо этади. Замонавий нефтни қайта ишлаш корхонасида труба қувурларини монтаж қилиш ишлари умумий монтаж ишларининг 50...60% ни ташкил қилади.

Труба қувурларининг вазифаси турлича: у унинг номланиши ва конструктив жиҳозланишини белгилайди. Труба қувурлари технологик қурилмаларни ягона системага бирлаштиради, ҳамда қурилмалар ва корхона цехлари орасидаги боғланишни таъминлайди. Хом-ашё, ярим маҳсулот ва тайёр маҳсулотларни транспортировка қилиш учун мўлжалланган узун труба қувурлари, магистрал қувурлар деб номланади.

Труба қувурлари орқали суюқлик, газ ёки таркибида каттиқ заррачалар бор аралаш оқимлар ҳаракатланади. Труба қувурларини тўғри эксплуатация қилиш учун улардаги босим, ҳамда узатилаётган муҳитнинг температураси, коррозия ва эрозия фаоллигини билиш зарур. Одатда, труба қувурининг ташқи томонини ювиб турувчи муҳитнинг хоссалари аниқловчи омил бўлади. Трубани тайёрлаш усули ва материални, ҳажми ва монтаж қилишни, уни таъмирлашни эксплуатацион параметрларга қараб белгиланади.

Ҳар бир труба қувурининг асосий элементи - трубалар. Труба қувурларининг кўчилигини пўлат трубалар ташкил этади. Трубалар чоксиз ва чокли (пайвандланган) бўлиб, турли маркали пўлатлардан ясалади. Коррозия фаол муҳитлар учун биметалл трубалар қўлланилади. Худди шу муҳитлар учун ички юзаси полимер материал, резина ва эмаллар билан қопланган чоксиз трубаларни ишлатиш мумкин.

Айрим ҳолларда, 0°C дан паст температураларда эксплуатация қилинадиган труба қувурлари рангли ёки уларнинг қотишмалардан тайёрланади.

Коррозия фаол муҳитларни узатиш учун нометалл материаллар (фаолит, винипласт, шиша, керамика ва ҳ.) лар дан ясалган труба қувурлари кимё саноатида кенг қўлланилади.

Труба қувурларини монтаж қилиш ва таъмирлаш усуллари труба қувурларининг материалига, ҳамда унинг ўлчамлари ва ерга нисбатан жойлашишига боғлиқ.

Ҳамма труба қувурлари ишчи чизмалар ва тасдиқланган лойиҳа асосида қурилади. Мунтазам равишда кузатиладиган, тез-тез таъмирланадиган труба қувурлари, одатда фақат

таянчларга ўрнатилади. Агарда, эстакадага бир неча қатор труба қувурлари жойлаштириладиган бўлса, агрессивлиги юқори, заҳарли ва ёнувчан муҳитли труба қувури энг пастки қаторга ўрнатилиши зарур. Чунки, бундай жойлаш таъмирлаш ва кузатиш ишларини осонлаштиради. Ундан ташқари, авариялар бўлганда бошқа труба қувурларига ушбу моддалар ўтиб ёки оқиб тушмайди ва зарар етказмайди. Иссиқлик элткич ва конденсатлар учун труба ва буғ қувурлари таянч ва эстакадаларда, ҳамда ишончли канал типигадаги очиқ лотокларда ўрнатилади.

Фланецли, иссиқлик қопламали бир текисликда ётган қўшни труба қувурларининг ўқлари орасидаги масофа L ни қуйидаги формуладан аниқлаш мумкин:

$$L = \frac{D_1 + D_2}{2} + a \quad (4.1)$$

бу ерда D_1 ва D_2 – қўшни труба фланецларининг ташқи диаметри, м; a – фланецлар орасидаги масофа, м; трубалар диаметри 200 мм дан кам бўлганда $a=80\ldots100$ мм; трубалар диаметри 250...700 мм бўлса $a=105\ldots150$ мм.

Энг четки труба қувури ўқидан қўшни конструктив элементгача бўлган масофа c ушбу формула орқали топилади:

$$c = \frac{D}{2} + a \quad (4.2)$$

бу ерда D – труба қувури фланецининг ташқи диаметри.

Кўпчилик ишлатилаётган труба қувурлари статик электр майдони таъсирига дучор бўлади. Шунинг учун, труба қувурларини ерга улаб қўйиш керак.

Кўрилатган труба қувурлари хизматчилар, машина ва юк кўтарувчи транспорт юриш ва ўтиш йўлларини ёпиб қўймаслиги керак. Эстакада ёки ер устидаги энг пастки труба қувури белгиланган баландликда бўлиши зарур: темир йўллари устидан 5,5 м; автомобил йўли устидан 4,5 м; йўловчилар йўлидан 2 м; шуни алоҳида таъкидлаш керакки, юқорида қайд этилган участкалар устидан фақат пайвандланган (фланец, арматура, компенсатор ёки бошқа мосламасиз) труба қувурлари ўтказилади.

Жойлашишига қараб, ер ости ва ер устидаги труба қувурлари бўлади. Ер устида жойлашган труба қувурлари кенг тарқалган, чунки уларни техник назорат қилиш осон.

Труба қувурлари, айниқса ер остидагилари, кўндаланг кучлар таъсиридан химояланган бўлиши даркор. Шунинг учун, йўллар остидаги труба қувурлари туннель ёки гильзаларга жойланади. Ундан ташқари, девор ва бетон шиплар орқали труба қувурлари ўтказилганда ҳам гильзалардан фойдаланилади. Ушбу усул, қурилиш конструкциясидан қатъий назар, температура деформациялари труба қувурига шикаст етказмайди. Одатда, гильзалар мустаҳкам ва кўзгалмас қилиб ўрнатилади. Ҳар доим, пайванд чоклари гильза ичига тўғри келмаслигига ҳаракат қилиш керак.

Ер ости труба қувурлари энг камида 0,5 м чуқурликда ётказилиши керак. Музлайдиган ерлар учун труба қувури ўрнатиш чуқурлиги, музлаш чуқурлигидан 0,1 м кўп бўлиши зарур. Темир ва трамвай йўллари билан кесишадиган жойларда гильзали труба қувурлари шпал остидан энг камида 1 м чуқурликда ўтиши керак. Автомобил йўллари остидаги труба қувурларини ўтказиш чуқурлиги 0,8 м дан кам бўлмаслиги керак.

Труба қувурларини саноат иншоотларининг девори орқали ўтказиш ман қилинади. Айрим ҳолларда, кичик диаметрли труба қувурларини деворга маҳкамланган таянчларда ўтказиш мумкин, лекин улар ойна ва эшикларга тўсқинлик қилмаслиги керак.

Бинолог, қурилмалар фундаменти ва саноат иншоотлари остидан труба қувурларини ўтказиб бўлмайди. Ер ости труба қувурлари коррозиядан мукамал химояланган бўлиши

керак. Технологик труба қувурлари маълум қияликда ўрнатилиши керак, чунки муҳит узатилиши тўхтатилганда уни бўшатиш осонлашади.

4.2. Технологик трубалар шартли диаметри ва уларнинг стандарт қатори

Технологик қувурлар цех ичидаги ва цехлараро қувурларга бўлинади. Цех ичидаги айрим қурилмаларни, машина ва ускуналарни бирлаштирувчи труба қувурлари, цехларарога эса – турли цехлардаги қурилмаларни бирлаштирувчи трубалар киради.

Технологик труба қувурлари бир қатор 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 исталган иккита элементи бир хил D_y га эга бўлса, унда уларнинг қўндаланг кесим юзалари ва бирлаштирувчи ўлчамлари ҳам бир хил бўлади. Шартли диаметр қатори 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; 2000; 2400; 3000; 3400; 4000.

20°C температурали муҳитнинг максимал муҳитнинг ортиқча босимида труба ва труба қувурлари элементларини ҳавфсиз ва узоқ муддатли эксплуатациясини таъминловчи босим – бу шартли босим P_y .

200°C температурагача муҳитнинг шартли босими ва ишчи босими бир-бирига мос тушади. Ундан юқори температурада шартли босим қиймати ишчи босим қийматидан катта бўлиши керак.

Давлат стандарти қуйидаги **шартли босимлар** қаторини белгиланган (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 қараб гуруҳларга бирлаштириш учун қуйидаги 3 асосий параметр бўйича классификация қилинган: ишчи босим; ишчи температура; муҳит хоссалари ва параметрлари.

Узатилаётган муҳит хоссаларига қараб труба қувурлари 5 гуруҳга ажратилган (А, Б, В, Г, Д), муҳит параметрлари (босим ва температура)га қараб 5 та категорияга бўлинади (I, II, III, IV, V).

А - Д – гуруҳ труба қувурлари: суюқ ва газсимон заҳарли маҳсулотлар учун;

Б – ёнувчан ва фаол газлар, ёнувчан ва енгил аланга олувчан суюқликлар учун;

В – ўта қизиган сув буғи учун;

Д – ёнмайдиган газ, суюқлик ва буғлар учун.

Ҳар бир гуруҳ ичида, труба қувурлари яна категорияларга ажратилган. Чунончи, Б гуруҳида 350-700°C да енгил аланга олувчи суюқликлар учун I категорияли труба қувури зарур, - 150 дан +120°C температурагача IV категорияли труба қувури керак. Ҳар бир категория труба қувурлари учун лойиҳалаш, монтаж, эксплуатация ва таъмирлаш нормалари ўрнатилган.

4.3. Трубаларни танлаш

Технологик труба қувурларида ишлатиладиган труба, фланец, бирлаштирувчи ва маҳкамловчи деталлар ГОСТ, техник шарт ва нормалар талабларига мос келиши керак.

Тайёрлаш усулига қараб чоксиз ва пайвандланган трубалар бўлади. Чоксиз трубалар совуқ тортилган, жуваланган, иссиқ жуваланган ва крекингли бўлиши мумкин. Пайвандланган трубалар электр пайвандлаб ясалади ва чоклар қўндаланг ва бўйлама қилиб бажарилади.

5-4 жадвалда энг кўп қўлланиладиган трубалар тури ва улар ясаладиган пўлатлар маркалари келтирилган.

Пўлат трубалардан ташқари, винипласт, полиэтилен, эмаль, резина ва шиша билан қопланган трубалар кенг қўламда қўлланилмоқда (5-2 жадвал).

Ушбу трубалар пўлат трубалар мустаҳкамлигига ва қоплама материалнинг коррозия бардошлигига эга. Ундан ташқари, бу трубаларга бирлаштирувчи деталлар ҳам мос равишда ишлаб чиқарилади. Трубалар ўлчамлари ва қўллаш чегаралари ГОСТ ва техник шартлар билан белгиланади.

Рангли металлдан, асосан мис ва алюминий трубалари саноат миқёсида кенг қўлланилади.

Диаметри 219 мм гача ўлчамли биметалл (ташқи қатлам углеродли пўлат – ички қатлам легирланган пўлат (ёки тескари), ташқи қатлам мис – ички қатлам углеродли пўлат ёки тескари) трубалар ҳам ишлаб чиқарилади.

Ҳозирги кунда пластмасс трубалар кенг қўламда қўлланилмоқда. Улар пўлат трубалардан коррозия бардошлиги, кичик массаси ва бошқа афзалликлари билан пўлат трубалардан фарқланади. Лекин юқори температураларда мустаҳкамлиги жуда паст. Масалан, 50°C дан юқори температураларда полиэтилен трубаларни қўллаб бўлмайди. Саноат миқёсида винипласт трубалар 60°C ва 0,6 МПа босимгача фаолит, 160°C ва 0,6 МПа босимгача босимгача полиэтилен, полипропилен, графитопласт АТМ-1, фторопласт-4 трубалар чиқарилади.

Фторопласт трубалар юқори коррозияга қарши диэлектрик хоссалари ҳамда паст ва юқори температуралар (қўллаш соҳаси -100 дан +250°C) гача ва юқори (бошқа металмас трубаларга нисбатан) мустаҳкам. Янада катта мустаҳкамликка шишапластик (боғловчи смолалар шимдирилган шиша толалар) трубалар эга. Бу трубалар коррозия бардош ва кичик массага эга, лекин газ ютиш хоссага эга бўлгани учун саноатда қўлланиши чекланган.

Коррозия – фаол маҳсулотларни узатиш, ҳамда шлам чиқариш ва канализация трубалари учун юқори кремнийли чўян трубалар қўлланилади.

Трубалар деворининг қалинлиги ва диаметри қувурнинг узунлиги билан белгиланади.

Труба қувурининг ички диаметри гидравлик ҳисоблашлар асосида аниқланади. Бунинг учун муҳит сарфи, хоссалари ва ҳолати берилган бўлиши керак. Одатда, труба қувурининг шартли ички диаметри деганда, трубанинг номинал ички диаметри тушунилади. Трубанинг ҳақиқий диаметри унинг девори қалинлигига боғлиқ. Қўпинча ҳақиқий ва шартли ўтиш диаметрлари бир бирига тенг.

Шартли ўтиш диаметрлари унификацияланган. Бу труба деталлари ва арматураларни ўзаро осон алмаштиришни таъминлайди.

ГОСТ бўйича қуйидаги шартли диаметрлар бўлади (мм): 10, 15, 20, 25, 40, 50, 65, 80, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 275, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1400, 1600.

Диаметри 175, 450, 700, 900, 1100 мм ли трубаларни умумий труба қувурлари учун қўллаш тавсия этилади.

Труба ўлчами иккита рақам билан белгиланиши қабул қилинган, яъни ташқи диаметри ва деворининг қалинлиги. Масалан, 76х6 (ташқи диаметр 76 мм, деворининг қалинлиги 6мм). Трубалар тўғрисидаги тўлиқ маълумот улар учун каср кўринишида ўрнатилган шартли белгилаш берилган бўлади. Каср суратида труба ташқи диаметри (мм),

деворининг қалинлиги, тўлиқ узунлиги ёки каррали узунлиги (яъни, қолдиқсиз бўлинадиган труба узунлиги) ва труба учун ГОСТ келтирилган; махражда эса – труба материалининг жўнатиш гуруҳи ва материал ГОСТ и.

ГОСТ да турли материаллардан тайёрланган катта қаторда трубалар типик ўлчамлари назарда тутилган.

ГОСТ да труба қувурлари ва арматуралар учун ўрнатилган шартли, синов ва ишчи босимлар келтирилган.

Шартли босим деганда, “муҳит температураси 200°C дан ошмаган” температурада труба қувурининг ҳисобланган шартли босими тушунилади.

Труба қувури эксплуатация жараёнидаги номинал босим ишчи босим деб ҳисобланади. Муҳит температураси 200°C гача бўлган ҳолларда ишчи ва шартли босимларни бир хил деб қабул қилса бўлади. Бундан юқори температураларда рухсат этилган ишчи босим ҳар бир ҳолат учун жадвалларда берилган маълумотлардан танланади. 5-3 жадвалда 2МХ маркали (хром-молибденли) труба ва арматура учун ишчи босимлар келтирилган.

4.3.1. Труба қувурларининг ҳисоби

Труба қувурларининг диаметрини тўғри аниқлаш, уларни қуриш ва монтажига, ҳамда энергетик ва эксплуатацион сарфлар қанча бўлишини белгилайди. Труба диаметрини аниқлашда асос бўлиб, иш унумдорлиги ва узатилаётган муҳитнинг тезлиги хизмат қилади. Труба диаметри секундли сарф тенгламасидан аниқланади:

4-1 жадвал

Технологик труба қувурлари классификацияси

Гуруҳ	Труба қувуридаги муҳит	Труба қувурлари категорияси									
		I		II		III		IV		V	
		P _p , МПа	t, °C	P _p , МПа	t, °C	P _p	t, °C	P _p	t, °C	P _p	t, °C
A	Заҳарли маҳсулотлар:										
	а) қаттиқ, заҳарли моддалар: аммиак угле-род оксиди, олтингутурт-ли водород ва углевод, тетраэтил қўрғошин, хлор, дихлорэтан, хлор-метил, синиль кислота, ароматик ва амин бирик.	Боғлиқ эмас	>-70; <+700	-	-	-	-	-	-	-	-
	б) угутовчи кислоталар: олеум; азот, хлорид ва сульфат кислоталар		>-70; <+700	-	-	-	-	-	-	-	-
	в) токсик маҳсулотлар: ацетальдегид, бензол, метанол, этилен оксид, хлорбензол, фенол, крезол, толуол, моно-хлор олтингутурт, рух оксиди, диэтил ва изо-пропилбензол, пиридин	>1,6; <0,08	>-70; <+700	>-0,08; <+1,6	>-70; <+350	-	-	-	-	-	-
B	Ёнувчи ва фаол газлар, осон ёнувчи ва ёнувчан суюқликлар										
	а) портловчи, суюл-тирилган газлар 20°C даги буғлар босими 0,6 МПа дан юқори: пропан, пропилен, этан, этилен	>2,5	>250	<2,5	>-70; <+250	-	-	-	-	-	-

	б)портловчи суюк газларва уларнинг 20°C даги буғлар босими ≤,6 МПа: бутан, бутилен, дивинил, изобутан, изобутилен	>2,5	>250; <-70	>1,6 <2,5	>-120 <250 ва>0 <-70	<1,6	> -70 <+120	-	-	-	-
	в) портловчи газлар: бутан, бутилен, водород, изобутан, изобутилен, крекинг-газ;	Боғлиқ эмас	> 350 <700	>2,5 < 6,4	>250 <350 ва >0 <-70	>1,6 <2,5	>120 <250 ва >0 <-70	<1,6	> -70 < +120	-	-
	метан, пирогаз, пропан, пропилен, ёқилғи газ, факел газ, этан, этилен	<0,08	Боғлиқ эмас	< 0,095	Боғлиқ эмас	-	-	-	-	-	-
	г) Қайнаш температура 45°C дан юкори осон ёнувчан суюкликлар: ацетон, бензин, керосин;	Боғлиқ эмас	>350 <700	>2,5 <6,4	>250 <35 ва >0 < -70	>1,6 <2,5	>120 <250 ва >0 < -70	<1,6	>-70 <+120	-	-
	Этил, бутил спирт ва эфири, гексан, гептан, изопропил спирти, бутилацетат, нефть	< 0,08	Боғлиқ эмас	< 0,095	Боғлиқ эмас	-	-	-	-	-	-
	д) ёнуви суюкликлар: мазут, мойлар, дизел ёқилғиси, гудрон, соляр мойи, асфальт, этаноламин	Боғлиқ эмас	>350 <700	>2,5<6,4	>250 <350 ва >0 <-70	>1,6 <2,5	>120 <250 ва > 0< -70	<1,6	>-70 <+120	-	-
	битум, мой дистиляти, диэтиленгликоль, диэтилкетон	<0,003	Боғлиқ эмас	< 0,08	-''-	<0,095	-''-	-	-	-	-
В	Сув буғи, ўта киздирилган	Боғлиқ эмас	>450 <660	<3,9	>350 <450	<2,2	>250 <350	<1,6	>120 <250	-	-
Г	Сув буғи тўйинган, иссиқ сув, буғ конденсати	>184	>120	>8,0 <18,4	>120	>1,6 <8,0	>120	>1 <1,6	>120	-	-
Д	Ёнмайдиган газлар, суюклик ва газлар	Боғлиқ эмас	>450 <700	>6,4 <10	>350 <450 ва >0 < -70	>2,5 <6,4	>250 <350 ва >0 < -70	<2,5	>120 <250 ва >0 <-70	<1,6	>0 <120
	азот, сув, ҳаво, инерт газлар, намоқоб, ишқор	<0,003	Боғлиқ эмас	<0,08	-''-	<0,095	-''-	-	-	-	-

4-2 жадвал

Узатилаётган муҳит хоссаларига қараб пўлат трубаларни танлаш

Чегаравий ўлчамлар			Шартли ўтиш, мм	Трубалар тури	Труба материали	
$P_{ш}$, МПа, дан кам	Температура, °С				Пўлат маркаси	ГОСТ
	от	до				
6,4	-70	-40	50-200	Чоксиз крекинг учун	10Г2	4543-61
10	-196	+600	6-50	Чоксиз совуқ юмалатиш	318Н10Т	5632-61
10	-196	+600	70-200	Чоксиз иссиқ юмалатиш	X18Н10Т	5632-61
10	-40	+450	10-40	Чоксиз совуқ юмалатиш	20	1050-60
10	-40	+450	50-400	Чоксиз иссиқ юмалатиш	20	1030-60
10	-196	+700	10-50	Чоксиз совуқ юмалатиш	X17Н13М2Т	5632-61
10	-196	+700	70-400	Чоксиз иссиқ юмалатиш	X17Н13М2Т	5632-61
1,6	-30	+300	10-400	Электр пайвандланган	20	1050-60
1,6	-30	+300	400-1400	- “ -	20	1050-60
2,5	-196	-70	10-80	- “ -	X18.Н10Т	5632-61

2,5	-40	+400	500-1000	- “ -	17ГС, 16ГН	5058-65
6,4	-70	-40	50-200	Чоксиз крекинг учун	10Г2	4543-61
10	-40	+450	10-40	Чоксиз совуқ юмалатиш	20	1050-60
10	-40	+450	50-400	Чоксиз иссиқ юмалатиш	20	1050-60
10	-450	+570	10-400	Чоксиз	12Х1МФ	10801-64
10	-196	+700	10-50	Чоксиз совуқ юмалатиш	Х17Н13М2Т	5632-61
10	-196	+700	70-200	Чоксиз иссиқ юмалатиш	Х17Ш3М2Т	5632-61
Вакуум	-40	+450	Ю-40	Чоксиз совуқ юмалатиш	20	1050-60
<	-40	+450	50-40	Чоксиз иссиқ юмалатиш	20	1050-60
<	-30	+300	450-140	Электр пайвандланган	20	1050-60
1,0		+200	10-50	Сув ва газ учун	Талабга биноан	380-60
1,6		+300	10-400	Электр пайвандланган	ВМСтЗсп	380-60
1,6		+300	10-400	- “ -	10; 20	1050-60
1,6		+300	500-140	- “ -	СтЗсп	380-60
2,5		+300	500-140	- “ -	ВМСтЗсп	380-60
10		+450	50-400	Чоксиз иссиқ юмалатиш	20	1050-60
1,0	0	+200	10-50	Сув ва газ учун	Буюртмачи талабига биноан	380-60
1,6	-30	+300	500-140	Электр пайвандланган	20	1050-60
2,5	-30	+300	10-400	- “ -	10;20	1050-60
2,5	-40	+300	500-100	- “ -	17УС; 16ГН	5058-65
6,4	-70	-40	50-200	Чоксиз крекинг учун	10Г2	4543-61
10	-196	+600	10-200	Чоксиз иссиқ юмалатиш	Х18Н10Т	5632-61
10	-40	+450	50-400	- “ -	20	1050-60

4-3 жадвал

Арматура ва 2МХ пўлатли трубалар учун ишчи босимлар

Босим, МПа		Муҳитнинг энг юкори температураси, °С								
Шартли	Синов	200	320	450	490	500	510	515	520	530
0,6	0,9	0,6	0,56	0,50	0,45	0,40	0,36	0,32	0,28	0,25
1,6	2,4	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,64
2,5	3,8	2,5	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,25	1,1	1,0
4,0	6,0	4,0	3,6	3,2	2,8	2,5	2,2	2,0	1,8	1,6
10,0	15,0	10,0	9,0	8,0	7,1	6,4	5,6	5,0	4,5	4,0

$$V_c = w \cdot \frac{\pi D_c^2}{4} \quad \text{дан} \quad D_c = \sqrt{\frac{4V_c}{\pi w}} \quad (4.3)$$

бу ерда D_c - труба ички диаметри; V_c – ҳажмий сарф; w – суюқликнинг ўртача тезлиги.

Шундай қилиб, труба диаметри нархи унда ҳаракатланаётган суюқлик тезлиги билан белгиланади. Лекин, суюқлик тезлиги қанча кўп бўлса, напор йўқотилиши шунча катта бўлади. Бу эса, ўз навбатида суюқликни узатиш учун кетаётган энергетик сарфларни ортишига олиб келади. Шунинг учун, берилган эксплуатация шароитлари учун труба диаметрини ҳисоблашдан аввал, суюқликнинг оптимал тезлигини аниқлаш керак. Бунинг учун труба қувури гидравлик қаршилигини, яъни ишқаланиш ва маҳаллий қаршиликларни билиш керак.

Труба қувурларида ишқаланиш қаршилиги ушбу формуладан топилади:

$$h_{u.к} = \lambda \frac{l}{d} \frac{w^2}{2g} \quad (4.4)$$

бу ерда l - труба қувури узунлиги; λ - ишқаланиш коэффициенти.

Суюқлик ламинар ҳаракат режимида ишқаланиш коэффициенти ушбу формуладан аниқланади:

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

Турбулент режим ($Re=4 \cdot 10^3 \dots 10^5$)да эса

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{Re}}$$

Маҳаллий қаршиликлар туфайли напор йўқотилиши қуйидаги формуладан топилади:

$$h_{u.k} = \sum \xi_{u.k} \cdot \frac{w^2}{2g} \quad (4.5)$$

Труба қувурларининг турли конструкциядаги элементлари маҳаллий қаршилик коэффициентларининг қийматлари адабиётларда келтирилган [5,26,28,49].

Юқорида келтирилган формулалардан кўриниб турибдики, трубанинг оптимал диаметрини аниқлаш учун суюқлик тезлигини белгилаб олишимиз керак. Албатта, бу тезлик техник-иқтисодий ҳисоблашлар асосида бажарилиши лозим. 4-4 жадвалда газ, буғ ва суюқликларнинг тавсия этилган тезликларининг ўзгариш чегаралари келтирилган.

4-4 жадвал

Суёқликлар		Газлар	
Муҳит	w , м/с	Муҳит	w , м/с
Қовушқлиги 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:

$$s = \frac{P \cdot D_B}{(2,3[\sigma] - P) \cdot \varphi} + C \quad \text{ёки} \quad s = \frac{P \cdot D_B}{2,3[\sigma] \cdot \varphi + P} + C \quad (4.6)$$

бу ерда $[\sigma]$ – рухсат этилган кучланиш; φ - бўйлама пайванд чокининг мустаҳкамлик коэффициенти; C – коррозияга қўшимча, одатда 0,5...5 мм ораликда қабул қилинади.

Труба девори қалинлиги аниқлангандан сўнг, эгилмаслик шартидан келиб чиққан ҳолда, таянчлар орасидаги энг максимал оралик l ушбу формуладан топилади:

$$l = \sqrt{\frac{12 \cdot [\sigma] \cdot w}{100 \cdot q_o}} \quad (4.7)$$

бу ерда $[\sigma]$ – труба материали эгилишига рухсат этилган кучланиш, $[\sigma] = 45 \dots 40$ МПа; w – труба кўндаланг кесимининг қаршилик моменти; q_p – эгишга олиб келувчи ҳисоб юкламаси.

$$q_p = n_1 q_{mp} + n_2 q_{np} + n_3 q_{uz} + n_4 q_e \quad (4.8)$$

бу ерда q_{mp} -бир метр труба массаси; q_{np} - бир метр трубадаги маҳсулот массаси; q_{uz} - бир метр иссиқлик қоплама массаси; q_e - 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:

$$l = \sqrt{\frac{\left(R^2 - \frac{P \cdot D_n}{4 \cdot s_o}\right) \cdot w_m}{8,33 \cdot q_p}} \quad (4.9)$$

бу ерда s_o – коррозияни ҳисобга олмаган ҳолатдаги труба деворининг қалинлиги; m – иш шароити коэффиценти, одатда $m = 0,8$.

4.4. Трубаларни бирлаштирувчи деталлар

Технологик қувурларда 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 захарли, портловчи ва коррозион фаол моддаларни, қолган ҳолларда эса – пайвандланган трубалар қўлланилади.

Пўлат трубалар турли маркали пўлатлардан ясалади. Кенг қўламда қўлланиладиган трубалар Ст.10 ва Ст.20 маркали пўлатдан, махсус трубалар эса – легирланган, юқори легирланган, кислотага бардошли ва иссиқликка бардошли пўлатлардан ясалади. Ундан ташқари, чўян, мис, латун, кўрғошин, керамика, алюминий, титан, стеклопластик, шиша, фарфор, пластмасса ва бошқа материаллардан тайёрланиши мумкин. Ҳозирги кунда рангли металл ва кўрғошиндан ясалган трубалар пластмассадан қилинган трубаларга алмаштирилган. Охирги пайтда винипласт, фаолит, полиэтилендан ясалган трубалар кенг миқёсда ишлатилмоқда. Бу трубалар агрессив муҳитларга ўта бардошли, лекин муҳит температураси ортиши билан қўллаш чегараси камаяди. Масалан, винипласт трубаларни 40, полипропилен трубаларни 100°C гача ва фаолитдан ясалган трубаларни 110°C гача қўллаш мумкин.

Ҳозирги кунда кимё ва бошқа саноатларда титан трубалар кенг қўламда ишлатилмоқда. Худди шундай, труба ички қисм полиэтилен, винипласт, эмаль, шиша ёки резина билан қопланган трубаларни ишлаб чиқариш яхши йўлга қўйилган.

Коррозион фаол муҳитларга нисбатан кимёвий бардошлигига, кичик солиштира оғирлиги, тайёрланиши енгил бўлишига қарамасдан, полимер материаллардан ясалган труба қувурлари мустаҳкамлиги пастлиги учун чегараланган қўламда қўлланилмоқда. Полимер труба муҳитнинг температураси ошишига жуда сезгир, чунки мустаҳкамлиги кескин равишда камаяди. Ҳозирги кунда винипласт трубалар кенг қўламда қўлланилмоқда. Улар диаметри 10...250 мм ва узунлиги 300...1500 мм ли қилиб ишлаб чиқарилмоқда ва 0,25 МПа босимга бардош беради. Винипласт трубаларни букиш учун ичи қум билан тўлдирилади ва 130...145°C да ишлов берилади. Бундай трубаларни пайвандлаш 200...210°C ли иссиқ ҳаво оқимчаси ёки газ алангасида амалга оширилади. Полиэтилен труба юқори эластикликка эга ва қурилиш ва монтаж майдончаларига катта ўрамларда келтирилади.

Полипропилен трубалар юқори температурага бардош бера олади ва температураси 150°C ва босими 1,6 МПа ли муҳитларни транспортировка қилиш учун қўлланилади.

Охирги йилларда фторопласт-4, шиша пластик, шиша толали анизотроп материалларни қўллаш оммавий тус олмоқда. Муҳит босими 0,4 МПа да шиша трубалар яхши эксплуатацион хоссаларга эга. Шиша труба қувурлар деталлари пайвандлаш ёки махсус резина ҳалқали фланецлар ёрдамида бирлаштирилади.

Бирлаштирувчи деталларга турли конструкцияли тирсақлар, бир диаметрдан иккинчисига ўтувчи мосламалар, тройниклар ва бошқалар киради. Одатда, труба қувурларининг элементлари (тирсақлар, трубалар) бир-бирига пайвандлаб бирлаштирилади.

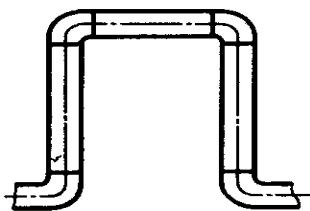
Агарда, трубаларни пайвандлаш мақсадга мувофиқ бўлмаса, унда трубалар фланецли бирикмалар ёрдамида бирлаштирилади. Кўпинча, пайвандланган фланецлар қўлланилади. Резьбали фланецлар асосан юқори босимли труба қувурларида ишлатилади.

Маълумки, атроф муҳит ва труба орқали узатилаётган муҳит температуралари ўртасидаги фарқ катта бўлса, труба қувурлари температура деформациясига дуч келади. Одатда труба қувурлари узун бўлади ва ишлаб чиқаришда умумий температура деформациясининг миқдори катта бўлиши мумкин. Натижада, труба узилиши ёки шишиб қолиш ҳоллари рўй беради. Шу сабабли, ушбу деформацияларни компенсация қилиш зарур.

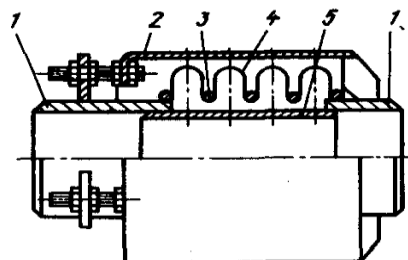
Технологик труба қувурларидаги температура деформацияларини бартараф қилиш учун П-симон, линзали, тўлқинсимон ва сальникли компенсаторлар ишлатилади.

Труба қувурларининг диаметридан қатъий назар ер устидаги конструкцияларда П-симон компенсаторлар жуда кўп ҳолларда қўлланилади (4.1 - расм).

Бу турдаги мосламалар компенсация қилиш қобилияти катта, исталган босимларда ишлатиш мумкин. Лекин, улар кўпол ва махсус таянчлар ўрнатилишини талаб қилади. Одатда, улар горизонтал ҳолатда жойлаштирилади ва дренаж мосламаси билан таъминланади.



4.1-расм П-симон компенсатор.

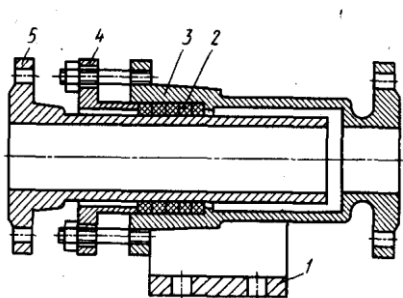


4.2-расм. Тўлқинсимон компенсатор.

1-патрубка; 2-қобик; 3-ҳалқа;
4-гофриланган элемент; 5-стакан.

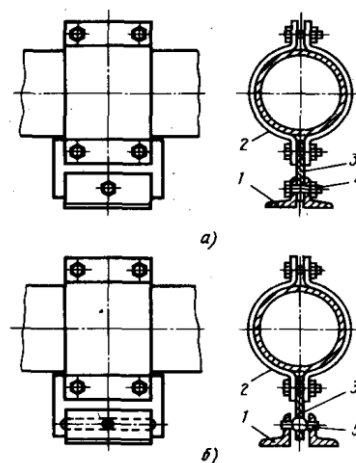
Ишчи босим 1,6 МПа бўлган газ қувурларида линзали компенсаторлар ўрнатилади.

Тўлқинсимон компенсаторлар босими 6,4 МПа гача бўлган ноагрессив ва ўртача агрессив муҳитлар узатиладиган труба қувурларида ишлатилади (4.2-расм).



4.3 – расм. Сальникли компенсатор

1-таянч; 2-зичловчи қистирма;
3-қобик; 4-грундбуksа; 5-труба



4.4 – расм. Труба учун таянчлар.

1-угольник; 2-хомут; 3-ясси
пластина; 4-болт; 5-ғилдирак.

Бундай компенсатор патрубка 1 га пайвандланган гофриланган элемент 2 дан таркиб топган. Чегараловчи ҳалқа 3 элемент шишиб кетиш ва элемент деворининг эгилиш олдини

олади. Элемент ташқи томони-қобик 2 ёрдамида ҳимояланган. Компенсатор гидравлик қаршилигини камайтириш учун ички томонида стакан 5 ўрнатилади.

Чўян ва металлмас материаллардан ясалган труба қувурларида сальникли компенсаторлар ўрнатилади (4.3-расм). Ушбу компенсатор таянч 1 маҳкамланган-қобик 3, зичловчи қистирма 2 ва грундебукса 4 дан таркиб топган. Температура деформациясини компенсация қилиш-қобик 3 ва труба 5 ларнинг силжиши туфайли амалга ошади.

Бу турдаги компенсаторлар жуда катта температура деформацияларини компенсация қила олади. Лекин, зичлаш қийин бўлгани учун ёнувчан, заҳарли ва суюқ газларни узатишда ишлатиб бўлмайди. Труба қувурлари таянчларга ўрнатилади. Улар орасидаги масофа труба диаметри 250 мм бўлса, таянчлар орасидаги масофа 3...6 м га тенг қилиб ўрнатилади.

Таянчлар қўзғалмас (4.4а-расм) ва ҳаракатчан (4.4б-расм) бўлиши мумкин. Ҳаракатчан таянчлар температура деформациясини яхши компенсация қилади. Қўзғалмас таянчларда уголник 1, хомут 2 ва ясси пластина 3 ўзаро мустаҳкам бириктирилган. Ҳаракатчан таянчларда болт 4 ўрнига ғилдирак 5 ўрнатилган. Ушбу ролик таянч пластина тешигида эркин ҳаракат қилади. Бундай таянчларни вақти-вақти билан мойлаб туриш керак.

4.5. Арматура конструкциялари

Труба қувурлари, қурилма, идишларда ўрнатиладиган ва ишчи муҳит оқимларини бошқаришни тامينлайдиган мосламалар арматура деб номланади.

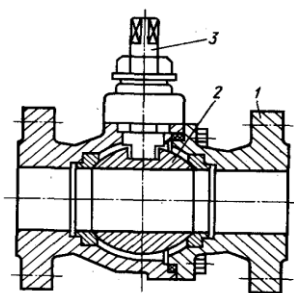
Функционал иш бажаришга қараб арматура қуйидаги классларга бўлинади: (ёпувчи) арматура, муҳит оқимини тўхтатувчи; ростловчи арматура, муҳит параметрларини ўзгартирувчи; сақловчи арматура, системада босим ортишини тўхтатувчи; ҳимояловчи арматура, тўсатдан муҳит параметрларини ўзгариши туфайли қурилмаларни бузилиш олдини олувчи; фаза ажратувчи арматура – буғ ва газ қувурларидан конденсатни чиқариб турувчи.

Исталган класс арматураси 3 та асосий элементдан таркиб топган: қобик, узатма ва ишчи орган. Ишчи орган эгарсимон асос ва унга нисбатан айланувчи золотникдан тузилган.

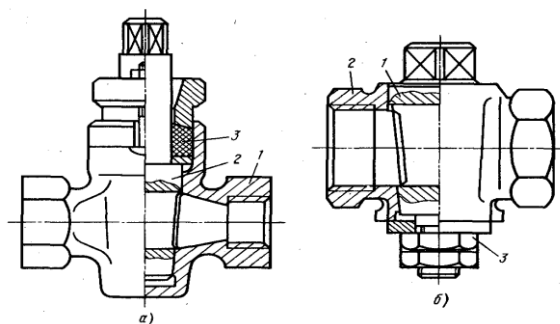
Арматура трубага фланец, муфта ёрдамида ёки пайвандлаб маҳкамланиши мумкин. Кимё саноатида асосан фланецли арматура кенг тарқалган. Труба қувурлари диаметри 80 мм дан кам бўлганда муфтали арматура ишлатилади. Бундай қувурларда нейтрал ва ёнмайдиган муҳитлар узатилади. Бирлаштириш усулига қатъий талаб қўйилганда пайвандланувчи арматурани қўллаш мақсадга мувофиқ.

Қобикнинг конструкциясига қараб ўтиш арматураси ва бурчакли арматураларига бўлинади. Ўтиш арматурасида муҳит ўз йўналишини ўзгартирмасдан ҳаракатланса, бурчакли арматурада эса - ҳаракат йўналиши 90° га ўзгаради.

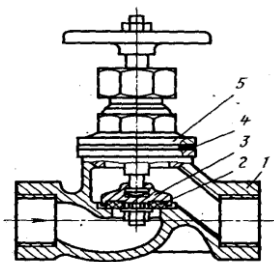
Тиқинли арматура. Кўп серияли қилиб қуйидаги тиқинли арматуралар ишлаб чиқарилади. Затворлар шарсимон ва пробкасимон кранларга бўлинади. Шарсимон кран - қобик 1, шарсимон тиқин 2 ва шпиндел 3 лардан иборат (4.5 - расм). Тиқинли кранлар зичлаш усулига қараб сальникли ёки тортилувчан бўлади. Сальникли кранда пробка 2 ва қобик 1 лар конуссимон юзасида зарур зичлаш босимини сальник 3 ни сиқиб ҳосил қилинади.



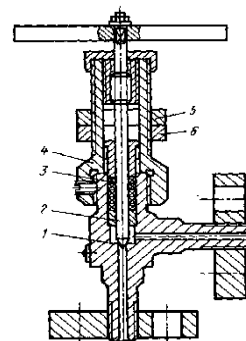
4.5-расм. Шарсимон кран.
1-қобик; 2-шарсимон; 3-шпindelь.



4.6-расм. Пробкали кранлар.
1-қобик; 2-конуссимон пробка; 3- сальник.



4.7-расм. Ўтказувчи вентиль.
1-қобик; 2-зичловчи ҳалқа; 3-золотник;
4-қистирма; 5-қопқоқ.



4.8-расм. Тиқинли, бурчакли вентиль.
1-қобик; 2-игна; 3-сальникнинг зичловчи
материали; 4-устунча; 5-контргайка;
6-сиқувчи гайка.

Тортилувчан кранларда пробка 1 ни қобик 2 да зичлаш гайка 3 ни бураш йўли билан амалга оширилади (5.6б-расм). Ушбу кранлар мегапаскалнинг юздан бир улушларидан юқори бўлганда зарур зичлашни таъминлай олмайди. Шунинг учун, кимё саноатида бундай кранлар камдан кам ишлатилади.

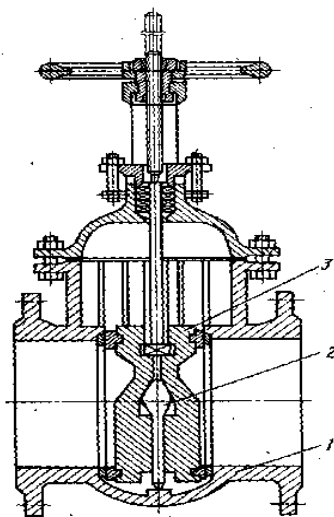
Кранлар кичик ўлчамли, ихчам ва гидравлик қаршилиги кам бўлади. Уларни, труба қувурларида исталган ҳолатда ўрнатиш мумкин. Лекин, вақти-вақти билан уларни мойлаб туриш керак, бўлмаса -қобикка «ёпишиб» қолиши мумкин.

Кранни тезда ёпиш мумкин. Шу сабабли, труба қувурларида гидравлик зарба ҳосил бўлади. Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, буғ ва иссиқ суюқлик узатувчи труба қувурларида қўллаш мумкин эмас, чунки қобик деформацияланади ва тиқин унга ёпишиб қолиши мумкин.

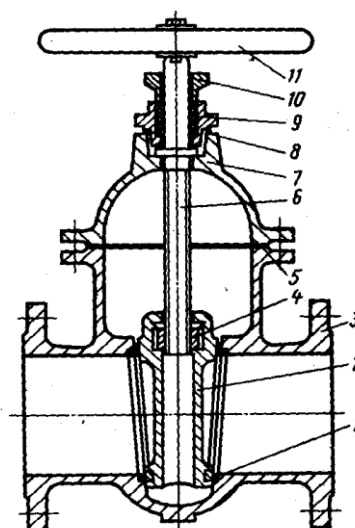
Кранлар чўян, пўлат ва латундан тайёрланади. 4.7-расмда золотникда ўрнатилган фторопласт (чарм ёки резина) зичловчи ҳалқали 2 ўтказувчи вентил конструкцияси келтирилган. Қобик 1 ва қопқоқ 5 лар ўзаро паронит қистирма 4 ёрдамида зичланади. Сальник остига эса асбест арқондан қилинган қистирма қўйилади.

Тиқинли, бурчакли вентиллар ўлчаш системасида тиқинли элемент ва юқори босимли синтез қурилмаларида модда олувчи системаларда ишлатилади (4.8-расм).

Ушбу вентилларни исталган ҳолатда ўрнатиш мумкин, фақат муҳит золотник остида кириши керак. Бунда, «ёпиқ» ҳолатида шпиндел сальники босим остида бўлмайди. Шунда, сальник таъмирлашни труба қувуридаги суюқликни тўкмасдан олиб борса бўлади.



**4.9-рasm. Ҳаракатчан шпинделли
параллел задвижка.**
1-қобик; 2-пона; 3-шибер.



**4.10-рasm. Қўзғалмас шпинделли
понасимон задвижка.**

1-эгар; 2-пона; 3-қобик; 4-ҳаракатчан гайка;
5,8-қистирма; 6-шпиндель; 7-қопқоқ; 9-
сальник; 10-сиқувчи гайка; 11-маховик.

Вентилларни қўллаш соҳаси жуда кенг. Уларни буғ ва сув қувурларида, қаттиқ заррачалари йўқ суюқликларни узатиш линияларида ўрнатилади. Агарда, суюқлик таркибида қаттиқ заррачалар бўлса, унинг зичланишига ёки ёпилишига ҳалақит беради.

Задвижкаларда диск ёки пона шаклидаги затвор зичланувчи юза бўйлаб ҳаракатланади. Муҳит оқими затворга нисбатан перпендикуляр йўналишда бўлади. Трубада муҳит босими паст бўлса, параллел задвижкалар, босим юқори бўлса – понасимон задвижкалар ўрнатилади.

Параллел задвижкаларда ёнувчи орган бўлиб, 2 бўлакдан иборат шибер хизмат қилади. Иккала шибер орасида пона 2 ўрнатилган. Агар, пона пастга тушса, шибер иккала бўлагини йиғади ва зичловчи юзага сиқади (4.9-рasm).

Понасимон задвижкаларда пона 2 пастга туширилса ёки юқорига кўтарилса, эгар 1 нинг зичловчи ҳалкалари бўйлаб ҳаракатланади ва задвижкани ёпади ёки очади. Шпиндель 6 айлантирилганда понани илгариланма ҳаракатлантиради. Шпиндель сальник ёрдамида зичланади (4.10 - рasm).

Задвижкалар очиш ёки ёпиш учун шпиндел 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 қилиб тайёрланади.

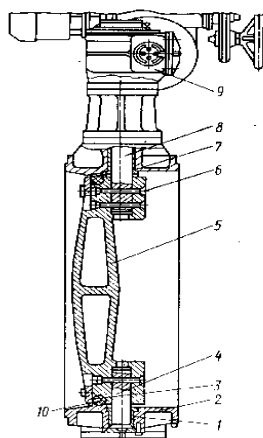
Суюқлик оқимида перпендикуляр ўқда айланувчи диск кўринишидаги затворли задвижка – заслонка дейилади. Бу турдаги мосламалар муҳитнинг босими паст ва тикинли органнинг зичланишига талаблар юқори бўлмаганда, ҳамда катта диаметрли труба қувурларида ишлатилади.

Заслонкалар қўл ёрдамида, гидро-, пневмо- ёки электр узатмалар ёрдамида бошқарилади.

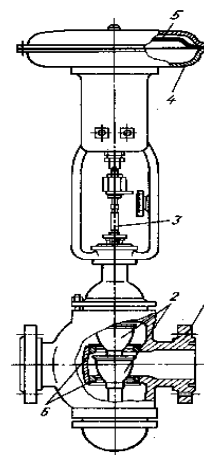
4.11-рasmда сув қувурларида ўрнатиладиган пўлат дискли заслонка (тўсиқ) келтирилган. Ушбу мослама вертикал ва горизонтал труба қувурларида ўрнатиш мумкин. Унда ишчи орган бўлмиш диск 5 ўқ 4 атрофида айланади.

Сиқувчи ҳалқа 3 диск ариқчасига қўйилган резина қистирма 10 ни маҳкамлайди ва унинг ёрдамида зичланади.

Ўқ 8 нинг ҳаракатчан бирлашмаси - қобик 2 билан сальник орқали зичланади.



4.11-расм. Дискли заслонка (тўсиқ).
1,7-подшипниклар; 2-қобик; 3-сикувчи
халқа; 4-ўқ; 5-диск; 6-штифт; 8-ўқ;
9-электр узатма; 10-резинали ҳалқа.



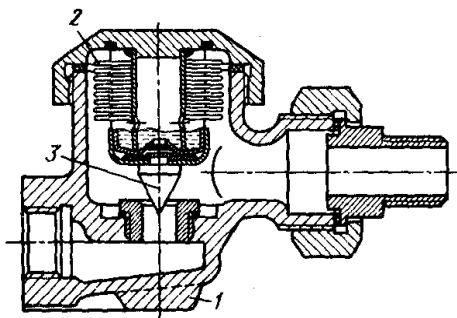
**4.12-расм. Мембранали ижрочи
механизмли ростловчи клапан.**
1-қобик; 2-затворлар; 3-шток; 4-ижрочи
механизм; 5- мембрана; 6-эгар.

Ростловчи арматура-бу авваламбор, ростловчи клапан ва вентил, аралаштирувчи клапан, редукцияли клапан ва сатҳ ростлагичлардир. Автоматик ростлаш системаларида ростловчи клапан муҳит сарфини бошқаради. 5.12-расмда мембранали ижрочи механизмли ростловчи клапан келтирилган. Клапанни бошқариш масофавий: импульс бевосита ижрочи механизм 4 нинг мембранаси 5 га узатилади ва маълум куч натижасида шток 3 затвор 2 билан ни ҳаракатга келтиради.

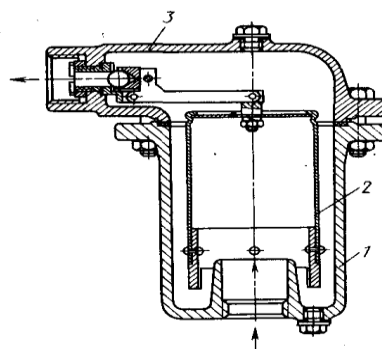
Турли муҳитларни маълум пропорцияларда аралаштириш учун аралаштирувчи клапанлар ишлатилади. Ростловчи ва аралаштирувчи клапанлар электрик ёки пневматик механизмларга эга.

Фаза ажратувчи арматура асосан конденсат ажратгичдан иборат бўлиб, труба қувурларидан конденсатни чиқариб олиш учун ишлатилади. Ушбу мосламалар автоном ҳолда ишлайди, яъни труба қувурларида йиғилиб қолган конденсатни вақти-вақти билан чиқариб туради. Ишлаш принципи конденсат ва буғнинг температура ёки зичликлари фарқига асосланган (4.13 - расм).

Ҳозирги кунда асосан термостатик ва қалқовичли конденсат ажратгичлар қўлланилади (4.13, 4.14 - расм). Мослама қобиғи 1 да тикинли орган 3 золотники билан боғланган суюқлик тўлдирилган сиффонли термостат 2 жойлаштирилган.



4.13-расм. Термостатик конденсат ажратгич.
1 - қобик; 2 - сиффонли термостат;
3 - золотник.



**4.14-расм. Қалқовичли конденсат
ажраткич.**
1-қобик; 2-қалқович; 3-қопқоқ.

Мослама ичига конденсат тўлиши билан унинг температураси пасаяди. Натижада, сиффон ичидаги босим камаяди, золотник қўтарилади ва системадан конденсат тўкила бошлайди. Конденсат тўлиқ чиқиб бўлгандан сўнг, мосламага буғ кира бошлайди. Сўнг, температура қўтарила бошлайди ва оқибатда босим ортади. Босим ортиши золотник тушишига сабабчи бўлади ва конденсат чиқиш тешигини ёпади.

Сақловчи ва ҳимояловчи арматура. Сақловчи арматура труба қувурлари ва қурилмаларда рухсат этилмаган юқори босим ҳосил бўлиши олдини олади. Кўпинча сақловчи клапан ва йиртилувчи мембраналар қўлланилади.

Арматураларни танлаш. Труба қувурларининг диаметри 50 мм ва ундан юқори бўлганда асосан задвижка ишлатилади. Бунга сабаб, унинг минимал гидравлик қаршилиги, затворнинг мукамал зичланиши ва муҳит йўналиши ўзгаришига мойиллигидир.

Труба қувурлари диаметри 50 мм дан кам бўлганда вентиλλар қўлланилади. Вентиλλарнинг асосий афзалликлари – бу зичловчи юзалар ишқаланиш йўқлиги, муҳит таркибидаги каттиқ заррачалар билан шикастланмаслиги кафолати; юқори босимларда ҳам қўллаш мумкинлиги.

Дискли заслонка(тўсик)лар температураси $\leq 80^{\circ}\text{C}$, шартли диаметр ≤ 2000 мм ва шартли босим 1,6 МПа гача бўлган суюқ ва газсимон, нейтрал муҳитни узатувчи трубада ўрнатилади.

Арматурани танлашда узатилаётган муҳитнинг коррозийон фаоллиги, ёнувчанлиги ва заҳарлигига аҳамият бериш зарур. Ёнувчан, заҳарли, портлаш ҳавфи бор муҳитлар, суюлтирилган газларни узатувчи труба қувурларида фақат пўлат задвижкалар қўлланилади.

Чўяндан ясалган арматурани ёнувчан газ ишчи температураси -30 дан $+150^{\circ}\text{C}$ гача, босими $\leq 1,6$ МПа, кул ранг чўяндан ясалгани эса – температураси -10 дан $+100^{\circ}\text{C}$ гача, босими $\leq 0,6$ МПа бўлган газ қувурларида ишлатиш тавсия этилади.

Норматив талабларга биноан, муҳит ишчи босими ва температурасидан қатъий назар, чўян арматураларни қуйидаги ҳолларда ишлатиш тавсия этилмайди:

- А гуруҳидаги заҳарли моддалар учун;
- қайнаш температураси 45°C дан паст енгил ёнувчан ва суюлтирилган углеводородлар учун;
- труба қувурларида тебраниш уйғотадиган газлар учун;
- труба девори 0°C дан паст бўлганда музлайдиган сув буғи ва бошқа суюқликларни узатиш учун;
- атроф-муҳит температураси -30°C дан температураларда.

Агар, труба қувурлари атроф-муҳит -40°C дан паст температураларда ишлатилаётган бўлса, легирланган пўлат ва махсус қотишмалардан ясалган арматура қўлланиши зарур.

Юқори коррозийон фаол суюқликлар узатилганда, коррозийон бардош материаллардан ясалган арматура ишлатилиши мақсадга мувофиқ.

Заҳарли, олов ва портлаш ҳавфи бор муҳитларни труба қувурлари орқали ҳайдалганда, сильфонли арматурани ўрнатиш керак.

Арматура камдан-кам очиб-ёпилганда, қўл ёрдамида бошқариш мумкин. Агарда, арматура тез-тез очиб-ёпилса электр-, пневмо- ва гидроузатмали арматура қўлланилади. Очиқ майдон, намлиги юқори қудуқларда ва атроф-муҳит температураси -40°C 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 қатъий назар, кучли таъсир этувчи заҳарли моддалар ва тутовчи кислоталар труба қувурлари орқали узатилганда ҳамма фланецли бирикмаларнинг зичловчи конструкцияси «шип-паз» қилиб тайёрланади.

4.6. Фланецли бирикма конструкциялари

Ўрнатилган жойида қўлланишига қараб фланецлар қуйидаги турларга бўлинади:

- труба қувурларининг бирлаштирувчи қисмлари, насос ва қурилмалар штуцерлари, ростловчи-беркитувчи ва бошқалар учун;
- қурилма, сиғимли идишларнинг айрим қисмларини бирлаштириш учун хизмат қиладиган енгиллаштирилган фланецлар.

Труба, қурилма қобиғи, жихоз билан бирлаштириш усулига қараб фланецлар ясси ва учма-уч пайвандланган бўлади. Зичлаш юзасининг конструкциясига қараб фланецлар 3 турга бўлинади: ясси зичлаш юзали; “ботик-бўртиқ” типдаги; “шип-паз” типдаги.

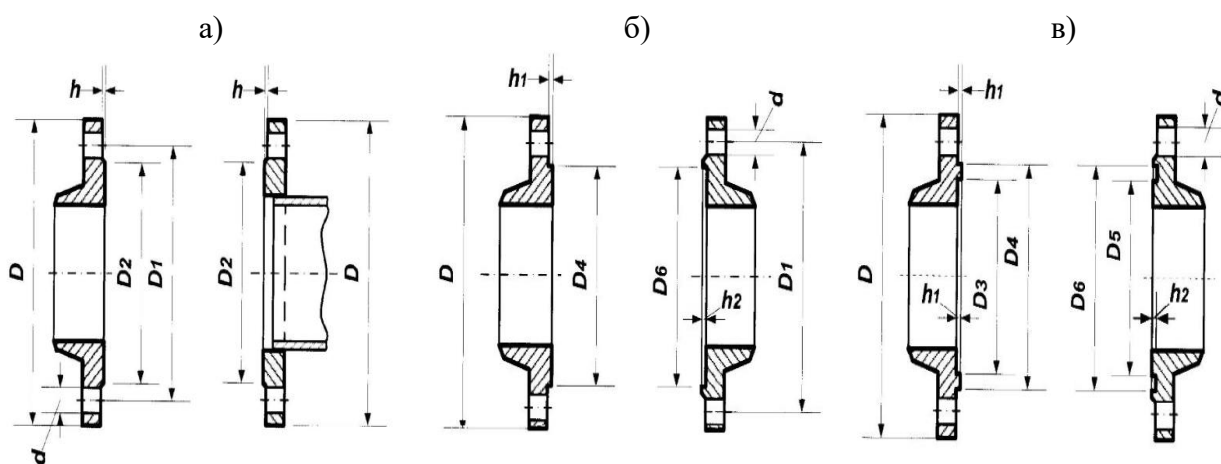
Труба қувурлари ва бирлашувчи қисмларини, ҳамда қурилма ва резервуар патрубкालари, арматура, машина, жихозларни бирлаштирувчи фланецлар 6 хил бўлиши мумкин (4-5 жадвал).

4-5 жадвал

Фланец турлари ва асосий параметрлари

т/р	Фланец типи	Шартли босим P_y , МПа	Шартли диаметр D_y , мм
1.	Кул ранг чўяндан қуйилган	0,1; 0,25	15...3000
		1,0	15...2000
		1,6	15...1000
2.	Болғаланувчан чўяндан қуйилган	1,6...4,0	15...80
3.	Қуйма, пўлатдан	1,6	15...1600
		10	15...400
		20	15...250
4.	Ясси пўлатдан, пайвандланган	0,1; 0,25	10...2400
		1,6	10...1200
		2,5	10...800
5.	Пўлатдан, учма-уч пайвандланган	0,1; 4,0	10...1600
		10	10...400
		20	15...250
6.	Пўлатдан, эркин айланувчан	0,1...2,5	10...500

Фланецнинг зичлаш юзаси 9 хил қилиб бажарилиши мумкин (4.15-расм). Зичлаш юзаси туридан қатъий назар фланецлар учма-уч ва ясси пайвандланган бўлади (4.15а-расм). Ясси бўртиқли (*а*-тип) фланецли бирикмаларда қистирмани алмаштириш осон ва қулай. Бирлаштирувчи бўртиқли ва ботикли (*б*-тип) фланецли бирикмаларда қистирма ботикли фланецда қўзғалмас бўлиб ўрнашади.

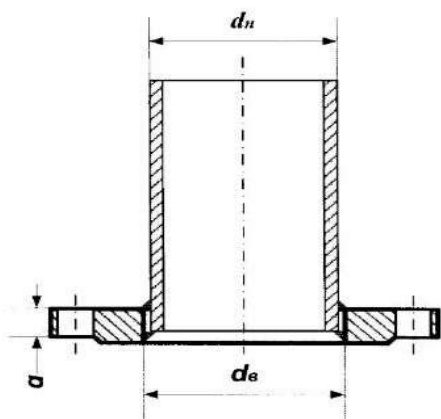


4.15-расм. Бирлаштирувчи фланец юзаларининг конструкциялари ва ўлчамлари.

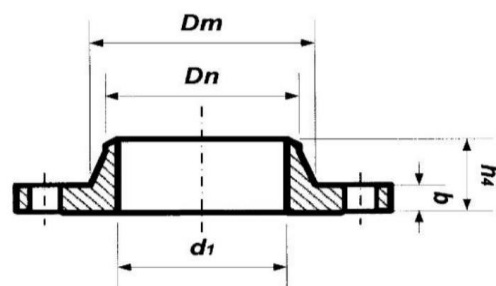
- а – ясси бўртиқли; б – бирлаштирувчи бўртиқли ва бирлаштирувчи ботикли;
в – бирлаштирувчи шип ва бирлаштирувчи пазли.

Чуқур вакуум остида ишлайдиган қурилмаларда зичлаш юзаси “шип-паз” типдаги $P_y \geq 1,6$ МПа фланецлар қўлланилади. Бу типдаги бирикмаларда қистирма халқасимон арикча (паз)га ётқизилади ва натижада унинг радиал йўналишда силжиши бартараф қилинади.

Пўлатдан ясалган ясси фланец ички диаметри трубанинг ташқи диаметри орқали аниқланади (4.16-расм, 4-6 жадвал).



4.16-расм. Пўлат ясси фланец конструкцияси ва ўлчамлари.



4.17-расм. Учма-уч пайвандланган фланец конструкцияси ва ўлчамлари.

4-6 жадвал

Шартли диаметр, D_y	$P_y=0,1$ ва $0,25$ МПа			$P_y=0,1$ МПа		
	d_n	d_e	b	d_n	d_e	b
20	25	26	10	25	26	12
25	32	33	10	32	33	12
32	38	39	10	38	39	14
40	45	46	10	45	46	15
50	57	59	10	57	59	15
65	76	78	11	76	78	17
80	89	91	11	89	91	17
100	108	110	11	108	110	19
	114	116	11	114	116	19
125	133	135	13	133	135	21
	140	142	13	140	142	21
150	152	154	13	152	154	21
	159	161	13	159	161	21
	168	170	13	168	170	21
200	219	222	15	219	222	21
250	273	273	18	273	273	23
300	325	325	18	325	325	24
350	377	377	18	377	377	24
400	426	426	18	426	426	26

Пўлатдан ясалган учма-уч пайвандланган фланец ички диаметри ҳар доим труба шартли диаметри орқали топилади (4.17-расм, 4-7 жадвал).

4-7 жадвал

Шартли диаметр, D_y	$P_y=0,1$ ва $0,25$ МПа					$P_y=0,1$ МПа				
	d_1	b	h_4	D_m	D_n	d_1	b	h_4	D_m	D_n
20	18	8	2	36	26	18	12	36	38	26
25	25	8	28	42	33	25	12	38	45	33
32	31	8	28	50	39	31	13	40	55	39
40	38	9	33	60	46	38	13	42	62	46
50	49	9	33	70	58	49	13	42	76	58
65	66	9	33	88	77	66	15	45	94	77
80	78	11	35	102	90	78	15	47	105	90
100	96	11	37	122	110	96	17	48	128	110

125	121	11	17	148	135	121	19	57	156	135
150	146	11	38	172	161	146	19	57	180	161
200	202	13	45	235	222	202	19	58	240	222
250	254	16	45	288	278	254	21	60	290	278
300	303	16	45	340	330	303	22	60	345	330
350	351	16	45	390	382	351	22	60	400	382
400	398	16	45	440	432	398	22	60	445	432
500	501	19	50	545	535	501	24	65	550	535
600	602	19	55	650	636	602	24	65	650	636
800	792	19	60	844	826	792	27	75	850	826
1000	992	21	60	1044	1028	992	29	80	1050	1028

Қурилма ва сиғимли идишлар фланецлари шартли равишда 3 гуруҳга ажратилган (4-8 жадвал). Қолдиқ босим 665 Па дан кам бўлмаган вакуум остида ишлайдиган қурилма, резервуар ва идишларда 1...5 типдаги (ГОСТ 28759.2-90) фланецларни $P_y=0,3$ МПа ва 1...4 типдаги (ГОСТ 28759.3-90) фланецларни $P_y=1,3$ МПа босимларда қўллаш мумкин. Фланецларга қўйилган талаблар ГОСТ 28759.5-90 белгиланган.

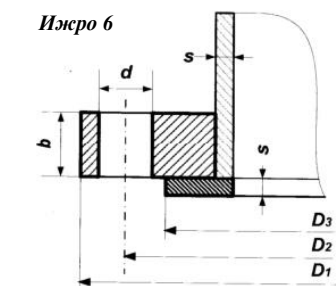
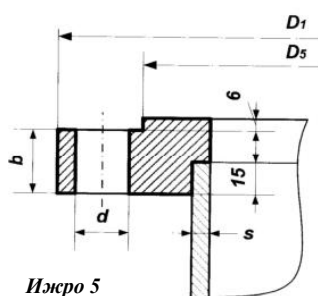
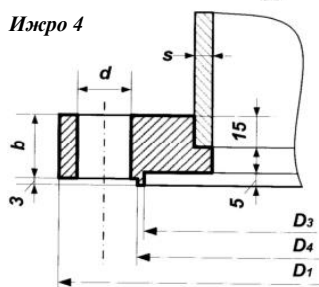
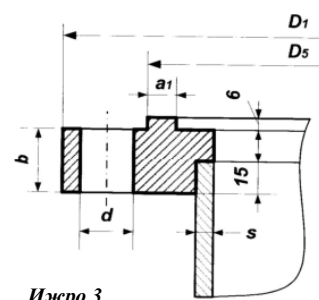
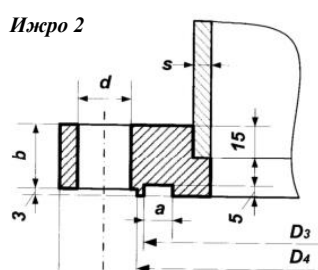
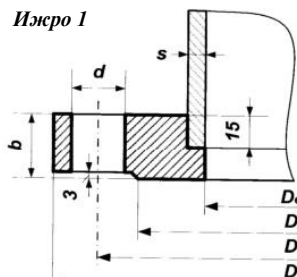
4-8 жадвал

Қурилма ва сиғимли идиш фланецларининг типлари ва асосий параметрлари

т/р	Фланец тип	Қурилма ички диаметри D , мм	Шартли босим P_y , МПа	Температура °С
1.	Пўлатдан, ясси пайвандланган	400...4000	0,3	-70...+300
		400...3200	0,6...1,0	
		400...2400	1,6	
2.	Пўлатдан, учма-уч пайвандланган	400...4000	0,6...1,0	-70...+600
		400...3200	1,6	
		400...2400	2,5	
		400...1600	4,0...6,3	
3.	Пўлатдан, учма-уч пайвандланган, саккиз бурчакли кўндаланг кесимли кистирма учун	400...1600	6,3...8,0	-70...+600
		400...1500	10	
		400...1200	16	

Қурилма, резервуар ва идишларнинг пўлатдан ясалган ясси пайвандланган фланецлар (ГОСТ 28759.2-90) конструкциялари 4.18-расмда ва ўлчамлари 4-9 жадвалда келтирилган. Ушбу фланецлар қуйидаги ижрода бўлиши мумкин: 1 – ясси зичлаш юзали; 2 – “паз” юзали; 3 – “шип” юзали (ижро 2 нинг жуфти); 4 – ботиқ юзали; 5 – бўртиқ юзали

(и: Ижро 1



4.18-расм. Қурилма, резервуар ва идишлар учун пўлатдан ясалган ясси пайвандланган фланецлар конструкциялари ва ўлчамлари.

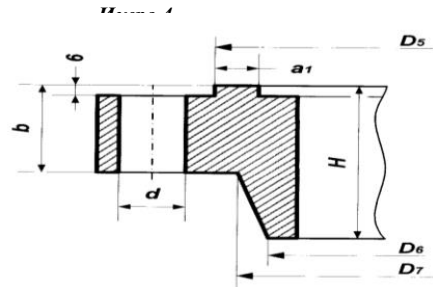
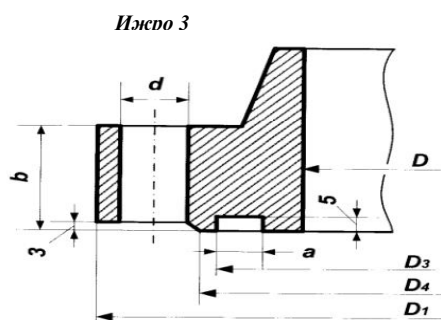
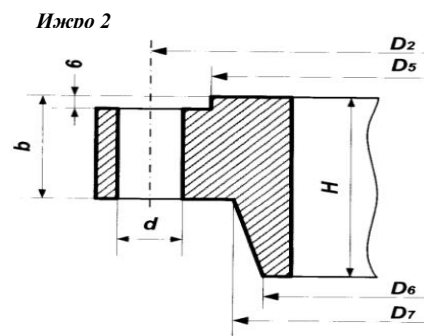
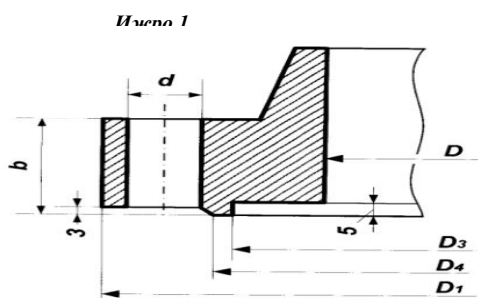
Шартли босим 0,6 МПа га мўлжалланган диаметри 1200 мм ли втулки баландлиги 150 мм, углеродли пўлат Ст.20 дан ижро 1 да ясалган фланецнинг шартли белгиланиш мисоли:

4-9 жадвал

Фланец I-1200-0,6-150 Ст.20 ГОСТ 28759.2-90

$D_{вн}$	D_1	D_2	D_3	D_4	a	D_5	a_1	b	S	d	Болтлар, шпилькалар		P_y МПа
											D	n	
400	520	480	444	452	13,5	443	12	25	6	23	M20	16	0,6
	535	495	458	466		457		35	8			20	1,6
500	620	580	544	552	13,5	543	12	25	8	23	M20	20	0,6
	640	600	564	672		663		40	10			24	1,6
600	720	680	644	652	14	643	12	25	8	23	M20	20	0,3
	740	700	664	672		663		40	10			28	1,6
700	820	780	744	752	14	743	12	25	8	23	M20	24	0,3
	840	800	764	772		763		50	12			32	1,6
800	920	880	842	852	14	841	12	25	8	23	M20	28	0,3
	940	905	866	876		865		55	12			40	1,6
900	1030	990	952	962	14	951	12	30	8	23	M20	32	0,3
	1045	1005	966	976		965		60	12			40	1,6
1000	1130	1090	1052	1062	15,5	1050	13	30	8	23	M20	36	0,3
	1145	1105	1066	1076		1064		65	12			44	1,6
1200	1330	1260	1248	1260	15,5	1246	13	35	8	23	M20	44	0,3
	1350	1310	1268	1280		1266		75	14			56	1,6
1400	1530	1490	1448	1460	15,5	1446	13	35	8	23	M23	48	0,3
	1550	1510	1470	1484		1468		80	14			68	1,6
1600	1730	1690	1648	1660	17,5	1645	14	35	10	23	M20	60	0,3
	1780	1730	1682	1696		1679		85	16			78	1,6
2200	2330	2290	2246	2260	17,5	2243	14	55	10	23	M20	72	0,3
	2385	2335	2286	2300	21,5	2283	18	100	20	27	M24	104	1,6
2400	2530	2490	2446	2460	17,5	2443	14	80	12	23	M20	88	0,6
	2595	2540	2490	2505	21,5	2487	18	100	18	30	M27	92	1,0
	2610	2550	2496	2510		2493		130	20	33	M30	88	1,6

Қурилма, резервуар ва идишларнинг пўлатдан ясалган учма-уч пайвандланган фланецлар (ГОСТ 28759.3-90) ички диаметри 400 дан 4000 мм гача, шартли босими 0,6 дан 6,3 МПа ва ишчи муҳит температураси -70°C дан +540°C гача бўлган қурилмаларда қўлланилади.



**4.19-расм. Қурилма, резервуар ва идишлар учун пўлатдан ясалган
учма-уч пайвандланган фланецлар конструкциялари ва ўлчамлари.**

Стандарт бўйича фланецларнинг 12 та ижрода мавжуд бўлиб, энг кўп ва кенг тарқалган 4 та конструкциялари 4.19-расмда келтирилган, чунончи: 1 – ботик зичлаш юзали; 2 – бўртик юзали (ижро 1 нинг жуфти) 3 – “паз” юзали; 4 – “шип” юзали (ижро 3 нинг жуфти).

Шартли босим 2,5 МПа га мўлжалланган диаметри 1200 мм ли легирланган пўлат 12X18Н10Т дан ижро I да ясалган фланецнинг шартли белгиланиш мисоли:

Фланец I-1200-2,5-12X18Н10Т ГОСТ 28759.3-90

Худди шу фланец фторопласт кистирмали:

Фланец I-1200-Ф-2,5-12X18Н10Т ГОСТ 28759.3-90

4.6.1. Фланецли бирикма ҳисоби

Фланецли бирикмалар қурилмаларнинг айрим қисмларини: ажралувчан қопқоқ, люк, труба қувурлари ва бошқаларни бирлаштириш учун хизмат қилади. Кимё саноати қурилмаларида фланецли бирикмалар энг кенг тарқалган ва масъулиятли, ажралувчан бирикмадир. Тўғри танланган бирикма қурилма ва сиғимли идишларнинг ишончли ишлашини таъминлайди. Шунинг учун улар қуйидаги талабларга жавоб бериши керак:

- а) белгиланган температура ва босимда бирикма зичланишини таъминлаши керак;
- б) мустаҳкам бўлиши зарур;
- в) бирикмани тез ва кўп маротаба йиғиш ва сочиш имкони бўлиши шарт;
- г) технологик бўлиши, яъни уларни катта серияда ишлаб чиқаришни таъминлаши керак;

д) иложи борича арзон бўлиши керак.

Қобик ёки штуцер билан бирлашиш усули ва конструкциясига қараб қуйидаги фланецлар тури мавжуд:

- труба ёки обечайка билан бирга қуйилган фланецлар;
- текис пайвандланган фланецлар;
- труба билан учма-уч пайвандланган, асоси қалинлашган фланецлар;
- эркин фланецлар;
- резъбали фланецлар.

Фланецлар шакли кўпинча думалоқ бўлади. Ушбу шаклга заготовка тайёрлаш ва механик ишлов бериш осон.

Кичик диаметрли трубалар фланецлари айрим ҳолларда квадрат бўлиши мумкин. Бунда, болтлар сони 4 га қаррали бўлиши шарт. Фақат овал фланец бундан истосно, яъни 2 та тешикли бўлади. Юқори босимли труба қувурларида овал фланец болтларининг диаметри 1,4 маротаба думалоқ фланец болтларига нисбатан катта. Бундай қилишдан мақсад, болтларнинг зарур кўндаланг кесим юзасини сақлаб қолишдир.

Босим 1,6 МПа ва 200°С бўлган температурада фланецли бирикмани маҳкамлаш учун болтлар қўлланилади. Агарда, босим ва температура юқорида келтирилгандан кўп бўлса, икки томнога гайкалар буралидан шпилькалар ишлатилади. Бу шароитда болтларни қўллаб бўлмаслигини сабаби, болт каллагига жуда катта маҳаллий кучланишлар ҳосил бўлишидир.

Болт айланаси бўйича болтларни жойлаштириш қадами одатда $(2,5...4) \cdot d$ (бу ерда d -резъба ташқи диаметри).

Фланецли бирикмаларни ҳисоблашдан мақсад болт ёки шпилькалар диаметри, уларнинг сони ва фланец элементларининг ўлчамлари, яъни болт жойлаштириладиган айлана диаметри; қистирмани сиқиш кучи; болтни чўзувчи кучланиш; фланецнинг ташқи диаметри ва калинликларини аниқлаш.

Болтларни ҳисоблашда асосий катталик бўлиб улардаги чўзувчи кучланишни аниқлашдир. Ишчи шароитда болтларни чўзувчи кучланиш ушбу формуладан топилади:

$$p_o = \frac{\pi D_{\text{кист}}}{4} \cdot p + P_{\text{кист}} = \frac{3,14 \cdot 0,6095^2}{4} 1,6 + 0,77 = 1,237 \text{ МН} \quad (4.10)$$

бу ерда $p = 1,6$ МПа – ишчи босими; $D_{\text{кист}}$ - қистирма ўртача диаметри; $P_{\text{кист}}$ - герметикликни таъминлаш учун зарур зичловчи юзаларни ўқ бўйлаб сиқувчи куч.

Зичловчи қистирмани сиқиш кучи (қистирма эни 0,02 м ва ички диаметри 0,62 м):

$$P_k = \pi \cdot D_{\text{кист}} \cdot b \cdot k \cdot p = 3,14 \cdot 0,6125 \cdot 0,1 \cdot 2,5 \cdot 1,6 = 0,77 \quad (4.11)$$

бу ерда $b = \sqrt{b_0} = 3,16$; b_0 - қистирманинг ҳақиқий эни, м; k - қистирма конструкцияси ва материалыга боғлиқ коэффициент (ясси резина қистирмалар учун $k=1,0$; паронит, фторопласт учун $k=2,5$).

$$D_{кист} = \frac{2D_u + 0,015}{2} = \frac{2 \cdot 0,602 + 0,015}{2} = 0,6095 \text{ м} \quad (4.12)$$

Болтларни жойлаштириш диаметри:

$$D_{\phi} = (1,1 - 1,2) \cdot D_u^{0,933} = 1,1 \cdot D_u^{0,933} = 1,1 \cdot 0,602^{0,933} = 0,685 \text{ м} \quad (4.13)$$

бу ерда D_u – фланецнинг ички диаметри (одатда у қобикнинг ташқи диаметрига тенг).

Болтлар диаметрини ҳисоблаш.

$$d_{\phi} = \frac{D_{\phi} - D_{\Gamma}}{2} - 0,006 = \frac{0,685 - 0,612}{2} - 0,006 = 0,03 \text{ м} \quad (4.14)$$

бу ерда D_{Γ} – фланецни қобикқа пайвандлаш чокининг ташқи диаметри, м.

Болтлар сони

$$z = \frac{p_{\phi}}{\sigma_d \cdot F_{\phi}} = \frac{1,237}{126 \cdot 4,34 \cdot 10^{-4}} = \frac{1,237}{0,055} = 22,62 \approx 24 \text{ дона} \quad (4.15)$$

бу ерда σ_d – болтларда чўзилишга рухсат этилган кучланиш, МН/м².

Резьбасининг диаметри М27х1,5 бўлган болтни танлаймиз. Болт резьбасининг ички диаметри $d = 23,5$ мм га тенг. Болт кўндаланг кесимининг юзаси (резьбанинг ички диаметри бўйича) F_{ϕ} :

$$F_{\phi} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,0235^2}{4} = 4,34 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \quad (4.16)$$

Фланецнинг ташқи диаметри:

$$D_{\phi} = D_{\phi} + (1,8 - 2,5) \cdot d_{\phi} = D_{\phi} + 1,83 \cdot d_{\phi} = 0,685 + 1,83 \cdot 0,03 = 0,74 \text{ м} \quad (4.17)$$

Ишчи жараёнида фланецга тушаётган юклама:

$$\begin{aligned} P &= \frac{D_{\phi}}{D_{\phi} - D_u} \cdot \left[p_{\phi} \frac{D_u}{D_{\phi}} \left(\frac{D_{\phi}}{D_{куп}} - 1 \right) + \frac{\pi D_{куп}^2}{4} p \cdot \left(1 - \frac{D_u}{D_{куп}} \right) \right] = \\ &= \frac{0,74}{0,74 - 0,602} \cdot \left[1,237 \cdot \frac{0,602}{0,685} \left(\frac{0,685}{0,6095} - 1 \right) + \frac{3,14 \cdot 0,6095^2}{4} 1,6 \cdot \left(1 - \frac{0,602}{0,6095} \right) \right] = \\ &= 5,36 \cdot (0,13 + 0,471 \cdot 0,0171) = 0,74 \text{ МН} \end{aligned} \quad (4.18)$$

Ёрдамчи катталиклар:

$$\Phi = \left(\frac{p}{\sigma_T} \right) \cdot \Psi_1 = \frac{1,6}{240} \cdot 1,1 = 0,0073 \quad (4.19)$$

$$A = 2 \cdot \psi_2 \cdot \delta^2 = 2 \cdot 5 \cdot 0,005^2 = 0,00025 \quad (4.20)$$

бу ерда σ_T – ишчи температурада фланец материалынинг оқувчанлик чегараси, МН/м² (Ст.3 ва Х18Н10Т пўлатлар учун $\sigma_T = 240$ МН/м² деб қабул қилса бўлади); $\delta = 0,005$ - қобик қалинлиги, м; ψ_1, ψ_2 – коэффициентлар, уларнинг сон қиймати 2.14-расмдан танлаб олинади [5].

$\Phi > 1,13 \cdot A$ бўлгани учун фланец баландлигини ушбу формуладан аниқлаймиз:

$$h = 0,43 \cdot \sqrt[3]{D_u \cdot (\Phi - 0,85 A)} = 0,43 \cdot \sqrt[3]{0,602 \cdot (0,0073 - 0,85 \cdot 0,00025)} = 0,0691 \text{ м} \quad (4.21)$$

Труба тешикли панжарасининг ўрта қисмидаги баландлиги эса ушбу тенгламадан аниқланади:

$$\begin{aligned} h &= \frac{K \cdot D_u}{\varphi_o} \sqrt{\frac{p}{\sigma_{u.d.}}} + c_k + c_{якл} = \frac{0,6 \cdot 0,602}{0,982} \sqrt{\frac{1,6}{126}} + 0,001 + c_{якл} = \\ &= 0,387 \cdot 0,11 + 0,001 + c_{якл} = 0,0413 + 0,001 + c_{якл} \approx 0,05 \text{ м} \end{aligned} \quad (4.22)$$

бу ерда $K = 0,6$ – труба тешикли панжарасининг конструкциясига боғлиқ коэффициент; $\sigma_{u.d.}$ – материал учун рухсат этилган эгилиш кучланиши, МН/м² (мўрт бўлмаган материаллар учун $\sigma_{u.d.} = \sigma_{e.d.}$); φ_o – труба маҳкамланадиган панжаранинг тешиклар қилиниши натижасида мустаҳкамлигини ифодаловчи коэффициент.

Ушбу, φ_o коэффициентни куйидаги формуладан топиш мумкин:

$$\varphi_o = 1 - 0,43 \cdot \frac{d}{D} = 1 - 0,43 \frac{0,025}{0,602} = 0,982 \quad (4.23)$$

бу ерда $\sum d_o$ - труба маҳкамланадиган панжара диаметридаги тешиклар диаметрларининг йиғиндиси куйидагича топилади:

$$\sum d_o = z \cdot d = 18 \cdot 0,025 = 0,45 \quad (4.24)$$

Тешикли панжара диаметридаги трубалар сони z қурилмадаги трубаларнинг умумий сони n орқали ушбу формуладан топилади:

$$z = 2 \sqrt{\frac{n - 1}{3} + 0,25} = 2 \sqrt{\frac{240 - 1}{3} + 0,25} = 17,88 \approx 18 \text{ дона} \quad (4.25)$$

4.7. Қистирма турлари ва материаллари

Фланецли бирикмани зичлаш учун одатда улар орасига қистирмалар ўрнатилади. Қистирма пластик, эластик, муҳитга бардошли, эксплуатация даврида мустаҳкам ва узок муддат хизмат қилиши керак. Қистирма materiali ва тури эксплуатация шароити–босим, температура ва муҳит хоссалари асосида танланади. Қистирма ўлчами ва шакли фланецларнинг бирлашиш юзаси конфигурациясига боғлиқ.

4-10 жадвалда қурилмасозликда ишлатиладиган қистирма материаллари келтирилган.

4.20-расмда энг кўп қўлланиладиган қистирмаларнинг кўндаланг кесимлари келтирилган. Тўғри тўртбурчак шаклли қистирмалар исталган материалдан ясаилиши мумкин. Думалоклар – металлдан; эллипс ва саккиз бурчакли кўндаланг кесимли, гофриланган қистирмалар эса – пўлатлардан ясалади.

4-10 жадвал

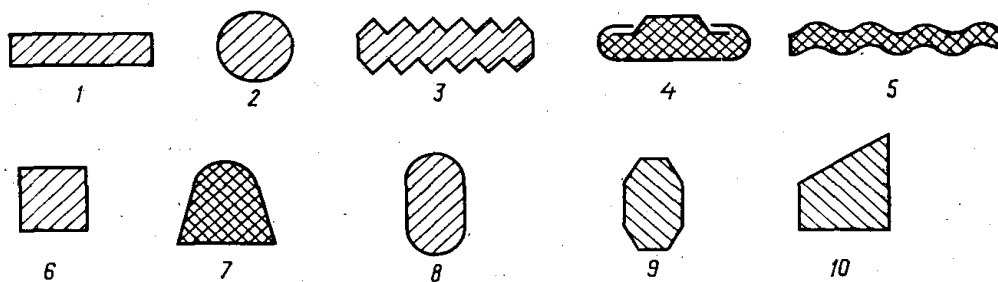
Т/р	Материал	Параметрларнинг тавсия этиладиган чегаралари		
		D_y , мм	P_y , МПа	t , °C
1.	Картон, резина	≤ 3000	$\leq 0,6$	-300 дан +100 гача
2.	Резинали мато	≤ 3000	$\leq 1,0$	-30 дан +100 гача
3.	Асбестли картон	≤ 3000	$\leq 1,6$	+500 гача
4.	Пластикат, полиэтилен	≤ 3000	$\leq 4,0$	-30 дан +60 гача
5.	Паронит	≤ 3000	$\leq 10,0$	-200 дан +400 гача
6.	Фторопласт	≤ 1000	$\leq 10,0$	-200 дан +250 гача
7.	Алюминий, мис, латунь, монель, кўрғошин, никель	≤ 800	$\leq 40,0$	-200 дан +300 гача
8.	Углеродли, легирланган ва юкори легирланган пўлатлар	≤ 1600	$\leq 20,0$	-200 дан +540 гача

Қистирмаларни турли муҳитларда қўллаш соҳалари 4-11 жадвалда келтирилган.

4-11 жадвал

Т/р	Муҳит	Чегаравий ишчи босим, МПа	Чегаравий температура, °C	Қистирма
1.	Нефт (хом-ашё) ва нефт маҳсулотлари	1,0	40	Мойланган картон
		5,0	450	Паронит
		10,0	300	Гофриланган алюминий қобикли асбест
		6,4...40,0	550	0X18H9 ёки X18H9T пўлатли эллипс кўндаланг кесимли ҳалқасимон қистирма
2.	Агрессив буғ ва газлар	0,6	300	Асбестли картон
		2,5	300	Паронит
		15,0	450	Гофриланган 0X18H9 ёки X18H9T пўлат қобикли асбест
		6,4...40,0	550	0X18H9 ёки X18H9T пўлатдан эллипс кўндаланг кесимли ҳалқасимон қистирма
3.	Ҳаво ва нейтрал газ	0,3	30	Резина
		10,0	300	Гофриланган алюминий қобикли асбест
		6,4...40,0	550	0X18H9 ёки X18H9T пўлатдан эллипс кўндаланг кесимли ҳалқасимон қистирма
4.	Сув буғи (тўйинган ва ўта қизиган)	0,4	150	Графитланган асбестли картон
		5,0	450	Паронит
		6,4...40,0	550	0X18H9 ёки X18H9T пўлатдан эллипс кўндаланг кесимли ҳалқасимон қистирма
5.	Концентрланган H_2SO_4 (40% гача)	0,3	65	Резина
		0,6	50	C2 турдаги кўрғошин
		0,6	100	Кислота бардош асбестли картон
6.	Аммиак ва ишқор эритмалари	0,15	400	Графитланган асбестли картон
		4,0	300	Паронит
		6,4...40	550	Армко темирдан, эллипс кўндаланг кесимли ҳалқасимон қистирма

Алюминий, мис, латунь, никель, монель қобикли асбест, картон, ясси ва гофриланган қистирмалар жуда кўп қўлланилади ва саноатда кенг тарқалган.



4.20 - расм. Қистирмаларнинг кўндаланг кесимлари.

1 – ясси ; 2 – думалок; 3 – гофриланган; 4,5 – комбинациялашган (метал қобикли); 6 – квадрат; 7,8,9,10 – фасонли металлдан.

Одатда, улар муҳит температураси 540°C ва босим 6,3 МПа гача бўлган қурилмаларда ўрнатилади. Ундан ташқари, нометал қобикли металлдан ясалган комбинациялашган қистирмалар ҳам қўлланилади. Бундай ҳолларда қистирма қобиғи фторопласт плёнкадан қилинади, чунки у фланец бирлашувчи юзасининг ҳамма нотекисликларини тўлдириб туради.

Металл ва комбинациялашган қистирмаларни танлашда, фланец ва қистирма гальваник жуфтликни ҳосил қилмаслигини инобатга олиш керак, бўлмаса зичланувчи юзада интенсив равишда электрохимёвий коррозия бошланади.

4.8. Обечайка қалинлигининг ҳисоби

Қобикнинг асосий элементи обечайка бўлиб, у исталган кимёвий қурилманинг энг масъул ва металл сарфли қисми (детали) дир.

Материални тежаш ва юклама таъсиридан девор материала ҳосил бўладиган кучланишларни бир текисда тақсимлаш мақсадида обечайка шакли **с ф е р и к** бўлиши қулайдир. Сферанинг бирлик ҳажмдаги юзаси энг катта ва белгиланган босимда деворининг қалинлиги минимал бўлади. Лекин, цилиндрик обечайкага қараганда, сферани ясаш мураккаб ва қimmat. Ундан ташқари, сферанинг ичига қурилманинг ишчи мосламаларини жойлаштириш ва ўзаро таъсир этувчи элткичларнинг ҳаракатини ташкил этиш учун жуда қулай эмас. Шунинг учун ушбу шакл кўпроқ катта ҳажмдаги газ ва суюқликларни сақлаш учун қўлланилади, ҳамда қурилма конструкциянинг массасини камайтириш имконини беради. Яна бир афзаллиги шундан иборатки, сфера юзасининг ҳажмига нисбати жуда кичик ва унда турли суюқликлар сақланади.

Кимё машинасозлигида **цилиндрик** обечайкалардан қурилма ясаш жуда кенг тарқалган. Уларнинг асосий афзаллиги шундаки, тайёрлаш осон ва материал сарфи тежамли, яъни бошқа усулларга қараганда жуда кам. Агарда, қурилма конструкциясига алоҳида талаблар бўлмаса, цилиндрик шаклли обечайка қўллаш тавсия этилади.

Ички босим остидаги цилиндрик обечайка қалинлиги ушбу формуладан топилади:

$$S = \frac{p \cdot D}{2[\sigma]\varphi - p} + C_1 + C_2 + C_3 \quad (4.26)$$

бу ерда p – ҳисобланган босим, МПа; D – обечайка ички диаметри; $[\sigma]$ – рухсат этилган кучланиш; φ – пайванд чок мустаҳкамлик коэффициент; C_1 – коррозия ва эрозияни компенсация қилиш учун қўшимча; C_2 – манфий қўйимни компенсация қилиш учун қўшимча; C_3 – технологик жараёнлар туфайли деворнинг юпқалашишини компенсация қилиш учун технологик қўшимча.

Агар, қурилмадаги элткичларнинг бири ҳавфли (заҳарли, ёнғин ёки портлашга мойил) бўлса, унда у 1 МПа босимга мослаб ҳисобланади.

Ташқи босим остидаги цилиндрик обечайка деворининг қалинлиги фуйидаги

формуладан ҳисобланади:

$$S = 1,18D \cdot \left(\frac{P_n}{E} \cdot \frac{l}{D} \right)^{0,4} + C_1 + C_2 + C_3 \quad (4.26a)$$

бу ерда P_n – ташки босим, МПа; D – обечайка ички диаметри, м, базавий ташки диаметри $D = D_n$; E – ҳисобланган температурада обечайка материалнинг эластиклик модули, МПа (пўлатлар учун 4-11а жадвалда келтирилган); l – обечайканинг ҳисобланган узунлиги, м.

4-11а жадвал

Пўлат	Температура, °C						
	20	100	200	300	400	500	600
Углеродли	1,99	1,91	1,81	1,71	1,55	-	-
Легирланган	2,00	2,00	1,97	1,91	1,81	1,68	1,61

Кимёвий технологияларда бошқа турдаги қурилмаларга нисбатан **текис деворли** сиғимли идишлар камроқ ишлатилади. Босимлар фарқи кичик бўлганда фақат текис деворли қурилмалар қўлланилади. Ушбу турдаги обечайкалар босимга бардошлиги ёмон ва бирлик фойдали ҳажмга метал сарфи кўп бўлади. 1 м³ ҳажмли тўртбурчак кўндаланг кесимли резервуарни тайёрлаш учун 90 дан 130 кг гача, цилиндрик шаклига эса 18 дан 50 кг гача метал сарфланади. Кўриниб турибдики, цилиндрикка нисбатан тўртбурчак шаклли қурилмага метал сарфи 3-5 маротаба кам. Лекин, иккала шаклли қурилманинг ҳажми ортиши билан солиштира метал сарфи пасаяди. Сиғимли идишнинг ҳажми қанчалик катта бўлса, шунчалик цилиндрик шаклни танлаш тўртбурчакли кўндаланг кесимлига нисбатан афзалроқ. Одатда, бу турдаги идишлар паст босимли жараёнларни амалга оширишда, ҳамда қуриткич, конденсатор, совуткич, фильтр ва бошқа шуларга ўхшаш қурилмалар учун қобиқ сифатида қўлланилади.

Пайванд чокининг 100% узунлиги назорат қилинса унинг мустаҳкамлик коэффициенти $\phi = 1,0$ ва 50% назорат қилинса - $\phi = 0,9$. Конструкцион материаллар учун рухсат этилган кучланиш ишчи температура ва материал турига боғлиқ (4-12 жадвал).

4-12 жадвал

**Айрим конструкцион материаллар учун норматив
рухсат этилган кучланишлар**

т/р	Материал маркаси	Температурага боғлиқ $[\sigma]$, МПа қийматлари		
		20°C	100°C	200°C
1.	Пўлат Ст.3	140	134	126
2.	Пўлат 20, 20К	147	142	136
3.	Пўлат 09Г2С, 16ГС, 17ГС	183	160	148
4.	Легирланган пўлат 15Х5М	146	141	134
5.	Лег.пўлат 12Х18Н10Т, 10Х17Н13М2Т	160	152	140
6.	Лег.пўлат 08Х18Н10Т, 08Х17Н13М2Т	140	130	110
7.	Лег.пўлат 08Х22Н6Т, 08Х21Н16М2Т	240	207	193
8.	Титан ВТ1-0	133	118	93
9.	Куйдирилган мис	44	44	40
10.	Алюминий	15	10,5	4,5

Қурилма деворининг ижрочи қалинлиги листли прокат труба қалинликлари стандарт қаторидан танланади. Одатда деворнинг ҳақиқий қалинлиги ҳисоблангандан катта бўлиши ва обечайка қаттиқлигини таъминлаши керак. Қурилманинг диаметри 400 мм гача бўлганда коррозия ва эрозияни компенсация қилиш учун ажратилган қўшимчасиз обечайканинг минимал қалинлиги 2 мм ни, диаметри 1000 мм гача бўлганда 3 мм ни ва диаметри 2000 мм гача бўлганда эса – 4 мм ни ташкил этади.

4.9. Днишче қалинлигининг ҳисоби

Кимёвий қурилма қобиғининг таркибий элементи булиб днишче ҳисобланади. Одатда, днишче қурилма обечайкаси билан узвий боғланган ва бир хил материалдан ясалади.

Днишче обечайкага пайвандланиши ёки кавшарланиши мумкин. Унинг шакли бирлашаётган обечайка шакли, кимёвий технология талаблари, муҳит босими, конструктив жихатлар (**соображениями**) билан белгиланади ва эллиптик, сферик, конуссимон ва текис бўлиши мумкин.

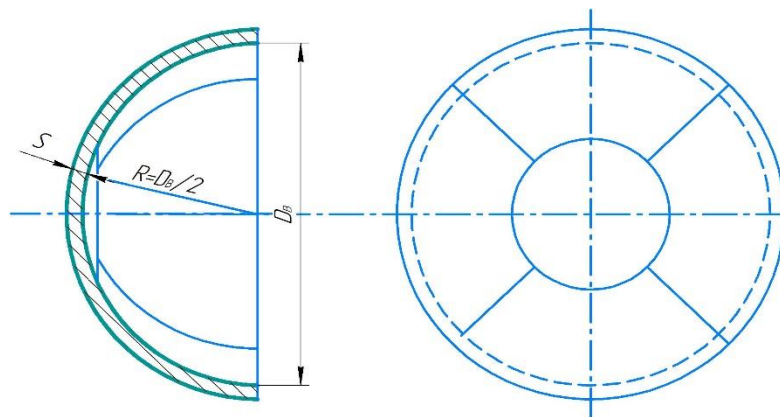
С ф е р а - днишче учун идеал шакл бўлиб, бундай шаклда эгувчи кучланиш ҳосил бўлмайди (4.21-расм). Ундан ташқари, материалдан фойдаланиш нуқтаи назаридан бу энг қулай шакл. Бу турдаги днишчеклар алоҳида элементларни пайвандлаб ясалади. Лекин, бу турдаги днишчелар кўп меҳнатни талаб қилади, нархи қиммат ва қурилма баландлигини оширади, ҳамда унда штуцерларни жойлаштириш ноқулай ва уни ясаш қийин. Қурилма диаметри 4000 мм дан ортиқ бўлганда қўлланади.

Фланецга пайвандланган, чети букилмаган сферик днишче қалинлиги ушбу формуладан ҳисобланади:

$$S = \frac{0,58pR}{[\sigma] \cdot \varphi} + C_1 + C_2 + C_3$$

Цилиндрик қобикга бевосита пайвандланган, чети букилмаган сферик днишче қалинлиги ушбу формуладан аниқланади:

$$S = \frac{0,72pR}{[\sigma] \cdot \varphi} + C_1 + C_2 + C_3$$



4.21-расм. Сферик днишче конструкцияси (алоҳида штампланган қисмлардан пайвандлаб йиғилган).

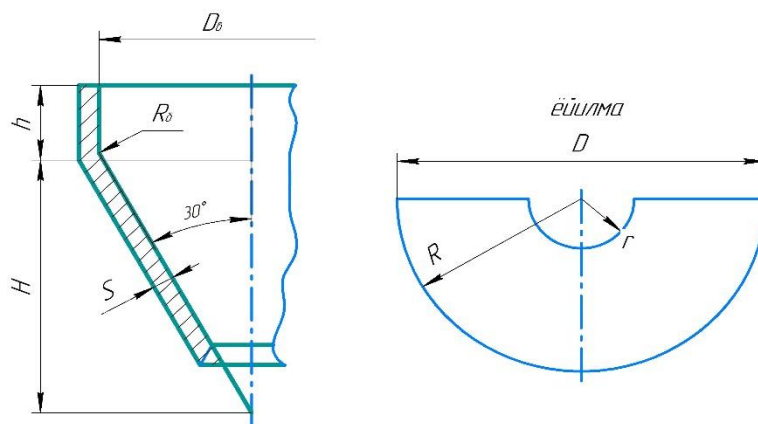
Сферасимон днишче ички диаметри $D=4000$ мм; деворининг қалинлиги $s_1=10$ мм; materiali легирланган пўлат – 12X18H10T.

Шартли белгиланиши: **Днишче 1000×10 - 12X18H10T МН 4704-63.**

К о н у с с и м о н д н и ш ч е - қурилманинг бир диаметрли цилиндрлик қисмидан иккинчи диаметрли цилиндрлик қисмига ўтиш талаб этилганда қўлланилади (4.22-расм). Ундан ташқари яна уч ҳолатда:

- 1) қурилмадан сочилувчан материалларни ёки таркибида қаттиқ фаза бўлган суюқликларни чиқариш зарур бўлганда;
- 2) газ ва суюқликларни қурилманинг кўндаланг кесими бўйича бир текисда тақсимлаш керак бўлганда;
- 3) газ ва суюқлик тезлигини аста-секин ўзгартириш керак бўлганда диффузор ва

конфузор сифатида, ҳамда қурилма гидравлик қаршилигини камайтириш зарур бўлганда қўлланилади.



4.22-расм. Конуссимон днишче конструкцияси.

Бурчаги $2\alpha=60^\circ$ ва 90° ли конуссимон днишчелар энг кенг тарқалган бўлиб, бурчаги $2\alpha=120^\circ$ ва 140° ли днишчелар ҳам ишлатилади.

Чети букилмаган ички босим остида ишлайдиган конуссимон днишче қалинлиги ушбу формула ёрдамида аниқланади:

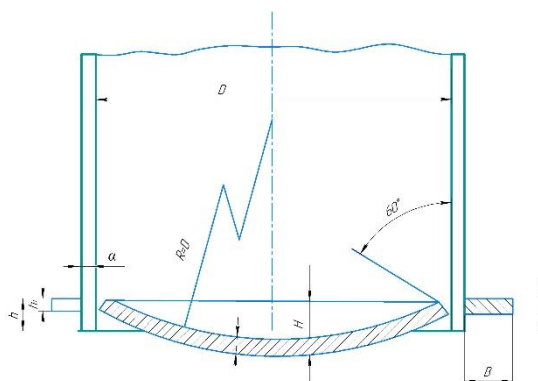
$$S = \frac{p \cdot D}{2[\sigma] \cdot \varphi \cdot \cos \alpha} + C_k + C_{якл}$$

бу ерда α - конус бурчагининг ярми; C_k ва $C_{якл}$ – коррозия ва яхлитлашга қўшимча, мм.

Конуссимон днишче ички диаметри $D=2000$ мм; деворининг қалинлиги $s_1=16$ мм; днишче бурчаги $2\alpha \leq 90^\circ$, материали пўлат – ВСт3сп.

Шартли белгиланиши: **Днишче 90-2000×16 - ВСт3сп ГОСТ 12619-78.**

Тарелкасимон днишче - шарсимон сегмент кўринишида бўлиб, бевосита обечайка ёки фланецга пайвандланади (4.23-расм). Уни суюқликнинг гидростатик босими остида ишлайдиган вертикал ва горизонтал қурилмаларни ясашда қўлланилади. Ундан ташқари, диаметри 800 мм гача бўлган қурилма фланецли қопкоғининг элементи сифатида ҳам ишлатилади.



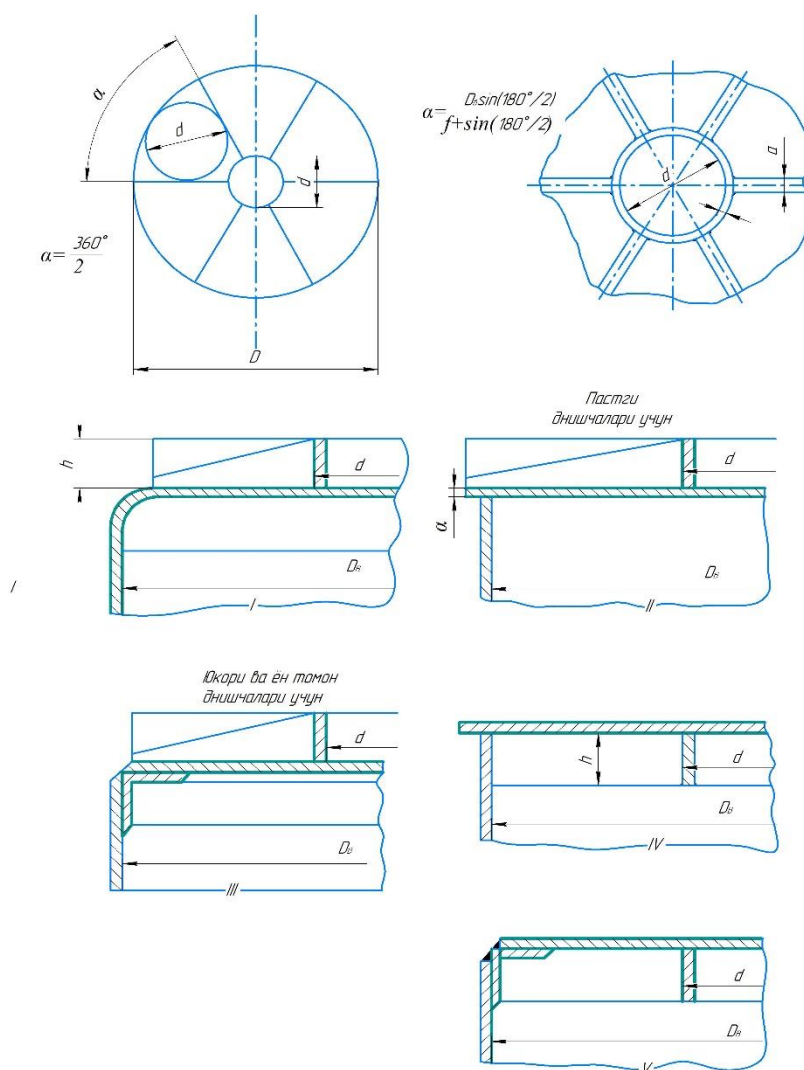
4.23-расм. Тарелкасимон днишче конструкцияси

Тарелкасимон днишче ички диаметри $D=1000$ мм; деворининг қалинлиги $s_1=6$ мм; материали легирланган пўлат – 12Х18Н10Т.

Шартли белгиланиши: **Днишче 1000×6 - 12Х18Н10Т ОСТ 2601-1297-75.**

Текис днишче – конструктив жиҳатдан содда ва уни ясаш учун махсус пресс талаб этилмайди. Текис днишче - асосан атмосфера босимида ишлайдиган қурилмаларда қўлланилади ва думалоқ пластина кўринишида бўлиб, қобик обечайкасига пайвандланади ёки фланецли бирикма ёрдамида бирлаштирилади (4.24-расм). Текис днишчелар конструктив жиҳатдан содда ва уларни тайёрлаш учун махсус жихозлар шарт эмас. Лекин мустаҳкамлик жиҳатдан ишончлилиги паст, шу сабабли текис днишчелар юпка деворли қурилмалар конструкцияларида қўлланилади. Бу турдаги қурилмалар атмосфера босими ёки жуда паст босимларда, ҳамда люкларда ва қурилма штуцерларига ёпгич (заглушка) ишлатилади.

Лекин, юқори босим ва катта диаметрларда днишче қалинлиги катта бўлгани учун унинг қўлланиши чегараланган. Шунинг учун, бу турдаги днишчелар диаметри 500 мм гача қурилма ва сиғимли идишларда қўлланилади. Текис днишчелар люк ва лазларда, ҳамда суюқликнинг гидростатик босими остида ишлайдиган вертикал идишларда ва айрим ҳолларда, иқтисодий ва технологик нуқтаи назардан келиб чиққан ҳолда, юқори босимли қалин деворли қурилмаларни ясашда қалин девор текис днишчелар қўлланилади.



4.24-расм. Текис, ясси днишче конструкциялари.

I-III-ташқи томондан мустаҳкамланган; IV-V-ички томонидан мустаҳкамланган.

4.24-расмда текис днишчеларни қурилма қобиғига бириктиришнинг турли вариантлари келтирилган.

Текис, қовурғалар билан мустаҳкамланмаган днишче қалинлиги ушбу формула

ёрдамида аниқланади:

$$S = \frac{K \cdot D}{\varphi_o} \cdot \sqrt{\frac{p}{[\sigma]}} + C_1 + C_2 + C_3$$

бу ерда K – днишче конструкцияси коэффициентлари (чети букилмаганлар учун $K=0,6$); φ_o - тешик туфайли днишче мустаҳкамлигининг пасайишини инобатга олувчи коэффициент.

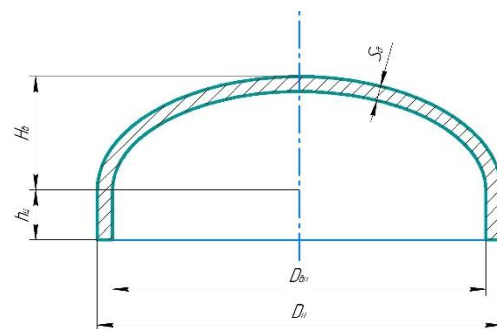
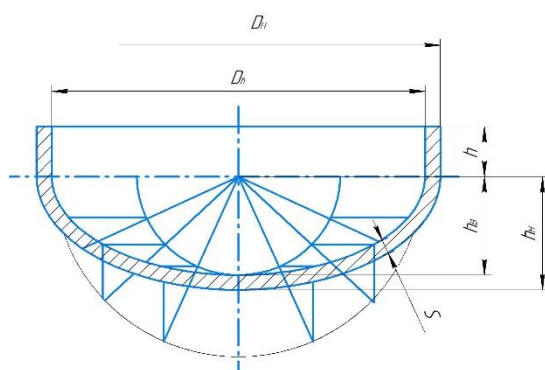
Коэффициент φ ни ушбу формулалардан топилади:

$$d/D < 0,35 \text{ да} \quad \varphi_o = 1 - 0,43 \frac{d}{D}$$

$$0,35 \leq d/D \leq 0,75 \text{ да} \quad \varphi_o = 0,85$$

Текис днишче ички диаметри $D=1000$ мм; деворининг қалинлиги $s_1=6$ мм; материали пўлат – Ст.20. Шартли белгиланиши: **Днишче 1000×6 – Сталь 20 ГОСТ 12623-78.**

Эллиптик днишче - энг кенг тарқалган бўлиб, қуйидаги афзалликларга эга: тайёрлаш осон, конструктив материал унумли сарфланади ва муҳит босимида бардошли. Одатда эллиптик днишчелар ортиқча босим ёки вакуум остида ишлайдиган қурилмаларда қўлланилади. Бу турдаги днишчелар штамплаб ёки алоҳида сегмент элементларни пайвандлаб ясалади.



4.25-расм. Эллиптик днишче.

Эллиптик днишче ички диаметри $D=400$ мм; деворининг қалинлиги $s_1=4$ мм; материали пўлат – ВСт3сп.

Шартли белгиланиши: **Днишче 400×4- 25-ВСт3сп ГОСТ 6533-78.**

Эллиптик днишченинг зарур қалинлиги ушбу тенгламадан ҳисоблаб топилади (4.25-расм):

$$S = \frac{p \cdot R}{2[\sigma] \cdot \varphi - 0,5p} + C_1 + C_2 + C_3 \quad (4.27)$$

бу ерда R -днишченинг максимал эгрилик радиуси.

Эгрилик радиуси R ушбу формуладан аниқланади:

$$R = \frac{D^2}{4H} \quad (4.28)$$

Тайёрланган ҳамма қурилма, идиш, жихоз ва бошқадар гидравлик синовдан ўтиши шарт. Пайвандланган қурилмадаги синов босими P_{np} ҳисобланган босим P_p га қараб

аниқланади:

$$P_{np} = 1,25 \frac{[\sigma_{20}]}{[\sigma_t]} \cdot P_p \quad (4.29)$$

бу ерда $[\sigma_{20}]$ – 20°C температурада қурилма материали ва унинг элементлари учун рухсат этилган кучланиш, МПа; $[\sigma]$ - ишчи температурада қурилма материали ва унинг элементлари учун рухсат этилган кучланиш, МПа.

Ишчи температура 200°C дан кам бўлган ҳолларда $[\sigma_{20}]/[\sigma]=1$.

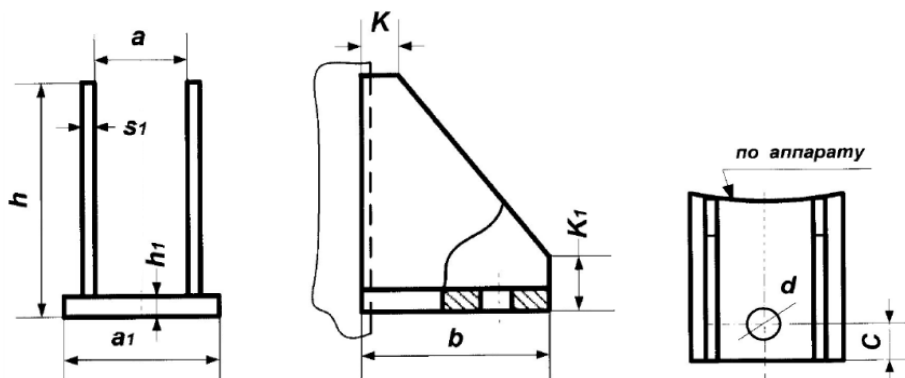
4-13 жадвал

Эллиптик днишче ўлчамлари, мм (ГОСТ 6533-78)

D_n	h_n	H_d	$D_{вн}$	h_n	H_d
159	25	40	400	25,4	100
273	25	68	600	25,4	150
325	25	81	800	25,4	200
426	25	106	1000	25,4	250
630	25	157	1200	25,4	300

4.10. Таянчлар ҳисоби

Вертикал қурилма таянч бошмоқлари иккита вертикал пластина ва горизонтал асосдан таркиб топган бўлади (4.26-расм).



4.26-расм. Вертикал қурилма учун таянч бошмоғи.

Вертикал қурилма таянч бошмоғи 2 хилда тайёрланади:

- 1 - типдаги бошмоқ иссиқлик қопламасиз қурилмалар учун;
- 2 - типдаги бошмоқ иссиқлик қопламали қурилмалар учун бўлиб, горизонтал асоси анча узун қилиб ясалади.

Таянч бошмоқлар бевосита қобикқа ёки тўғри тўртбурчак шаклли таглик листга пайвандланади. Таянч бошмоқлар қобиғининг диаметри $D \leq 600$ мм ли қурилмалар учун, ҳамда диаметри $D=600 \dots 800$ мм ли ва трубалар узунлиги 2000 мм дан ошмаган қурилмалар учун сони 2 та бўлади. Қобиғининг диаметри $D=600 \dots 800$ мм ва трубалар узунлиги 2000 мм дан ортиқ, ҳамда диаметри $D=1000$ ёки 1200 мм ли ва исталган узунликдаги трубалар учун бошмоқлар сони 4 та бўлади.

Таянч бошмоқлар ўлчамлари битта таянчга тушаётган юклама Q га қараб 4-14 жалвалдан танланади.

**Вертикал қурилмалар учун таянч бошмоқларнинг
конструктив ўлчамлари, мм**

Q, кН	тури	a	a₁	b	C	h	h₁	K₁	K	d
1,6	1	45	65	60	15	85	8	10	15	12
	2			100		120	4		25	
4,0	1	75	95	95	20	140	10	15	25	12
	2			160		190	5		40	
10	1	90	115	115	30	170	14	20	30	24
	2			195		255	6		50	
25	1	125	155	155	45	230	16	25	40	24
	2			255		310	8		65	
40	1	150	190	185	45	295	30	30	60	35
	2			315		390	10		80	
63	1	185	230	230	60	360	24	35	70	35
	2			380		470	12		100	
100	1	250	310	310	65	475	30	40	95	42
	2			520		620	16		130	
160	1	300	380	390	65	585	35	60	115	42
	2			650		780	20		180	

Бўш қурилма массаси қуйидагилардан йиғилади:

- деворининг қалинлиги δ_1 бўлган ҳамма трубалар $n_{ум}$ массаси

$$m_1 = \pi d_{yp} \cdot \delta_1 \cdot l_{mp} \cdot n_{ум} \cdot \rho_m \quad (4.30)$$

- l_1 узунликдаги қобик обечайкаси, ҳамда l_2 ва l_3 узунликдаги қопқоқ обечайкалар массалари

$$m_2 = \pi D_k \cdot S_k \cdot (l_{mp} + l_2 + l_3) \cdot \rho_m \quad (4.31)$$

- ҳамма тўсиқлар k , 2 та труба тешикли панжаралари, қопқоқ фланецларининг массалари

$$m_3 = 0,785 D_k^2 \cdot (k S_n + 2 S_{mn} + S_1 + S_2) \cdot \rho_m \quad (4.32)$$

бу ерда S – юқорида қайд этилган элементлар қалинлиги, м; L – ўша элементлар узунлиги, м; ρ - материал зичлиги, кг/м³; пўлат учун $\rho \approx 8000$ кг/м³.

Ишчи ҳолатда иссиқлик алмашиниш қурилмасининг труба ва трубалараро бўшлиғи элткичлар билан, гидравлик синов пайтида – сув билан тўлдирилган бўлади.

Трубалар билан қопқоқлар бўшлиқларининг ҳажми қуйидагича ҳисобланади:

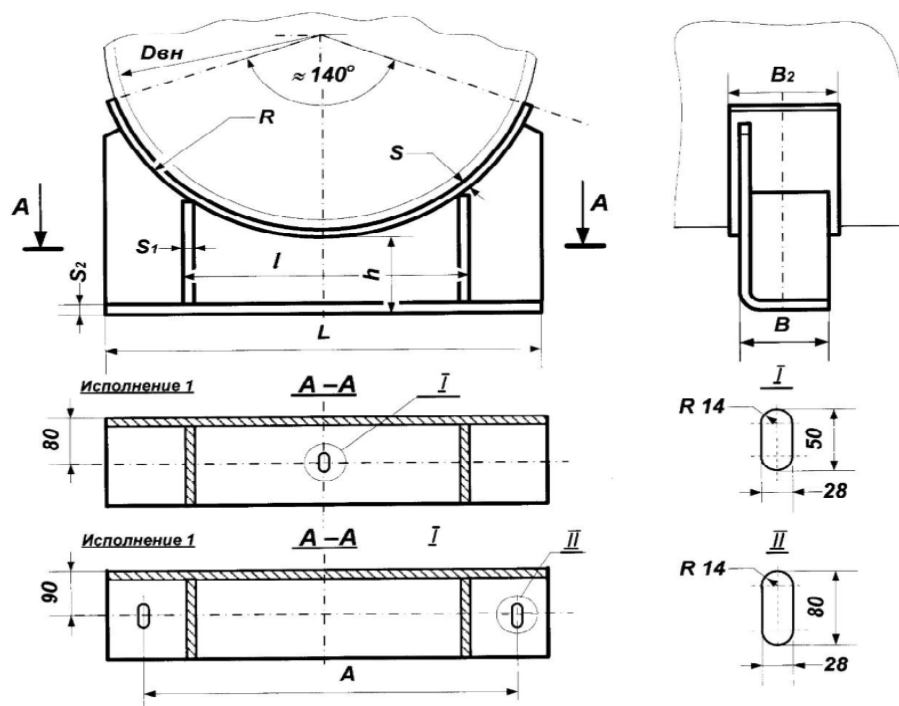
$$V_{mp} = 0,785 \cdot [d_{ич}^2 \cdot n_{ум} \cdot l_{mp} + D_k^2 (l_2 + l_3)] \quad (4.33)$$

Трубалараро бўшлиқнинг ҳажми ушбу формуладан аниқланади:

$$V_{mpaб} = 0,785 \cdot (D_k^2 - d_{таш}^2 \cdot n_{ум}) \cdot l_{mp} \quad (4.34)$$

Гидравлик синовларда даврида сув билан тўлдирилган қурилманинг таянчларига тушаётган умумий юклама (кН) ушбу тенгламадан топилади:

$$Q_{\Sigma} = 0,001 \cdot [m_1 + m_2 + m_3 + (V_{mp} + V_{mpaб}) \cdot \rho_{H_2O}] \cdot g \quad (5.35)$$



4.27-расм. Қобик диаметри $D_{\text{таш}}=159...630$ мм қурилмалар (I-тип) учун эгарсимон таянчлар.

Стандарт эгарсимон таянчлар горизонтал иссиқлик алмашиниш қурилмалари учун мўлжалланган.

I-типтаги таянчлар қобигининг диаметри 630 мм дан кам бўлган қурилмалар учун бўлиб, пойдевор болтлари тешиқларининг сонига қараб 2 хил қилиб ясалади (4.27-расм). Таянч букланган устун, 2 та қаттиқлик қовурғаси ва таянч листдан таркиб топган.

Таянч ўлчамлари қобикнинг ташқи диаметрига қараб 4-15 жадвалдан аниқланади ва рухсат этилган кучланишга текширилади.

4-15 жадвал

I-тип эгарсимон таянчлар ўлчамлари, мм (ОСТ 26-1265-75)

$D_{\text{таш}}/D_{\text{ич}}$	S_1	S_2	R	L	l	h	B	B_2	A	Q , кН
159/-	6	10	84	180	90	75	120	140	140	16
273/-	6	10	141	290	190	100	120	140	250	20
325/-	6	10	167	400	240	125	180	230	330	20
- /400	8	14	222	400	240	135	180	220	330	50
- /600	10	16	322	600	340	200	160	230	450	80

II-типтаги таянчлар қобигининг диаметри 800 мм ва ундан ортиқ бўлган қурилмалар учун бўлиб, рухсат этилган кучланишга қараб 2 хил қилиб ясалади. Таянч устун, асос, 3 та қаттиқлик қовурғаси ва таянч листдан таркиб топган (4.28-расм).

Таянчлар ўлчамлари 4-16 жадвалда келтирилган.

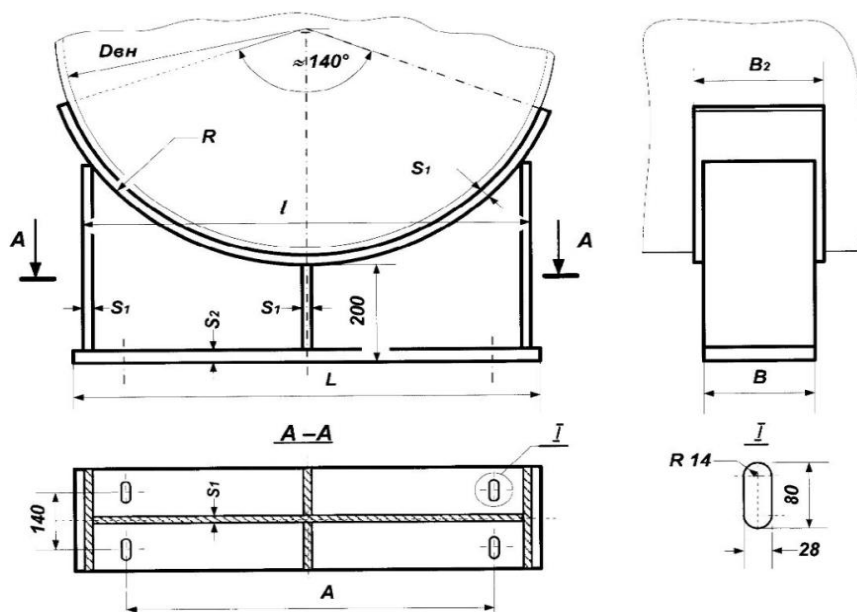
4-16 жадвал

II-тип эгарсимон таянчлар ўлчамлари, мм (ОСТ 26-1265-75)

$D_{\text{ич}}$	тури	S_1	S_2	R	L	l	B	B_2	A	Q , кН
800	1	8	14	422	740	730	250	360	500	80
	2	14	18							160
1000	1	8	14	522	1000	980	250	360	650	125
	2	14	18							200
1200	1	8	14	622	1100	1080	250	360	800	125
	2	12	18							200
1400	1	8	14	722	1250	1230	250	400	950	160
	2	12	20							250

Жадвалдаги **R** нинг қийматлари таянч листлар қалинлиги 6...12 мм учун.

Қурилмалар иккита эгарсимон, яъни қўзғалмас ва ҳаракатчан таянчларга ўрнатилади. Температуранинг компенсация қилиш учун болт тешикларининг эллипссимон шакли, ҳамда асос ва гайка орасидаги 1...2 мм ли тирқиш ҳисобига ҳаракатчан таянч пойдевор устида сирпанади.



4.28-расм. Қобик диаметри $D_{\text{вн}} \geq 800$ мм қурилмалар (II -тип) учун эгарсимон таянчлар.

Эгарсимон таянч деталлари ўзаро бир томонлама узлуксиз ёки таврсимон, таянч лист эса узлукли бурчак чоклари билан пайвандланади.

4.11. Тешикли панжара ҳисоби

Труба тешикли панжарасининг қалинлиги трубани развальцовка, ҳамда пайвандлаб маҳкамлаш шартидан келиб чиқиб, ушбу шартдан аниқланади:

$$S_p = \frac{(0,435d_n + 0,0015) \cdot 10^{-2}}{t_p - d_n} \geq 0,01 \quad (4.36)$$

бу ерда d_n – трубанинг ташқи диаметри, м; t_p –тешикли панжарадаги тешикларнинг жойлашиш қадами, м.

Қобик трубаи иссиқлик алмашиниш қурилмасининг трубалараро бўшлиғидаги кўндаланг сегмент тўсиқлар минимал қалинлиги қобик диаметрига боғлиқ:

4-17 жадвал

Сегмент тўсиқлар қалинлиги, мм (ГОСТ 6533-78)

D , мм	≤ 400	500...600	800...1000	≥ 1200
S_n , мм	6	10	12	14

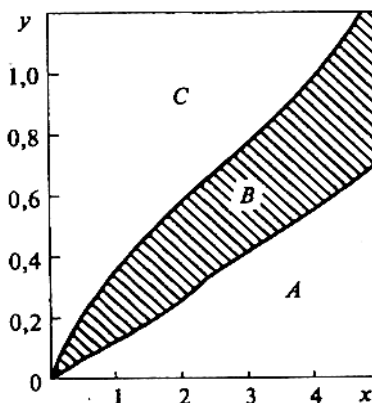
Кўндаланг сегмент тўсиқларни бир-бирига нисбатан белгиланган масофада дастлаб ўрнатиш учун торткичлар хизмат қилади ва уларнинг диаметри $D \leq 600$ бўлганда 12 мм ва $D \geq 800$ бўлганда 16 мм. Торткичларнинг сони $D \leq 1000$ мм да 6 та, $D = 1200$ мм да 8 та ва $D \geq 1200$ мм бўлганда 10 та.

4.12. Компенсатор ҳисоби

Оддий труба кувурларининг компенсациялаш қобилиятини 4.29-расмда кўрсатилган x ва y критериал параметрлар ёрдамида баҳоланади.

x – параметри труба қувири бутун узунлиги L нинг қўзғалмас таянчлар орасидаги масофа l га нисбати сифатида топилади:

$$x = \frac{L}{l} - 1 \quad (4.37)$$



4.29-расм. Оддий труба кувурининг компенсациялаш қобилиятини баҳолаш графиги.

A – температура таъсирида узайишни труба кувури компенсация қилади; **B** – компенсаторни ҳисоблаш талаб этилади; **C** – температура таъсирида узайишни труба кувури компенсация қилмаслиги сабабли унинг шаклини ўзгартириш керак.

y – параметри температура деформациясининг труба қувири бутун узунлиги келтирилган функцияси дир:

$$y = \frac{E \cdot D_a}{[\sigma] \cdot L} \cdot \left(\alpha \cdot \Delta t \pm \frac{C_m}{l} \right) \quad (4.38)$$

бу ерда E – пўлатнинг эластиклик модули, МПа; $[\sigma]$ – номинал рухсат этилган кучланиш, МПа; α – ҳисобланган температурада пўлатнинг чизикли узайишининг температура коэффиценти, $1/^\circ\text{C}$; Δt – труба деворининг ҳисобланган температураси ва монтаж температуралари орасидаги фарк, $^\circ\text{C}$; C_m – монтаж чўзилиши, м.

Труба қувурларини лойиҳалашда уни температура блокларига бўлишади. Ҳар бир блокда температура деформациялари компенсация қилинади. Труба қувури ва таянчлар (шу жумладан, қурилма штуцерлар) даги жуда катта кучланишлар туфайли температура деформацияларини ўз-ўзидан компенсация қилинмаса, бундай ҳолларда компенсаторлар ўрнатилади.

Труба қувурларидаги иссиқлик деформацияларини компенсация қилиш 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 иссиқлик таъсирида чўзилиши Δt ҳисобланади:

$$\Delta t = \varepsilon \cdot \Delta l \quad (4.39)$$

бу ерда, ε – компенсатор дастлабки чўзилиши ва компенсацион кучланиш релаксациясини инobatга олувчи коэффициент: иссиқлик элткич температураси $t \leq 400^{\circ}\text{C}$ тўлиқ иссиқлик чўзилиш Δl нинг 50% ва $t \geq 400^{\circ}\text{C}$ - Δl нинг 100%; ушбу коэффициентнинг сон қийматлари 5-18 жадвалдан олинади; Δl – труба қузури ҳисобланган участкасининг тўлиқ иссиқлик чўзилиши, мм:

$$\Delta l = \alpha \cdot \Delta t \cdot L \quad (4.40)$$

бу ерда, α – пўлатни 0 дан t (°C) гача қиздирилгандаги ўртача чизиқли кенгайиш коэффициент, мм/(м·K); Δt – ҳисобланган температуралар фарқи бўлиб, иссиқлик элткич ва атроф-муҳит температуралари орасидаги фарққа тенгдир, °C; L - труба таянчлари орасидаги масофа, м.

4-18 жадвал

Коэффициент ε нинг қийматлари			
№	Иссиқлик элткич температураси t , °C	Монтаж вақтида	Ишчи ҳолатда
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 (оралиқ)ни ҳисоблаш. Бевосита қўзғалмас таянч ёки компенсатор (П-симон, сифонли, сальникли ва ҳ.) га ёндашиб турган масофа четки оралиқ, қолганлари эса ўртача оралиқ деб номланади. Ўртача оралиқ ушбу (4.41) ва (4.42) формулалардан аниқланади ва иккитасидан энг кичиги ҳисобланган оралиқ деб қабул қилинади:

$$l_{yp} = (D_a - S) \cdot \sqrt{\frac{3,75\pi \cdot S \cdot \varphi_{bw} \cdot (1,1[\sigma] - \sigma_{ur})}{g}} \quad (4.41)$$

$$l_{yp} = \sqrt[3]{\frac{12E \cdot J \cdot i}{g \cdot y(1-y) \cdot (1-2y)}} \quad (4.42)$$

бу ерда, J – труба кўндаланг кесимининг инерция моменти, м⁴; i – киялик, одатда 0,002 кам бўлмаган қиймат қабул қилинади; σ_{ur} – ички босим туфайли ҳосил бўлган бўйлама кучланиш; y – ўлчамсиз параметр, одатда $y=0,33 \dots 0,5$.

Амалда четки оралиқ узунлиги ўртача оралиқнинг 80% ни ташкил этади.

Линзали компенсаторларни ҳисоблаш. Линзали компенсаторлар вертикал ва горизонтал труба қувурларида қўлланилади. Улар одатда шартли диаметр, шартли босим ва линзанинг компенсация қилиш қобилиятига қараб танланади (4.24-расм).

Компенсатордаги ҳисобланган линзалар сони ушбу формуладан аниқланади:

$$z = \frac{\Delta_{\kappa}}{\Delta_{\lambda}} \quad (4.43)$$

Ҳисоблаш натижасида олинган сон энг яқин катта сонгача яхлитланади.

Компенсатор деформацияси Δ_{κ} қуйидагича ҳисобланади:

$$t_m > t_6 \text{ бўлганда} \quad \Delta_{\kappa} = \Delta_t - \Delta_{pk} + \Delta_{pp} \quad (4.44)$$

$$t_m < t_6 \text{ бўлганда} \quad \Delta_{\kappa} = \Delta_t - \Delta_{pk} - \Delta_{pp} \quad (4.45)$$

бу ерда, Δ_t – труба температура деформацияси, м; $\Delta_{pk} = \frac{P_{\kappa} \cdot l}{E_T^t \cdot F_T}$ – компенсатор ҳаракат реакцияси туфайли

труба деформацияси, м; $\Delta_{pp} = \frac{P_p \cdot l}{E_T^t \cdot F_T}$ – кенгайтирувчи куч таъсиридаги труба деформацияси, м; E_T^t – труба

материалининг эластиклик модули, МПа; F_m – труба кўндаланг кесимининг юзаси, м²; t_m ва t_6 – труба ва ҳавонинг температуралари, °C.

Агар қандайдир сабабларга кўра стандарт компенсатор танлаш имкони бўлмаса, линзали компенсатор лойиҳаланади.

Компенсатор ҳисоби маълум кетма-кетликда олиб борилади:

– линза деворининг номинал ҳисобланган қалинлиги аниқланади, м

$$S_R = 0,895K \cdot D_e \cdot \sqrt{\frac{P}{[\sigma]}} \quad (4.46)$$

– компенсатор реакцияси P_K , МН

$$P_R = 4,9 \cdot \frac{[\sigma] \cdot S^2}{1 - \beta} \quad (4.47)$$

– линзадаги муҳит босими таъсирида кенгайиш P_p , МН

$$P_p = 0,8K_1 \cdot P \cdot D_e^2 \quad (4.48)$$

бу ерда D_e – линзанинг ички диаметри, труба­нинг ташқи диаметрига тенг қилиб олинади; $\beta = D_e/D$; D – линзанинг ташқи диаметри, м; S – линза деворининг қабул қилинган қалинлиги, м; $[\sigma]$ – линза материалининг букилишга рухсат этилган кучланиш, МПа; P – трубадаги ҳисобланган босим, МПа.

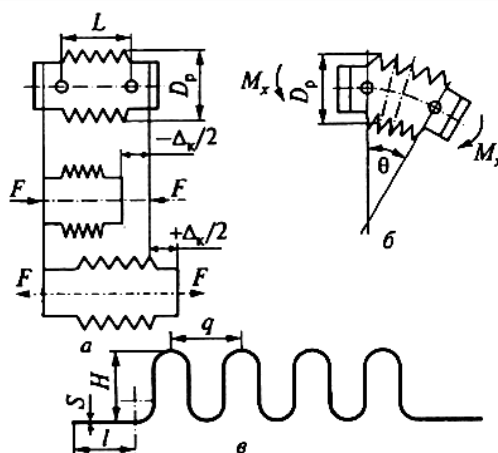
$$K = \sqrt{\frac{(1 - \beta) \cdot (1 - \beta)^2}{8\beta^2 \cdot (3 + \beta)}}; \quad K_1 = \frac{\pi}{12} \cdot \frac{(1 - \beta) \cdot (1 + 2\beta)}{\beta^2}$$

Битта линзанинг деформацияси ушбу формуладан топилади:

$$\Delta_n = 0,075K_2 \cdot \frac{[\sigma] \cdot D_e^2}{E \cdot S} \quad (4.49)$$

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 юққалиги билан ажралиб туради. 4.30-расмда сильфонли компенсаторларнинг асосий турлари келтирилган.

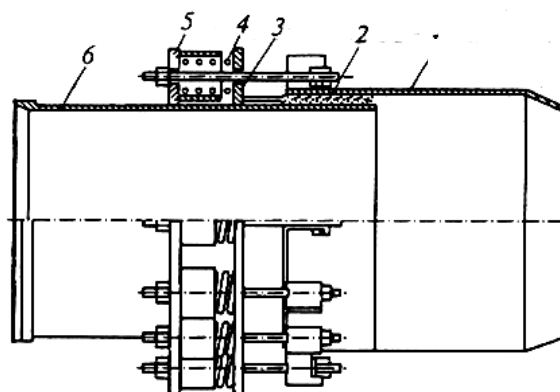


4.30-расм. Сильфонли компенсаторларнинг асосий турлари:

втулка;

а-ўқли; б-универсал; в-сурилувчи.

втулка.



4.31-расм. Сальникли компенсатор:

1-қобик; 2-зичловчи материал; 3-босиб турувчи

4-компенсацияловчи пружина; 5-босувчи ҳалқа; 6-

Сальникли компенсаторларни ҳисоблаш. Сальникли компенсаторларни муҳитнинг босими $P_y \leq 2,5$ МПа ва температураси $t \leq 300^\circ\text{C}$, труба қувурининг диаметри 100 дан 1000 ммгача бўлган ҳолларда қўллаш мумкин (4.31-расм). Бунда труба қувури ер остида ёки паст таянчларда ўтказилган бўлиши даркор.

Сальникли компенсаторларни ҳисоблаш қалинликни ва сальник зичловчи материал (мой шимдирилган юмшоқ мато ёки арқон) ни сиқиш кучини, сальник детали ва элементларининг асосий ўлчамларини аниқлашни ўз ичига қамраб олган:

– сальникнинг юмшоқ зичловчи материалнинг ҳисобланган қалинлиги S_c , мм:

$$S_c = 1,4\sqrt{D_c} \quad (4.50)$$

бу ерда, D_c – сальник қобиғининг диаметри; ҳисоблаб топилган S_c нинг қиймати бутун сонгача яхлитланади ва 3...25 мм оралиқда қабул қилинади.

– зичловчи материалнинг баландлиги h муҳитнинг босимиға боғлиқ ва 4-19 жадвал танланади.

4-19 жадвал

Сальникли компенсаторларнинг юмшоқ зичловчи материал h нинг тавсия этилган баландлиги

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	$3S_c$	$4S_c$	$5S_c$	$6S_c$

4.13. Люк ва лазлар

Люклар қурилмани кузатиш, монтаж ва ички мосламаларини демонтаж қилиш, хом-ашёни юклаш ва тозалаш учун хизмат қилади.

Люк ва лазлар конструкцияси эксплуатация шароити ва қурилмадаги босимға боғлиқ (4.32-расм). Агар, лаздан камдан-кам фойдаланилса, калта фланецли штуцерға ёпғич қўринишидаги қопқоқ қилиб қўйилади. Тез-тез очиш зарурати бўлганда ағдарилиб очилувчи қопқоқ болтға ўрнатилади ва очилиш жараёни кам вақт олади. Агар, бир кунда бир неча маротаба очиш керак бўлса, люк ва лазлар буралувчи қисқичли қилиб ясалади.

4.32-расм. Люк ва лазлар

а-ёпғичли; б- болтда ўрнатилган ағдарилиб очилувчи қопқоқли; в-буралувчи қисқичли.

Лазнинг оғир қопқоқлари очиш ва ёпиш жараёнларини осонлаштириш, ҳамда ҳавфсизлик нуқтаи назаридан лазлар қопқоқлари шарнирли ясалади ёки тирговичға осиб қўйилади. Ушбу турдаги мосламалар катта баландликда ўрнатилган қурилмалар учун жуда зарур.

Бобишкарлар. Айрим ҳолларда фланецли штуцерлар ўрниға бобишкарлар қўлланилади. Бобишка бу фланец бўлиб, бевосита қурилма қобиғига пайвандланади (4.33-расм).

4.33-расм. Пайвандланган бобишкарлар.

а-устма-уст қўйилган фланец қўринишида; б- ўйиб қўйилган фланец қўринишида; в- ўйиб қўйилган резъбали фланец қўринишида.

Шуни алоҳида таъкидлаш лозимки, бобишкарларнинг афзаллиги ўзининг асосий вазифасидан ташқари мустаҳкамлик халқа вазифасини ҳам бажаради. Камчилиги сифатида унинг қалинлиги оддий фланецга нисбатан кўпроқ бўлади, чунки уни цилиндр ёки сфера шаклига ишлов бериш, ҳамда болтлар ўрнига шпилька ишлатилиши қайд этиш лозим. Ундан ташқари, шпилька узилиб ёки “қотиб” қолса, уни чиқариб олиш катта муаммо туғдиради.

Бобишкарлар кузатиш ойналар мосламалари, сальник ва ўлчов-назорат асбобларини ўрнатишда ва кичик диаметрли труба қувурларини улашда, майда диаметрли штуцерлар ўрнига қўлланилади.

4.14. Барабан ҳисоби

Саноатда барабанли қурилмалар қуриткич, кристаллизатор, ўтхоналар сифатида қўлланилади. Айланувчи барабанлар механик ҳисоби унинг қаттиқлиги ва мустаҳкамлигини таъминловчи қалинлигини, ҳамда бандаж, таянч ва тираб турувчи роликларнинг мустаҳкамлигини аниқлашдир.

Мисол 4-1. Технологик ҳисоб асосида қуйидаги кўрсаткичли барабанли қуриткич танланган:

- барабан диаметри $D=2,8$ м;
- барабан узунлиги $L=14$ м;
- айланиш частотаси $n=4$ айл/мин;
- қурилма массаси $M=10200$ кг;
- барабан қалинлиги $\delta=14$ мм;
- оғирлиги $G=0,99$ МН.

Барабanni мустаҳкамлиги ва қаттиқлиги ҳисоблаб аниқлансин.

Ўртача тўкма зичлиги $\rho=1280$ кг/м³ ва тўлдириш коэффициенти $\beta=0,12$ бўлганда қуриткичдаги материал оғирлиги қуйидагига тенг:

$$G_m = 0,785 \cdot D^2 \cdot L \cdot \beta \cdot \rho_n \cdot g = 0,785 \cdot 2,8^2 \cdot 14 \cdot 0,12 \cdot 1280 \cdot 9,81 = 13000 \text{ Н} \quad (4.51)$$

Таянчлар орасидаги масофа:

$$l_o = 0,585 \cdot L = 0,585 \cdot 14 = 8,2 \text{ м} \quad (4.52)$$

Эгувчи момент ушбу формуладан аниқланади:

$$M = \frac{G + G_m}{2} \cdot \frac{l_o}{2} - q \frac{L^2}{8} = \frac{(0,99 + 0,13)}{2} \cdot \frac{8,2}{2} - \frac{(0,99 + 0,13)}{14} \cdot \frac{14^2}{8} = 0,336 \text{ МН} \cdot \text{м} \quad (4.53)$$

Узатманинг тахминий қуввати $N=80$ кВт бўлганда айлантириш моменти ушбу формуладан ҳисобланади:

$$M = \left(\frac{N}{2\pi m} \right) \cdot 10^{-3} = \frac{80 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,0067} = 0,191 \text{ МН} \cdot \text{м} \quad (4.54)$$

Келтирилган момент:

$$M_p = 0,35M + 0,65\sqrt{M^2 + M_{\kappa p}^2} = 0,35 \cdot 0,336 + 0,65 \cdot \sqrt{0,336^2 + 0,191^2} = 0,37 \text{ МН} \cdot \text{м} \quad (4.55)$$

Барабан халқасимон кўндаланг кесимининг қаршилик моменти:

$$W = 0,785 \cdot D^2 \cdot \delta = 0,785 \cdot 2,8^2 \cdot 0,014 = 0,085 \text{ м}^3 \quad (4.56)$$

Эгувчи кучланиш :

$$\sigma_s = \frac{M_p}{W} = \frac{0,37}{0,085} = 4,3 \text{ МН/м}^2 \quad (4.57)$$

Ушбу қиймат рухсат этилган ораликда, яъни $[\sigma_s] = 5 \dots 10 \text{ МН/м}^2$.

Барабан халқасимон кўндаланг кесим инерциясининг ўқли моменти:

$$I = \frac{\pi D_{yp}^3}{8} \cdot \delta = \frac{\pi}{8} \cdot (D - \delta)^3 \cdot \delta = \frac{3,14}{8} (2,8 - 0,014)^3 \cdot 0,014 = 0,119 \text{ м}^4 \quad (4.58)$$

Углеродли пўлат учун эластиклик модули $E = 1,9 \cdot 10^5 \text{ МН/м}^2$.

Барабаннинг эгилишини ушбу формуладан топамиз:

$$f = \frac{5 \cdot q \cdot l_o^4}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \cdot (0,99 + 0,13) \cdot 8,2^4}{384 \cdot 1,9 \cdot 10^5 \cdot 0,119} = 2,09 \cdot 10^{-4} \text{ м} \quad (4.59)$$

Рухсат этилган эгилиш ушбу формуладан аниқланади:

$$f \leq 0,0003 \cdot l_o \quad (4.60)$$

$$f = 0,0003 \cdot l_o = 0,0003 \cdot 8,2 = 0,00246 \text{ м} \quad (4.61)$$

яъни, барабаннинг қаттиқлик шартлари бажарилмоқда.

4.15. Аралаштиргич ўқининг ҳисоби

Қурилма ўқларининг айланиши ўсганда унинг тебраниш амплитудаси ортиши кузатилади. Шунинг учун бу турдаги қурилмаларда турғун ишлаш қобилияти тебранишга бардошлиги билан белгиланади.

Мисол 4-2. Ротор-дискли экстрактор ўқининг асосий ўлчамлари аниқлансин.

Бошланғич маълумотлар:

- диск диаметри - 0,8 м;
- диск қалинлиги - 0,004 м;
- дисклар сони - 20 та;
- дисклар орасидаги масофа - 0,4 м;
- ўқнинг умумий узунлиги - $L = 0,4(20+1) = 8,4 \text{ м}$;
- подшипниклардаги ишқаланиш ва аралаштиришга қаршиликни енгиш

учун зарур кувват - $N=0,2$ кВт;
- айланиш частотаси - $0,5$ айл/с.

Айлантирувчи момент:

$$M_{кр} = \frac{N}{2\pi n} = \frac{200}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,5} = 63,7 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (4.62)$$

Ўқнинг минимал диаметри унинг буралишга мустаҳкамлиги шarti билан белгиланади:

$$d = 1,71 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_{кр}}{\tau_0}} = 1,71 \cdot \sqrt[3]{\frac{63,7}{44} \cdot 10^{-6}} = 20 \text{ мм} \quad (4.63)$$

Диаметри 20 мм ли ўқ бир метрининг массаси:

$$m = \frac{\pi d^2 \cdot \rho}{4} = 0,785 \cdot (0,02^2) \cdot 7850 = 2,46 \text{ кг} / \text{м} \quad (4.64)$$

Диск массаси:

$$M = 0,785 \cdot 0,8^2 \cdot 0,004 \cdot 7850 = 15,8 \text{ кг} \quad (4.65)$$

Ўқнинг бир метрига тўғри келадиган дискнинг массаси:

$$m' = \frac{M(n+1)}{L} = \frac{15,8 \cdot 21}{8,4} = 39,5 \text{ кг} / \text{м} \quad (4.66)$$

Думалоқ кўндаланг кесимли ўқ инерция моменти:

$$I = \frac{\pi d_2^4}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,02^4}{64} = 0,785 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4 \quad (4.67)$$

Углеродли пўлат учун эластиклик модули $E=2 \cdot 10^5$ МН/м². Ўқ айланишининг биринчи критик тезлигини ушбу формуладан топамиз:

$$\omega_1 = \frac{\alpha^2}{L^2} \sqrt{\frac{EI}{m+m'}} = \frac{3,142^2}{8,4^2} \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{11} \cdot 0,785 \cdot 10^{-8}}{2,46 + 39,5}} = 0,855 \text{ рад/с} \quad (4.68)$$

бу ерда $\alpha=3,142$.

Ўқнинг критик айланиш частотаси:

$$n_{кр} = \frac{\omega_1}{2\pi} = \frac{0,855}{2\pi} = 0,136 \text{ айл} / \text{с} \quad (4.69)$$

Бу кўрсаткич берилган катталиқдан кичик, шу сабабли тебранишга бардошлик шарртлари бажарилмаяпти. Шунинг учун, диаметри 50 мм бўлган ўқ учун қайта ҳисоблашлар бажарамиз.

Диаметри 50 мм ли ўқ бир метрининг массаси:

$$m = \frac{\pi d^2 \cdot \rho}{4} = 0,785 \cdot (0,05^2) \cdot 7850 = 15,4 \text{ кг} / \text{м} \quad (4.70)$$

Думалок кўндаланг кесимли ўқ инерция моменти:

$$I = \frac{\pi d_2^4}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,05^4}{64} = 30,7 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4 \quad (4.71)$$

Ўқ айланишининг биринчи критик тезлигини ушбу формуладан топамиз:

$$\omega_1 = \frac{\alpha^2}{L^2} \sqrt{\frac{EI}{m + m'}} = \frac{3,142^2}{8,4^2} \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{11} \cdot 30,7 \cdot 10^{-8}}{15,4 + 39,5}} = 4,67 \text{ рад/с} \quad (4.72)$$

Ўқнинг критик айланиш частотаси:

$$n_{кр} = \frac{\omega_1}{2\pi} = \frac{4,67}{2\pi} = 0,745 \text{ айл / с} \quad (4.73)$$

Тебранишга бардошлик шартлари бажарилмоқда:

$$\omega \leq 0,7 \cdot \omega_1 \quad (4.74)$$

$$\frac{0,5}{0,745} = 0,671 \leq 0,7$$

Қуйидаги формула бўйича ҳисоб жуда яқин натижа беради:

$$\begin{aligned} \omega_1 &= \sqrt{\frac{12(n+1)^3}{\left(2 + \cos \frac{n}{n+1}\right)} \cdot \left(1 - \cos \frac{\pi}{n+1}\right)^2} \cdot \sqrt{\frac{EI}{M' L^3}} = \\ &= \sqrt{\frac{12 \cdot 21^2}{\left(2 + \cos \frac{\pi}{21}\right)} \cdot \left(1 - \cos \frac{\pi}{21}\right)^2} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{11} \cdot 30,7 \cdot 10^{-8}}{\left(15,8 + \frac{2 \cdot 15,4 \cdot 8,4}{3 \cdot 20}\right) \cdot 8,4^3}} = 4,81 \text{ рад/с} \end{aligned} \quad (4.75)$$

бу ерда $M' = M + \frac{2}{3} \cdot \frac{mL}{n}$. Бундан ўқнинг критик айланиш частотаси:

$$n_{кр} = \frac{\omega_1}{2\pi} = \frac{4,81}{2\pi} = 0,766 \text{ айл / с} \quad (4.76)$$

Ўқ нормаллашган ўлчамга яқин 60x4 мм ли трубадан ясалган бўлгани учун тебранишга бардошлик шартларига жавоб беради. Унинг ўлчов бирлигига тўғри келадиган массаси:

$$M = 0,785 \cdot (0,06^2 - 0,052^2) \cdot 7850 = 5,52 \text{ кг / м} \quad (4.77)$$

Халқасимон кўндаланг кесим ўқнинг инерция моменти:

$$I = \frac{\pi D_{yp}^3}{8} \cdot \delta = \frac{\pi}{8} \cdot (D - \delta)^3 \cdot \delta = \frac{3,14}{8} (0,06 - 0,004)^3 \cdot 0,004 = 27,8 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4 \quad (4.78)$$

Ўқ айланишининг биринчи критик тезлигини ушбу формуладан топамиз:

$$\omega_1 = \frac{\alpha^2}{L^2} \sqrt{\frac{EI}{m + m'}} = 0,14 \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{11} \cdot 27,6 \cdot 10^{-8}}{7,1 + 39,5}} = 4,9 \text{ рад/с} \quad (4.79)$$

Ўқнинг критик айланиш частотаси:

$$n_{кр} = \frac{\omega_1}{2\pi} = \frac{4,90}{2\pi} = 0,78 \text{ айл/с} \quad (4.80)$$

Труба учун рухсат этилган айлантйрувчи момент ушбу формуладан аниқланади:

$$M_{кр, \delta} = 1,6 \cdot (d - \delta)^2 \cdot \delta \cdot \tau_{\delta} = 1,6 \cdot (0,06 - 0,004)^2 \cdot 0,004 \cdot 44 \cdot 10^6 = 820 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (4.81)$$

Ушбу қиймат зарур момент (63,7 Н·м) дан анча катта. Шундай қилиб, берилган бошланғич шартлар учун ротор-дискли экстрактор ўқининг кўндаланг кесими яхлит ўқ учун $d=50$ мм ёки халқасимон учун $d=60 \times 4$ мм бўлиши мумкин.

4.16. Болт ва шпилька ҳисоби

Фланецли бирикмалар учун болт (шпилька)лар ва гайкалар нормаллашган ва стандартлашган бўлиши керак (4-20 ва 4-20а жадваллар). 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 $(2,5 \dots 5) \cdot d_b$ бўлиши керак; болтлар иложи борица зичланиш юзасига яқин бўлиши

4-20 жадвал

Т/р	Муҳит	Чегаравий ишчи босим, МПа	Чегаравий температур, °С	Қистирма
1.	Нефть (хом-ашё) ва нефть маҳсулотлари	1,0	40	Мойланган картон
		5,0	450	Паронит
		10,0	300	Гофриланган алюминий қобиқли асбест
		6,4...40,0	550	0X18H9 ёки X18H9T пўлатдан эллипс кўндаланг кесимли халқасимон қистирма
2.	Агрессив буғ ва газлар	0,6	300	Асбестли картон
		2,5	300	Паронит
		15,0	450	Гофриланган 0X18H9 ёки X18H9T пўлат қобиқли асбест
		6,4...40,0	550	0X18H9 ёки X18H9T пўлатдан эллипс кўндаланг кесимли халқасимон қистирма
3.	Ҳаво ва нейтрал газ	0,3	30	Резина
		10,0	300	Гофриланган алюминий қобиқли асбест
		6,4...40,0	550	0X18H9 ёки X18H9T пўлатдан эллипс кўндаланг кесимли халқасимон қистирма
4.	Сув буғи (тўйинган ва ўта кизиган)	0,4	150	Графитланган асбестли картон
		5,0	450	Паронит
		6,4...40,0	550	0X18H9 ёки X18H9T пўлатдан эллипс кўндаланг кесимли халқасимон қистирма
5.	Концентрланган H ₂ SO ₄ (40% гача)	0,3	65	Резина
		0,6	50	С2 турдаги қўрғошин
		0,6	100	Кислотабардош асбестли картон

6.	Аммиак ва ишқор эритмалари	0,15	400	Графитланган асбестли картон
		4,0	300	Паронит
		6,4...40,0	550	Армко темирдан, эллипс кўндаланг кесимли ҳалқасимон қистирма

мақсадга мувофиқ. Болт узунлиги фланецли бирикма йиғилгандан сўнг, яъни гайка қуйилиб, тортилгандан сўнг гайка устидан яна $(2,5...5) \cdot d_6$ масофага чиқиб туриши керак.

4-20а жадвал

Маҳкамлаш деталлари	Максимал рухсат этилган ишчи параметрлар		Фланецнинг максимал рухсат этилган диаметри, D_f , мм	Маҳкамлаш деталлари учун пўлат маркалари
	p_y , МПа	t , °C		
Болтлар ГОСТ 7798-70 Шпилькалар ГОСТ 22032-76	≤2,5	-70 ... -40	ОСТ 26-426-79	20ХН3А
	0,3	-40 ... +300	3600	35
	0,6		1500	40
	1,0; 1,6		800	12Х18Н10Т
	2,5		600	10Х17Н13М2Т
Гайкалар	≤2,5	-70 ... -40	ОСТ 26-426-79	10Г2
		-40 ... + 300	ОСТ 26-427-79	25; 30; 35; 40
		-70 ... +300		12Х18Н10Т; 10Х17Н13М2Т
Шпилькалар ОСТ 26-2040-77 тип 1 ва 2	≤16,0	-40 ... + 400	ОСТ 26-426-79 ОСТ 26-427-79 ОСТ 26-428-79	35Х; 38ХА; 30ХМА
		-40 ... + 450		37Х12Н8Г8МФБ
		-40 ... + 540		25Х2М1Ф; 20Х1М1Ф1ТР; 20Х1М1Ф1БР; 08Х14Н20В2ТР 18Х12ВМБФР
		-70 ... -40		20ХН3А
Гайкалар ОСТ 26-2041-77 шайбалар ГОСТ 9065-75 ОСТ 26-2042-77	≤16,0	-40 ... + 400		35; 40
		-40 ... + 450		37Х12Н8Г8МФБ
		-40 ... + 510		40Х; 30ХМА; 25Х1МФ
		-40 ... + 540		45Х14Н14В2М; 12Х18Н10Т
		-70 ... -40		20ХН3А; 10Г2

Муҳит босими остидаги фланецли бирикма болтига тушаётган юклама қуйидаги формуладан топилади:

$$Q_6 = \frac{\pi}{4} (D_6 + \frac{2}{3} b)^2 \cdot P + \pi \cdot D_c \cdot b_0 \cdot m \cdot P \quad (4.82)$$

бу ерда, Q_6 – болтларга тушаётган умумий юклама; D_6 –қистирма ички диаметри; b – қистирма қалинлиги; P – муҳит ишчи босими; D_c – қистирма ўртача диаметри ($D_6 = D_6 + b$); b_0 – қистирманинг ҳисобий қалинлиги, унинг конструкциясига қараб аниқланади; ясси қистирмалар учун $b < 0,012$ м бўлганда $b_0 = b$; $b > 0,012$ м бўлганда, $b_0 = \sqrt{b}$; эллипс шаклидаги қистирмалар учун $b_0 = b/4$; m – қистирмага таъсир этаётган солиштира босим коэффиценти; ясси асбест ёки асбест композицияли қистирмалар учун $m=2,5$; гофриланган металл қобикли асбест қистирма учун $m=3$; алюминий қистирма учун $m=4$; юмшоқ пўлат қистирма учун $m=5,5$.

Муҳит босими остида бўлмаган, лекин фланецли бирикмани ишончли зичланишини таъминловчи болтларга тушаётган юклама миқдори қуйидаги формуладан аниқланади:

$$Q_6' = \frac{\pi \cdot D_c \cdot b_0 \cdot q_{кр}}{2} \quad (4.83)$$

бу ерда, $q_{кр}$ – қистирма юзасига тушаётган босим; ясси асбест ёки асбест композицияли қистирма учун $q_{кр}=30$; гофриланган металл қобикли асбест қистирма учун $q_{кр}=40$; алюминий қистирма учун $q_{кр}=70$; юмшоқ пўлат қистирма учун $q_{кр}=125$.

Q'_δ ва Q_δ юкламаларидан энг каттаси ҳисоблашлар учун олинади. Тўртга қаррали (4,8,12,16 ва ҳ.) болтлар сонини танлаб, битта болтга тушаётган юклама (МН) аниқланади:

$$q_\delta = \frac{Q_\delta}{n_\delta} \text{ ёки } q_\delta = \frac{Q'_\delta}{n_\delta} \quad (4.84)$$

4-206 жадвал

Болт ва шпилькаларнинг тавсия этиладиган диаметрлари d_δ , мм								
Ички босим рр, МПа	Қурилма диаметри, мм							
	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	≥2200
0-0,6	20	20	20	20	20	20	24	24-30
0,6-1,0	20	20	20	20	24-30	24-30	30	30
1,0-1,6	20	20	24-30	24-30	24-30	24-30	30	30
1,6-2,5	20	20	24-30	24-30	24-30	30	30	-
2,5-4,0	30	30	36	36	36	42	42	-
4,0-6,4	30	42	42	48	48	52	52	-
6,4-8,0	30-36	42	48	52-56	52-56	-	-	-
8,0-10,0	36-42	48	52-56	56-64	56-64	-	-	-

Болт ёки шпилька резьбасининг ички диаметри d_1 ушбу тенгламадан топилади:

$$q_\delta = \frac{\pi \cdot (d_1 - C_1)^2 \cdot [\sigma]}{4} \quad (4.85)$$

бу ерда, C_1 – конструктив қўшимча, одатда $C_1=0,001\dots0,002$ мм; $[\sigma]$ – тўрт-беш қаррали мустаҳкамлик заҳирасида рухсат этилган кучланиш.

Болт ёки шпилька диаметри ГОСТ тўғри келиши керак. Шунинг учун, болт диаметрини (4.85) формуладан аниқлангандан сўнг, q'_δ топилади. Болтларга тушаётган максимал юклама ушбу формуладан ҳисоблаб топилади:

$$Q_{\max} = n \cdot q'_\delta \quad (4.86)$$

Фланец параметрлари (диск қалинлиги, пайвандлаш чоклари) ҳисобланган юкламаси Q_p га нисбатан аниқланади:

$$Q_p = \frac{Q_{\max} + Q_{\delta \min}}{2} \quad (4.87)$$

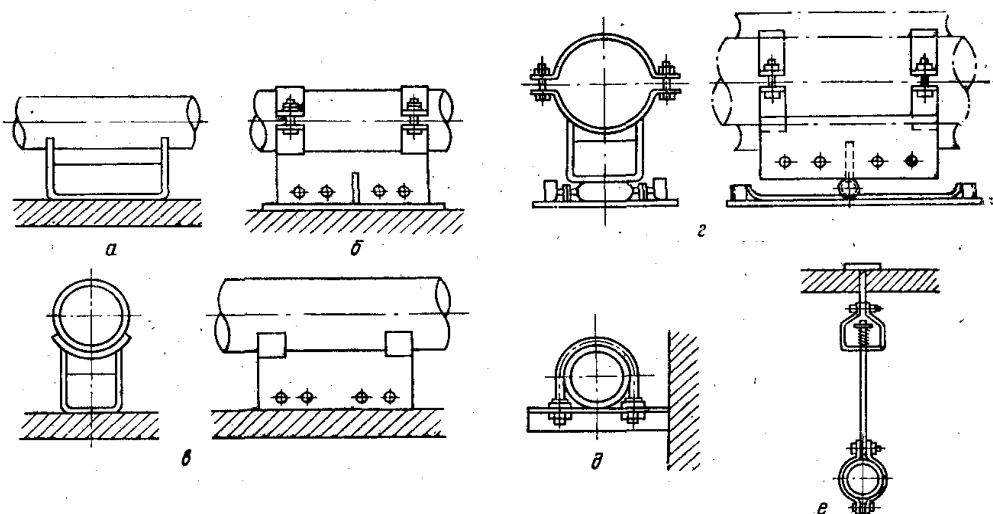
бу ерда, $Q_{p\max}$ – (5.82) ва (5.83) формулалар ёрдамида ҳисобланган кучланишларнинг энг каттаси.

Труба қувури таянчларнинг ўртасидаги максимал эгилиш ушбу формуладан топилади:

$$f = \frac{q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I} \quad (5.88)$$

бу ерда E – труба материалнинг эластиклик модули; I –труба қўндаланг кесимининг инерция моменти. Қўпчилик труба қувурлари учун таянчлар орасидаги масофа нормаллаштирилган ва махсус адабиётларда келтирилган.

Труба қувурлари таянч ва осма мосламалари қурилиш ёки металл конструкцияларга ўрнатилади.



4.34 - расм. Труба қувурлар таянчлари.

а – қўзғалмас, пайвандланган; б – қўзғалмас, хомутларга маҳкамланган;

в – ҳаракатчан; г – ғилдирақларга ўрнатилган; д – кронштейнга ўрнатилган; е – осма.

Албатта, иккала конструкция ҳам ёнмайдиган ва оловбардош бўлиши керак. 4.34-расмда таянч ва осма мосламаларнинг айрим конструкциялари келтирилган.

Таянчларни танлаш учун асосий мезон – бу ҳисобланган юклама қийматидир. Таянчлар учун ГОСТ ва нормалар ишлаб чиқилган. Таянчга тушаётган вертикал юклама (4.89) ва шамол юкламаси эса (4.90) формуладан аниқланади:

$$Q_B = 1,5 \cdot q_P \cdot l \quad (4.89)$$

$$Q_{BT} = 1,5 \cdot q_B \cdot D \cdot l \quad (4.90)$$

бу ерда q_P – шамолнинг тезлик напори; D – иссиқлик копламали труба диаметри.

Агар, атроф-муҳит температураси 0°C дан паст бўлсада, узатилаётган муҳитларнинг труба қувурлари махсус хомутли таянчларга ўрнатилади. Хомут ва труба орасига ёғоч қистирма қўйилади. Нометалл труба қувурлари эса, эластик қистирмалар (масалан, резина) қўйиш тавсия этилади. Эксплуатация жараёнида технологик труба қувурлари тебранишларга дучор бўлиши мумкин. Ушбу ҳодисанинг олдини олиш учун махсус амортизатор ва қўшимча таянчлар ўрнатилади. Одатда, таянчлар оғир, массив пойдеворларга ўрнатилади, чунки бунда тебранишлар технологик қурилмаларнинг бошқа конструкцияларига ўтмайди.

4.17. Труба қувурларини синаш

Монтаж ёки таъмирлашдан чиққан ва эксплуатацияга туширишдан аввал ҳамма труба қувурлари мустаҳкамлик ва зичлик синовларидан ўтказилиши шарт. Кўпинча, труба қувурлар синашда гидравлик, камроқ пневматик синовлар қўлланилади. Синаш босими, одатда труба қувурининг паспортида берилади; агар босим берилмаган бўлса, босим остида ишлайдиган қурилмаларни синовдан ўтказиш йўриқномасига таяниб амалга оширилади. Труба қувури синов босими остида 5 дақиқа давомида ушлаб турилади ва ундан кейин ишчи босимгача аста-секин пасайтирилади ва кузатувдан ўтказилади.

Умумий синовдан ташқари, алоҳида пайванд чоклари рентген нури ёки ультратовуш ёрдамида сифати текширилади. Агарда пайвандлаш ишлари атроф-муҳит температураси 0°C дан паст бўлганда қилинса, 100% пайванд чоклари рентген нури назоратидан ўтказилади.

Шу билан бирга, ҳамма пайванд чоклари ташқи кузатув орқали сифати аниқланади.

Эксплуатацияга топшириладиган труба қувурининг схемаси, текширув акти, мустаҳкамлик ва зичлик синовлари актларини ўзига мужассам қилган паспорти бўлиши шарт.

4.18. Труба қувурларини эксплуатация қилиш

Труба қувурларини эксплуатация қилишда температура ва босим ҳисобланган кўрсаткичлардан ортиб кетмаслиги керак. Агар труба қувури зичланиши бузулганда, у дарҳол муҳит узатувчи ҳамда сиқувчи системадан узилиши ва камчиликлари бартараф қилиниши керак. Ҳар труба қувурида ўтказилган ҳамма ишлар эксплуатация журналарида қайд этилиши шарт.

Труба қувурини назорат қилувчи ходимлар қувур ташқи томони ҳолатини ҳамда таянч, осма мослама, компенсатор, иссиқлик қоплама ва бошқаларни текширувдан ўтказишади.

Ундан ташқари, пайванд чокларининг мустаҳкамлиги ва зичланиши, фланецли бирикма ва бошқалар ҳолати назорат қилиниб, сўнг эксплуатация қилиш мумкинлиги белгиланади. Одатда, труба қувурида оқим йўналиши ўзгарувчи жойларда энг кўп емирилади ва у ерда маҳаллий гидравлик қаршилиқлар ҳосил бўлади.

Арматуралар ҳолати алоҳида назоратда бўлиши керак. Уларнинг ҳар доим герметик ва шпинделларни зичлаш мосламаларининг мунтазам кузатилиши бузулмасдан ишлашининг кафолатидир.

Арматура маховики қўшимча ричаг ва мосламалар ёрдамида эмас, балки ишончли ва ортиқча кучсиз осон очилиб ёпилиши керак.

4.19. Қурилмаларни шамол юкламасига ҳисоблаш

Мисол 4-3. Очик майдончада алоҳида ўрнатилган қурилма учун шамолнинг эгувчи моменти аниқлансин (4.35-расм) ва унга I – типдаги таянч ҳисоби қилинсин (4.36-расм). Қурилмани ўрнатиш жойи 2-географик район.

Қурилма материали – кам легирланган пўлат ($E=2 \cdot 10^5$ МН/м², $[\sigma_n]=160$ МН/м²).

Оғирлик кучи: қурилманики - $G = 0,26$ МН (26 тс);

хизмат кўрсатиш майдончалариники - $G_n = 0,02$ МН (2 тс);

қопламаники - $G_q = 0,06$ МН (6 тс);

суюқликники - $G_{ж} = 0,04$ МН (4 тс);

гидравлик синов пайтида қурилмадаги сувники - $G_s = 0,43$ МН (43 тс);

Қурилманинг ички диаметри: тепа қисми - $D_e=1,0$ м;

пастки қисми - $D_{eI}=1,6$ м.

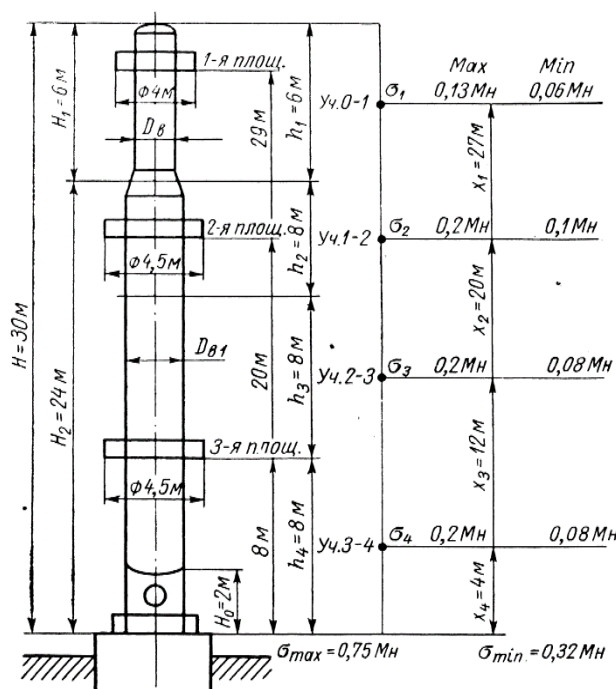
Қобик деворининг қалинлиги: тепа қисми - $s=16$ мм;

пастки қисми - $s_I=22$ мм.

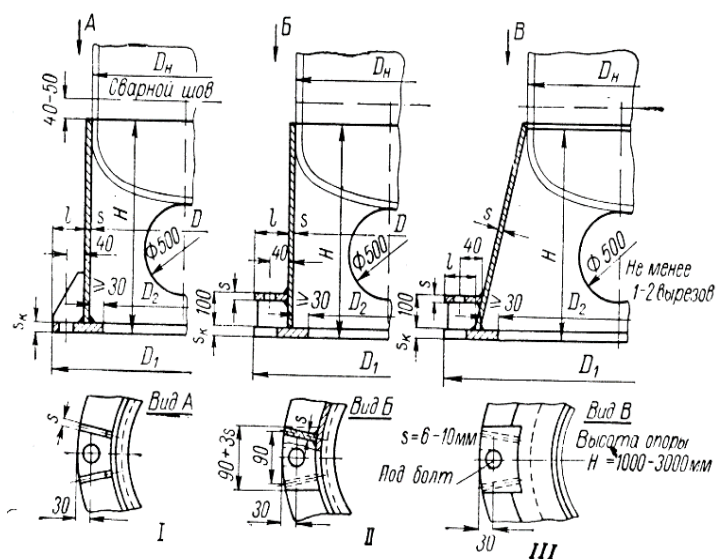
Девор қалинлигига коррозия учун қўшимча - $c_k=1$ мм.

Қопламали қурилманинг ташқи диаметри: тепа қисми - $D_u=1,5$ м;

пастки қисми - $D_{uI}=2,0$ м.



4.35-рasm. Шамол юкмасининг схемаси



4.36-рasm. Вертикал қурилмалар таянчларининг асосий конструкциялари.

(I-III типдаги таянчлар учун 30, 40, 90 ва 100 ўлчамлар номинал, фақат М24 ва М27 болтлар учун).

Шамолни билан ювилиб турувчи юза: тепа майдонча $F_n = 3 \text{ м}^2$; пастки ҳар бир майдончалар $F_{n1} = 3,5 \text{ м}^2$.

Цилиндрик таянчнинг ички диаметри $D=1,6 \text{ м}$. Таянчдаги лаз диаметри $d=0,5 \text{ м}$.

Пойдевор болтларининг материали – $[\sigma] = 230 \text{ МН/м}^2$ ли пўлат.

Қурилманинг диаметри ушбу формуладан топилади:

$$D = \frac{2}{H^2} \left[D_u H_1 \left(\frac{H_1}{2} \right) + D_{n1} H_2 \left(H_1 + \frac{H_2}{2} \right) \right] = \frac{2}{30^2} \left[1,5 \cdot 6,0 \cdot \frac{6,0}{2} + 2,0 \cdot 24,0 \left(6,0 + \frac{24,0}{2} \right) \right] = 1,98 \text{ м}$$

Қурилма баландлигининг ҳисобланган диаметрига нисбати $H/D=30/1,98=15,1>15$ дан бўлгани учун, пойдеворга қаттиқ сиқилган консоль стерженли қурилма ҳисоблаш схемаси танланади.

Қурилма тебраниш даврини топамиз. Ҳисоблаш қурилма оғирлик кучининг максимал ва минимал қийматлари учун алоҳида бажарамиз. Қурилма қобиғи диаметрининг ўртача қийматлари:

- тепа қисмида

$$D_{cp} = D_g + (s - c_k) = 1,0 + (0,016 - 0,001) = 1,015 \text{ м}$$

- паст қисмида

$$D_{cp1} = D_{g1} + (s_1 - c_k) = 1,6 + (0,022 - 0,001) = 1,621 \text{ м}$$

Қобиқ кўндаланг кесимларининг инерция моментлари:

тепа қисмида

$$J = \frac{\pi}{8} D_{cp}^3 \cdot (s - c_k) = \frac{\pi}{8} \cdot 1,015^3 \cdot 0,015 = 0,00615 \text{ м}$$

паст қисмида

$$J_1 = \frac{\pi}{8} D_{cp1}^3 \cdot (s_1 - c_k) = \frac{\pi}{8} \cdot 1,621^3 \cdot 0,021 = 0,0352 \text{ м}$$

Қурилманинг тебраниш даврини қуйидаги формуладан аниқлаймиз:

- максимал оғирлик кучи учун:

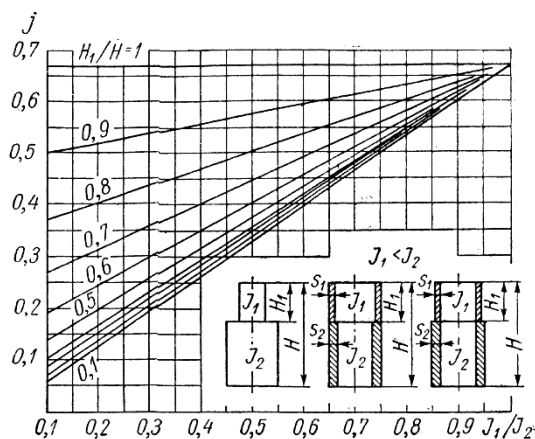
$$T = 4,45 \cdot \sqrt{\frac{0,12 \cdot (0,13 \cdot 27^4 + 0,22 \cdot 20^4 + 0,2 \cdot 12^4 + 0,2 \cdot 4^4)}{0,00615 \cdot 9,81 \cdot 30 \cdot 2 \cdot 10^5}} = 0,825c;$$

-минимал оғирлик кучи учун:

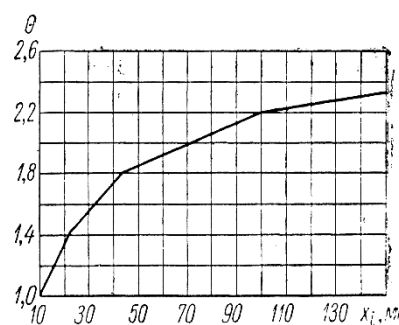
$$T = 4,45 \cdot \sqrt{\frac{0,12 \cdot (0,06 \cdot 27^4 + 0,1 \cdot 20^4 + 0,08 \cdot 12^4 + 0,08 \cdot 4^4)}{0,00615 \cdot 9,81 \cdot 30 \cdot 2 \cdot 10^5}} = 0,57c;$$

2-географик район учун норматив тезлик напори $q=0,035 \cdot 10^{-2}$ МН/м² (4-21 жадвал).
Ушбу тезликка қурилманинг $H>10$ м баландлиги учун тузатиш коэффициенти $\theta=1,55$ (4.38-расм).

Коэффициент j қиймати 4.37-расмдан топилади: $J/J_1=0,00615/0,0352=0,174$ ва $H/H_1=6/30=0,2$ учун $j=0,12$.



4.37-расм. Биринчи гуруҳ зинали қурилмалар учун j коэффициентини аниқлаш графиги.



4.38-расм. θ тузатиш коэффициентини аниқлаш графиги.

Шамолнинг тезлик напори q ер юзидан 10 м баландликда турли географик районлардаги қийматлари 4-21 жадвалда келтирилган.

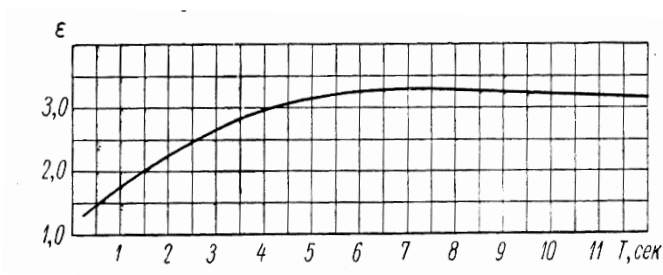
4-21 жадвал

Географик район	1	2	3	4	5	6	7
$q \cdot 10^2$, МН/м ²	0,027	0,035	0,045	0,055	0,07	0,085	0,1

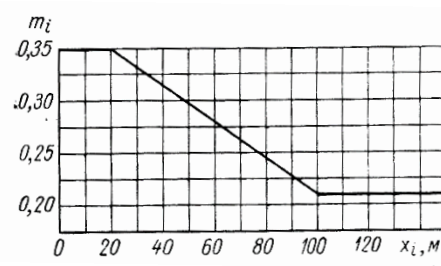
Участкалар бўйича ҳисобланган тезлик напори:

$$q_1=q_2=q_3=\theta \cdot q=1,55 \cdot 0,035 \cdot 10^{-2}=0,0542 \cdot 10^{-2} \text{ МН/м}^2$$

$$q_4=0,035 \cdot 10^{-2}=0,0542 \cdot 10^{-2} \text{ МН/м}^2$$



4.39-расм. Динамик коэффициентни аниқлаш графиги.



4.40-расм. Шамол тезлик напори m_i нинг тебраниш коэффициентини аниқлаш графиги.

Динамиклик коэффициентини 4.39-расмдан топамиз:

$$T=0,825 \text{ с} \quad \text{учун} \quad \varepsilon=1,75$$

$$T=0,57 \text{ с} \quad \text{учун} \quad \varepsilon=1,5$$

Тезлик напорининг тебраниш коэффициенти 4.33-расмдан аниқланади:

$$1\text{-участка учун} \quad m_1=0,34;$$

$$2\text{-4 участкалар учун} \quad m_2=m_3=m_4=0,35.$$

Тезлик напорининг ортиш коэффициенти ушбу формуладан аниқланади. Курилманинг максимал оғирлигида:

$$1\text{-участка учун} \quad \beta_1=1+1,75 \cdot 0,34=1,595;$$

$$2\text{-4 участкалар учун} \quad \beta_2=\beta_3=\beta_4=1+1,75 \cdot 0,35=1,613.$$

Курилманинг минимал оғирлигида:

$$1\text{-участка учун} \quad \beta_1=1+1,5 \cdot 0,34=1,51;$$

$$2\text{-4 участкалар учун} \quad \beta_2=\beta_3=\beta_4=1+1,5 \cdot 0,35=1,52.$$

Курилманинг ҳар бир участкасига таъсир этаётган шамол юкламасининг кучи формуладан топамиз:

курилманинг максимал оғирлик кучида

$$P_1=0,6 \cdot 1,595 \cdot 0,0542 \cdot 10^{-2} \cdot 1,5 \cdot 6 = 0,466 \cdot 10^{-2} \text{ МН}$$

$$P_2=P_3=0,6 \cdot 1,613 \cdot 0,0542 \cdot 10^{-2} \cdot 2,0 \cdot 8 = 0,84 \cdot 10^{-2} \text{ МН}$$

$$P_4=0,6 \cdot 1,613 \cdot 0,035 \cdot 10^{-2} \cdot 2,0 \cdot 8 = 0,54 \cdot 10^{-2} \text{ МН}$$

курилманинг минимал оғирлик кучида

$$P_1=0,6 \cdot 1,51 \cdot 0,0542 \cdot 10^{-2} \cdot 1,5 \cdot 6 = 0,441 \cdot 10^{-2} \text{ МН}$$

$$P_2=P_3=0,6 \cdot 1,52 \cdot 0,0542 \cdot 10^{-2} \cdot 2,0 \cdot 8 = 0,79 \cdot 10^{-2} \text{ МН}$$

$$P_4=0,6 \cdot 1,52 \cdot 0,035 \cdot 10^{-2} \cdot 2,0 \cdot 8 = 0,51 \cdot 10^{-2} \text{ МН}$$

Курилма асосига нисбатан шамол юкламасидан унга тушаётган эгувчи момент формуласи ёрдамида аниқлаш мумкин:

курилманинг максимал оғирлик кучида

$$M_{B1}=0,466 \cdot 10^{-2} \cdot 27 = 12,6 \cdot 10^{-2} \text{ МН} \cdot \text{м}$$

$$M_{B2}=0,84 \cdot 10^{-2} \cdot 20 = 16,8 \cdot 10^{-2} \text{ МН} \cdot \text{м}$$

$$M_{B3}=0,84 \cdot 10^{-2} \cdot 12 = 10,1 \cdot 10^{-2} \text{ МН} \cdot \text{м}$$

$$M_{B4}=0,54 \cdot 10^{-2} \cdot 4 = 2,16 \cdot 10^{-2} \text{ МН} \cdot \text{м}$$

$$\Sigma M_B = 41,66 \cdot 10^{-2} \text{ МН} \cdot \text{м}$$

курилманинг минимал оғирлик кучида

$$M_{B1}=0,444 \cdot 10^{-2} \cdot 27 = 11,9 \cdot 10^{-2} \text{ МН} \cdot \text{м}$$

$$M_{B2}=0,79 \cdot 10^{-2} \cdot 20 = 15,8 \cdot 10^{-2} \text{ МН} \cdot \text{м}$$

$$M_{B3}=0,79 \cdot 10^{-2} \cdot 12 = 9,48 \cdot 10^{-2} \text{ МН} \cdot \text{м}$$

$$M_{B4}=0,51 \cdot 10^{-2} \cdot 4 = 2,04 \cdot 10^{-2} \text{ МН} \cdot \text{м}$$

$$\Sigma M_B = 39,22 \cdot 10^{-2} \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Қурилма асосига нисбатан шамол юкласидан унинг майдончаларига тушаётган эгувчи момент формуласи ёрдамида аниқлаш мумкин:

қурилманинг максимал оғирлик кучида

$$M_{Bn1} = 1,4 \cdot 1,595 \cdot 0,0542 \cdot 10^{-2} \cdot 29 \cdot 3 = 10,5 \cdot 10^{-2} \text{ МН} \cdot \text{м}$$

$$M_{Bn2} = 1,4 \cdot 1,163 \cdot 0,0542 \cdot 10^{-2} \cdot 20 \cdot 3,5 = 8,55 \cdot 10^{-2} \text{ МН} \cdot \text{м}$$

$$M_{Bn3} = 1,4 \cdot 1,163 \cdot 0,035 \cdot 10^{-2} \cdot 8 \cdot 3,5 = 2,21 \cdot 10^{-2} \text{ МН} \cdot \text{м}$$

$$\Sigma M_{Bn} = 21,26 \cdot 10^{-2} \text{ МН} \cdot \text{м}$$

қурилманинг минимал оғирлик кучида

$$M_{Bn1} = 1,4 \cdot 1,51 \cdot 0,0542 \cdot 10^{-2} \cdot 29 \cdot 3 = 10,0 \cdot 10^{-2} \text{ МН} \cdot \text{м}$$

$$M_{Bn2} = 1,4 \cdot 1,51 \cdot 0,0542 \cdot 10^{-2} \cdot 20 \cdot 3,5 = 8,05 \cdot 10^{-2} \text{ МН} \cdot \text{м}$$

$$M_{Bn3} = 1,4 \cdot 1,52 \cdot 0,035 \cdot 10^{-2} \cdot 8 \cdot 3,5 = 2,08 \cdot 10^{-2} \text{ МН} \cdot \text{м}$$

$$\Sigma M_{Bn} = 20,13 \cdot 10^{-2} \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Шамол юкласидан тушаётган умумий эгувчи момент ушбу формула бўйича аниқланади:

қурилманинг максимал оғирлик кучида

$$M_{B0} = (41,66 + 21,26) \cdot 10^{-2} = 62,92 \cdot 10^{-2} \text{ МН} \cdot \text{м}$$

қурилманинг минимал оғирлик кучида

$$M_{B0} = (39,22 + 20,13) \cdot 10^{-2} = 59,35 \cdot 10^{-2} \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Қурилма таянчининг ҳисоби.

Қурилма таянчи цилиндрик деворининг қалинлигини $s=16$ мм деб қабул қиламиз. Таянчда лаз учун диаметри $d=0,5$ м ли тешиқ қилинган. Қурилма оғирлигидан максимал юкласидан деворда ҳосил бўлаётган сиқилиш кучланиши қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$\sigma_c = \frac{G_{\max}}{[\pi \cdot (D + s) - d] \cdot (s - c_k)} = \frac{0,75}{[\pi \cdot (1,6 + 0,016) - 0,5] \cdot (0,016 - 0,001)} = 10,9 \text{ МН} / \text{м}^2$$

Худи шу шароитларда деворнинг эгилиш кучланиши ушбу формуладан топилади:

$$\sigma_u = \frac{4M_{B0}}{[\pi \cdot (D + s)^2] \cdot (s - c_k)} = \frac{4 \cdot 0,6332}{[\pi \cdot (1,6 + 0,016)^2] \cdot (0,016 - 0,001)} = 20,6 \text{ МН} / \text{м}^2$$

Қуйидаги нисбат эса,

$$\frac{D}{2 \cdot (s - c_k)} = \frac{1,6}{2 \cdot (0,016 - 0,001)} = 53,3$$

Ушбу нисбат учун k_o ва k_u коэффициентлар қийматларини 4.9-расмдан топамиз [6], яъни $k_o=0,052$ ва $k_u=0,054$.

K_c коэффициенти эса қуйидагича аниқланади:

$$K_c = 875 \cdot \frac{\sigma_m}{E^t} \cdot k_c = 875 \cdot \frac{330}{2 \cdot 10^5} \cdot 0,052 = 0,0523$$

K_u коэффициенти эса қуйидагича аниқланади:

$$K_u = 875 \cdot \frac{\sigma_m}{E^t} \cdot k_u = 875 \cdot \frac{330}{2 \cdot 10^5} \cdot 0,054 = 0,0543$$

Таянч цилиндрик обечайкасидаги сиқилишга рухсат этилган кучланиш қуйидаги формулада ҳисобланади:

$$[\sigma_c] = K_c E^t \frac{s - c_k}{D} = 0,0523 \cdot 2 \cdot 10^5 \frac{0,016 - 0,001}{1,6} = 98 \text{ MH} / \text{м}^2$$

Таянч цилиндрик обечайкасидаги эгилишга рухсат этилган кучланиш қуйидаги формулада ҳисобланади:

$$[\sigma_u] = K_u E^t \frac{s - c_k}{D} = 0,0543 \cdot 2 \cdot 10^5 \frac{0,016 - 0,001}{1,6} = 102 \text{ MH} / \text{м}^2$$

Цилиндрик обечайка турғунлик шарти ($p_n=0$ бўлганда) қуйидаги формулада текширилади:

$$\frac{\sigma_c}{[\sigma_c]} + \frac{\sigma_u}{[\sigma_u]} + \frac{p_n}{[p_n]} \leq 1$$

ҳисобланаётган мисол учун

$$\frac{\sigma_c}{[\sigma_c]} + \frac{\sigma_u}{[\sigma_u]} = \frac{10,9}{98} + \frac{20,6}{102} = 0,111 + 0,202 = 0,313 < 1$$

яъни, турғунлик таъминланган.

Қурилма қобиғи ва таянчнинг цилиндрик обечайкасини бирлаштирувчи пайванд чокида ($\varphi=0,7$) сиқилишдан ҳосил бўлган максимал кучланиш ушбу формуладан топилади:

$$\begin{aligned} \sigma_{\max} &= \frac{G_{\max}}{\varphi \cdot F} + \frac{M_{\text{eo max}}}{\varphi \cdot W} = \frac{G_{\max}}{\varphi \pi (D + s) \cdot (s - c_k)} + \frac{4M_{\text{eo max}}}{\varphi \pi (D + s)^2 \cdot (s - c_k)} = \\ &= \frac{0,75}{0,7 \pi (1,6 + 0,016) \cdot (0,016 - 0,001)} + \frac{4 \cdot 0,6332}{0,7 \pi (1,6 + 0,016)^2 \cdot (0,016 - 0,001)} = \\ &14 + 29,3 = 43,3 \text{ MH} / \text{м}^2 < [\sigma_c] = 160 \text{ MH} / \text{м}^2 \end{aligned}$$

Таянч халқанинг ички диаметри ушбу формуладан аниқланади:

$$D_2 = D - 0,06 \text{ м} = 1,6 - 0,06 = 1,54 \text{ м}$$

Таянч халқанинг ташқи диаметри қуйидаги формуладан аниқланади:

$$D_1 = D + 2s + 0,2 = 1,6 + 2 \cdot 0,016 + 0,2 = 1,832 \text{ м}$$

Халқанинг таянч юзаси ушбу формула орқали аниқланади:

$$F = \frac{\pi}{4} (D_1^2 - D_2^2) = \frac{\pi}{4} (1,832^2 - 1,54^2) = 0,77 \text{ м}^2$$

халқа таянч юзасининг қаршилик коэффиценти қуйидаги формуладан топилади:

$$W = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{D_1^4 - D_2^4}{D_1} = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{1,832^4 - 1,54^4}{1,832} = 0,304 \text{ м}^2$$

Халканинг таянч юзасида максимал сиқиш кучланиши ушбу формуладан топилади:

$$\sigma_{\max} = \frac{G_{\max}}{F} + \frac{M_{\text{сmax}}}{W} = \frac{0,75}{0,77} + \frac{0,632}{0,304} = 0,975 + 2,08 = 3,055 \text{ MN} / \text{м}^2 < 10 \text{ MN} / \text{м}^2$$

Таянч халқанинг номинал қалинлиги $l=0,1$ м бўлганда ушбу формуладан аниқланади:

$$s'_k = 1,73 \cdot l \cdot \sqrt{\frac{\sigma_{\max}}{[\sigma_u]}} = 1,73 \cdot 0,1 \sqrt{\frac{3,055}{160}} = 23,9 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 23,9 \text{ мм}$$

Коррозияга қўшимчани инобатга олиб ва яхлитлаб, $s_k=30$ мм деб қабул қиламиз.

Таянч халқаси юзасидаги минимал кучланиш:

қурилманинг максимал оғирлик кучида ушбу формула бўйича ҳисобланади:

$$\sigma = \frac{G_{\max}}{F} - \frac{M_{\text{сmax}}}{W} = \frac{0,75}{0,77} - \frac{0,6332}{0,304} = -1,105 \text{ MN} / \text{м}^2$$

қурилманинг минимал оғирлик кучида қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$\sigma = \frac{G_{\max}}{F} - \frac{M_{\text{сmin}}}{W} = \frac{0,32}{0,77} - \frac{0,5935}{0,304} = -1,534 \text{ MN} / \text{м}^2$$

Минус ишораси пойдевор болтлар ўрнатилишини кўрсатади. Қурилманинг минимал оғирлик кучидаги σ нинг абсолют қийматининг катта қиймати ҳисобланган катталиқ деб олинади.

Пойдевор болтларига шартли ҳисоблаш юкламаси қуйидаги тахминий умумий формуладан топилади:

$$P'_6 = 0,785 \cdot (D_1^2 - D_2^2) = 0,785 \cdot (1,832^2 - 1,54^2) \cdot 1,534 = 1,19 \text{ MN}$$

Пойдевор болтларининг сонини $z=12$ та қабул қиламиз. Битта болтга тушаётган юклама ушбу формуладан топилади:

$$P'_{61} = \frac{P'_6}{z} = \frac{1,19}{12} = 0,0995 \text{ MN}$$

Болт резьбасининг ҳисобланган ички диаметри қуйидаги формуладан аниқланади:

$$d'_1 = \sqrt{\frac{4P'_{61}}{\pi \cdot [\sigma]}} + c_k = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0995}{3,14 \cdot 230}} + 0,002 = 0,0255 \text{ м} = 25,5 \text{ мм},$$

M30 ($d_1=25,4$ мм) ўлчамли болтларни қабул қиламиз.

Болт айланасининг диаметри D_6 (м):

$$D_6 \approx D + 2s + 0,12 \text{ м} = 1,6 + 2 \cdot 0,016 + 0,12 = 1,752 \text{ м};$$

$D_6=1750$ мм қийматни қабул қиламиз.

4.20. Қурилмаларни сейсмик юкламага ҳисоблаш

Сейсмик, зилзила географик зоналарда қурилмалар ўрнатилганда, уларнинг турғунлигининг бузулиш ва қулаш ҳавфи бор. Ер қимирлаш кучи балларда баҳоланади. Турли хилда иншоотлар учун 9 балл ер тебраниши ҳисобланади. 6 балли географик районларда қуриладиган иншоотлар сейсмик ҳисоблашлар қилмасдан лойиҳаланиши мумкин. Ушбу районларда эксплуатация қилинадиган қурилма ва машиналар сейсмик кучларга ҳисобланади. Ҳисоблаш схемаси худди шамол юкламасига ҳисоблангандек танланади ва участкаларга бўлинади. Шамол юкламасига ҳисобланганда, оғирлик кучи ҳар бир участканинг ўртасида вертикал мужассамлашган бўлса, сейсмик куч эса, худди шу нуқтада горизонтал ҳолда бўлади.

Қурилманинг i – участканинг ўртасидадаги сейсмик куч $P_i(MH)$ қиймати қуйидагича аниқланади:

$H/D \geq 15$ да

$$P_i = K_c \cdot \beta \cdot G_i \cdot x_i^2 \cdot \frac{\sum_{i=1}^n G_i \cdot x_i^2}{\sum_{i=1}^n G_i \cdot x_i^4} \quad (4.35)$$

$H/D < 15$ да

$$P_i = K_c \cdot \beta \cdot G_i \cdot K_i \cdot \frac{\sum_{i=1}^n G_i \cdot K_i}{\sum_{i=1}^n G_i \cdot K_i^2} \quad (4.36)$$

бу ерда K_c – сейсмиклик коэффициенти, 4-22 жадвалдан олинади; β – динамиклик коэффициенти, 4.41-расмдан олинади.

4-22 жадвал

Сейсмиклик коэффициенти K_c нинг қийматлари

Сейсмиклик, балл	7	8	9
K_c	0,025	0,05	0,1

Қурилма таянчининг пастки кўндаланг кесимида, фақат биринчи шаклли тебранишларни инобатга олганда (қурилманинг ўз тебранишлари $T < 0,6$ с), сейсмик юклама таъсиридан ҳосил бўладиган эгувчи момент қуйидаги формуладан аниқланади:

$$M_c = \sum_{i=1}^n P_i x_i \quad (4.37)$$

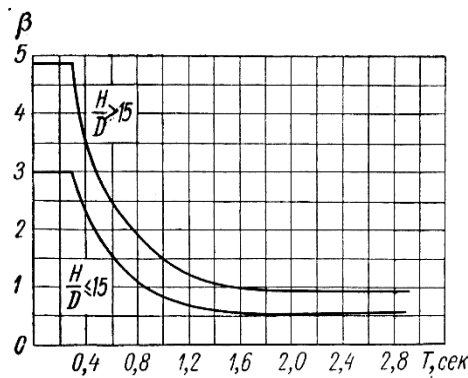
Қурилма таянчининг ўша кўндаланг кесимида, юқори (олий) шаклли тебранишларни инобатга олганда (қурилманинг ўз тебранишлари $T \geq 0,6$ с), сейсмик юклама таъсиридан ҳосил бўладиган эгувчи момент қуйидаги формуладан аниқланади:

$$M_{c1} = 1,25 \cdot M_c \quad (4.38)$$

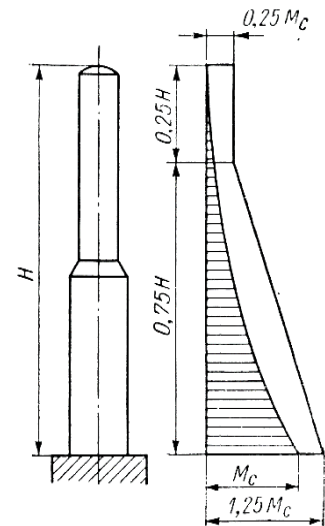
Шуни назарда тутиш керакки, қурилмаларни сейсмик юкламаларга ҳисоблаганда, шамол юкламаси ҳам инобатга олинishi шарт. Шамол ва сейсмик юкламалардан қурилмага тушаётган умумий ҳисобланган эгувчи момент $M_{сум}$ ушбу формуладан аниқланади:

$$M_{сум} = M_c + 0,3 \cdot M_{\sigma} \quad (4.39)$$

бу ерда M_c – сейсмик юкламадан тушаётган эгувчи момент; M_{σ} – шамол юкламасидан тушаётган эгувчи момент.



4.41-расм. Динамиклик коэффициентини β ни аниқлаш графиги.



4.42-расм. Сейсмик юклардан қурилма баландлиги бўйича эгувчи моментларнинг ўзгариш графиги.

Агар, бир нечта қурилма битта пойдеворга ўрнатилган ва ўзаро горизонтал йўналишли каттиқ труба қувурлари билан бирлаштирилган бўлса, ҳамма қурилмалар учун умумий тебранишлар даври (4.9) формуладан ҳисоблаб топилади.

Кейинги сейсмик ҳисоблашлар алоҳида ўрнатилган қурилмалар деб олиб борилади.

Мисол 4-5. Агар, зилзила кучи 8 балл бўлса, **мисол 4-1** даги қурилма учун сейсмик юклама туфайли ҳосил бўлган эгувчи момент ва шамол ва сейсмик юклар биргаликдаги таъсирдан ҳосил бўладиган умумий эгувчи моментлар ҳисоблансин.

Аввалги мисолдан қуйидагилар маълум:

$$\begin{array}{llll} G_1=0,13 \text{ МН}; & G_2=0,22 \text{ МН}; & G_3=0,2 \text{ МН}; & G_4=0,2 \text{ МН}; \\ x_1=27 \text{ м}; & x_2=20 \text{ м}; & x_3=12 \text{ м}; & x_4=4 \text{ м}; \\ T_1=0,825 \text{ с}; & M_{60}=0,633 \text{ МН}\cdot\text{м}. & & \end{array}$$

Даставвал қуйидагини аниқлаймиз:

$$\sum_{i=1}^n G_i x_i^2 = 0,13 \cdot 27^2 + 0,22 \cdot 20^2 + 0,2 \cdot 12^2 + 0,2 \cdot 4^2 = 215 \text{ МН} \cdot \text{м}^2$$

$$\sum_{i=1}^n G_i x_i^4 = 0,13 \cdot 27^4 + 0,22 \cdot 20^4 + 0,2 \cdot 12^4 + 0,2 \cdot 4^4 = 102900 \text{ МН} \cdot \text{м}^2$$

8 баллик сейсмик зона учун сейсмиклик коэффициентини $K_0=0,05$ га тенг (4-22 жадвал). Динамиклик коэффициентининг қийматини 4.41-расмдан танлаб оламиз: $T=0,825 \text{ с}$ ва $H/D > 15$ учун $\beta \approx 1,8$.

Қурилманинг ҳар бир участкасининг ўртасидаги сейсмик куч қиймати (4.35) формуладан топилади:

$$P_1 = 0,05 \cdot 1,8 \cdot 0,13 \cdot 27^2 \cdot \frac{215}{102900} = 0,66 \cdot 10^{-2} \text{ МН}$$

$$P_2 = 0,05 \cdot 1,8 \cdot 0,22 \cdot 20^2 \cdot \frac{215}{102900} = 1,65 \cdot 10^{-2} \text{ МН}$$

$$P_3 = 0,05 \cdot 1,8 \cdot 0,2 \cdot 12^2 \cdot \frac{215}{102900} = 0,542 \cdot 10^{-2} \text{ МН}$$

$$P_4 = 0,05 \cdot 1,8 \cdot 0,2 \cdot 4^2 \cdot \frac{215}{102900} = 0,062 \cdot 10^{-2} \text{ МН}$$

Қурилма таянчининг пастки кўндаланг кесимида, фақат биринчи шаклли тебранишларни инобатга олганда, сейсмик юклама таъсиридан ҳосил бўладиган эгувчи момент (4.37) формуладан аниқланади:

$$M_c = \sum_{i=1}^n P_i x_i = P_1 x_1 + P_2 x_2 + P_3 x_3 + P_4 x_4 =$$

$$0,0066 \cdot 27 + 0,0165 \cdot 20 + 0,00542 \cdot 12 + 0,00062 \cdot 4 = 0,5765 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Қурилма таянчининг ўша кўндаланг кесимида, юқори (олий) шаклли тебранишларни инобатга олганда (қурилманинг ўз тебранишлари $T \geq 0,6$ с), сейсмик юклама таъсиридан ҳосил бўладиган эгувчи момент (4.38) формуладан аниқланади:

$$M_{cl} = 1,25 \cdot M_c = 1,25 \cdot 0,5765 = 0,72 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Шамол ва сейсмик юкламалардан қурилмага тушаётган умумий ҳисобланган эгувчи момент (4.39) формуладан аниқланади:

$$M_{\text{сум}} = M_c + 0,3 \cdot M_e = 0,72 + 0,3 \cdot 0,633 = 0,91 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

$M_{\text{сум}}$ қиймати M_{60} дан катта бўлгани учун, таянч ва пойдевор болтлари янги эгувчи момент $M_{\text{сум}}$ га қайтадан ҳисобланиши керак.

4.21. Асосий конструкцион материаллар ва уларни танлаш

Кимё, нефть-газни қайта ишлаш ва бошқа саноатларнинг қурилмаларини лойиҳалаш жараёнида пайдо бўладиган қурилмани таркибий қисмлари учун лойиқ ва мос материалларни танлаш энг асосий ва ўта масъулиятли масалалардан биридир.

Материалларни танлашда ишчи шароитлар, яъни муҳит температураси, босими, концентрацияларини ва уларнинг қуйидаги асосий хусусиятлари ҳисобга олиниши керак:

- 1) механик хоссалари
 - мустаҳкамлиги чегараси;
 - нисбий чўзилиш;
 - қаттиқлиги;
- 2) тайёрлаш технологиясига мойиллиги;
 - пайвандлашга мойиллиги;
- 3) емирилишга қарши кимёвий чидамлилиги;
- 4) иссиқликка бардошлилиги;
- 5) коррозияга бардошлилиги;
 - физик хоссалари;
 - технологик характеристикалари, таркиби ва тузилиши;
 - нархи ва уни ишлаб чиқариш мумкинлиги.

Материалнинг хоссалари қўлланилиш соҳасига, яъни ундаги муҳитларга чамбарчас ва қаттиқ боғлиқдир. Агарда муҳитнинг температураси ўзгариши билан материалнинг ҳамма

механик хоссалари – коррозияга чидамлилиги, қайта ишланишга мойиллиги – кескин ўзгаради. Шунинг учун материални танлашда коррозияга чидамлилигига алоҳида эътибор бериши керак, чунки бу кўрсаткичга унинг узоқ муддат давомида ишлатилиши узвий боғлиқдир. Ундан ташқари, коррозия натижасида емирилган материал олинаётган маҳсулот сифатини пасайтиради, рангини ва таъминини ёмонлаштиради. Ана шуни назарда тутиш керакки, қурилманинг materiali қўшимча реакциялар учун катализатор ҳам бўлиб қолиши мумкин. Кимёвий чидамлилиги жиҳатдан материалнинг яроқлигини баҳолаш мезонлари қуйидаги жадвалда келтирилган:

4-23 жадвал

Материалнинг коррозияга чидамlilik шкаласи

Чидамlilik гуруҳи	Коррозияга чидамlilik 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
Чидамlilikи паст	6	0,1... 0,5
	7	0,5...1,0
Чидамlilikи 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, қурилмаучун материал танланади.

Шунинг учун, қурилмаларни ясаш учун асосий материалларни танлашни лойиҳачи нуқтаи назаридан кўриб чиқамиз.

Конструкцион материал сифатида темир (**Fe**) техник тоза ҳолда умуман қўлланилмайди, чунки қиммат туради ва қайишқоқлиги юқори. Айрим ҳолларда уни юқори босимли қурилмаларда қистирма сифатида ҳам ишлатилади [60].

Лекин темирнинг углерод билан қотишмалари, яъни чўян ва пўлатлар кимё ва бошқа саноат қурилмаларини тайёрлашда жуда кўп ишлатилади. Маълумки, кимё саноатида 85-90% қурилмалар чўян ёки пўлатдан ясалган.

ЧЎЯН. Темирнинг углерод ва кремний, фосфор, марганец ва олтингугурт билан кўп компонентли қотишмаси кул ранг чўян бўлади.

Чўян таркибидаги углерод миқдори 2,8...3,7% бўлади, лекин углероднинг асосий қисми эркин ҳолат (графит) да ва фақат 0,8...0,9% боғланган ҳолат, яъни цементит (темир карбиди –**FeC**). Бошқа компонентларнинг миқдори эса қуйидагича: **C**=3,0...3,6%; **Cu**=1,6...2,4%; **Mn**=0,5...1,0%; **P**<0,8%; **S**<0,12%. Эркин углерод чўянда пластина, заррача ёки тангасимон кўринишида ажралиб туради.

Микро таркибига кўра чўянлар қуйидаги гуруҳларга бўлинади:

а) кул ранг чўян – ушбу таркибда углерод пластинасимон ёки шарсимон графит кўринишида бўлади;

б) оқ чўян – ушбу таркибда углерод боғланган кўринишда бўлади;

в) оқартирилган чўян – қуймаларининг ташқи қатлами оқ чўян, ўртаси эса - кул ранг чўян таркибли бўлади;

г) оралиқ чўян – ушбу гуруҳга оид чўянларнинг таркибидаги углерод қисман боғланган, қисман эса – эркин ҳолатда бўлади.

Кул ранг чўян кўп ишлатиладиган конструкцион материал, механик хоссалари яхши ва таннархи нисбатан паст. Ушбу чўяннинг камчилиги унинг эластиклигининг жуда пастлигидир. Шунинг учун, қиздирилган ҳолатда штамплаб ёки болғалаб ишлов бериш мумкин эмас.

Кул ранг чўян маркалари одатда иккита рақамдан иборат, яъни биринчиси – чўзиш давридаги мустаҳкамлик чегарасини, иккинчиси эса – эгиш давридаги мустаҳкамлик чегарасини ифодалайди, масалан, СЧ 12–28, СЧ 18–36. Ушбу чўян кимёвий бардошлиги

ёмон. Шунинг учун, чўян сифатини ошириш учун турли моддалар қўшиб модификация қилади, яъни суюқ чўянни кристаллаш даврида унга таъсир этиб, унинг механик хоссалари ўзгартирилади.

Чўянлар болғаланувчан ва юқори мустаҳкамликка эга каби гуруҳларга ҳам бўлинади. Болғаланувчан чўян кул ранг чўяндан углерод ва кремний каби элементларнинг камлиги билан фарқланади. Шу сабабли, у эластик ва жуда катта деформацияларга бардош бера олади.

Юқори мустаҳкамликка эга чўян болғаланувчан чўяннинг бир тури бўлиб, унинг мустаҳкамлик бўйича кўрсаткичларига магний ва унинг қотишмаларини қўшиш орқали эришилади. Болғаланувчан ва юқори мустаҳкамликка эга чўянлардан колен валлар, кичик компрессорлар цилиндрлари ва бошқа юпқа деворли мураккаб шакли деталлар тайёрланади.

Охирги пайтда кимё машинасозлигида легирланган чўянлар кенг қўламда қўлланилмоқда. Легирловчи элементлар сифатида никель, хром, молибден, ванадий, титан, бор ва бошқалар ишлатилади. Легирловчи элементлар миқдорига қараб чўянлар 3 гуруҳга бўлинади:

- паст легирланган чўянлар – кушимчалар миқдори 3% гача;
- ўртача легирланган чўянлар – қўшимчалар миқдори 3 дан 10% гача;
- юқори легирланган чўянлар – қўшимчалар миқдори 10% дан ортиқ.

Чўянларнинг физик хоссалари қуйидагича:

- зичлиги $\rho = 6600...7700 \text{ кг/м}^3$;
- иссиқлик ўтказувчанлиги $\lambda = 25...59 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$;
- солиштирма иссиқлик сиғими $c_p = 0,5...4,5 \text{ кЖ/кг} \cdot \text{К}$;
- чизикли кенгайиш коэффициент $\alpha = (16,7...17,6) \cdot 10^{-6} \text{ 1/К}$.

Кул ранг чўяндан 1,0 МПа гача босим ва -15...+250°С температурага бардош берадиган қопқоқ, таянч ва қурилманинг бошқа деталлари тайёрланиши мумкин. Ушбу материал ишқорларга ҳам бардошли. Никель, хром, молибден, кремнийлар чўяннинг кимёвий ва иссиқликка бардошлигини оширади; никелли чўянларга 5...6% мис қўшилса ишқорга нисбатан чидамлилиги ортади; хром миқдори 30% гача бўлган чўянлар азот, фосфор, сирка ва хлорли бирикмаларга бардошли бўлади; таркибида 4% гача молибденли чўянлар хлорид кислотага чидамлидир. Юқори температурали ўтхона ва тутун газлари муҳитида иссиқликка бардош ва коррозияга чидамли чўянларни қўллаш мақсадга мувофиқ.

Чўянлар нархи паст ва ўртача механик хоссаларга эга бўлгани учун техниканинг турли соҳаларида кенг қўлланишига олиб келди.

4-24 жадвал

Чўянларнинг механик хоссалари

№	Чўян ёки қотишма маркаси	Муст. чегараси, МПа		Қаттиқлиги, Бринелл бўйича	Эслатма
		чўзишда	эгилишда		
1	СЧ 15-32	150	320	163...229	-
2	СЧ 18-36	180	360	170...229	-
3	СЧ 21-40	210	400	170...241	-
4	СЧЦ - 1	-	320...380	200...230	Коррозияга бардошли
5	СЧЦ - 2	-	320...380	210...260	Коррозияга бардошли
6	С - 15	-	170	300...400	Кремний қўп қотишма
7	С - 17	-	140	400...460	Кремний қўп қотишма
8	ЖЧХ – 0,8	180	360	207...286	Иссиқликка бардош ва коррозияга чидамли чўян
9	ЖЧХ – 1,5	150	320	207...286	Иссиқликка бардош ва коррозияга чидамли чўян
10	ЖУС – 5,5	100	240	140...255	Иссиқликка бардош ва коррозияга чидамли чўян
11	ЧН15Д7Х2	180	360	120...197	

ПЎЛАТ. Бу материалсиз техника ҳозирги кундаги юқори мавқеига эришмаган бўларди. Бунга сабаб, пўлатнинг мустаҳкамлиги, динамик юкламаларга бардошлиги, қуйилиш, болғаланиш, штамплан ва пайвандланиш қобилиятига, дастгоҳларда қайта ишланишга мойиллиги, арзонлиги ва мўл्लигидир.

Пўлат маркаларининг белгиланиши:

А) “Ст” ҳарфи пўлатни, 0 дан 6 гача рақамлар марканинг шартли рақами бўлиб, у кимёвий ва механик хоссаларига боғлиқлигини ифодалайди, масалан Ст0, Ст1 ва ҳ.

Б) “Ст” дан олдинги “Б” ва “В” ҳарфлар пўлат гуруҳини ифодалайди. А гуруҳи одатда қўйилмайди, масалан, Ст3, БСт3, ВСт3 ва ҳ.

Қўлланишига қараб углеродли пўлатлар 3 гуруҳга бўлинади:

Биринчи А – гуруҳи механик хоссаларига қараб белгиланади ва қуйидаги русумли қилиб ишлаб чиқарилади: **Ст0, Ст1, Ст2, Ст3, Ст4, Ст5, Ст6;**

Иккинчи Б – гуруҳи кимёвий хоссаларига қараб белгиланади ва қуйидаги русумли қилиб ишлаб чиқарилади: **БСт0, БСт1, БСт2, БСт3, БСт4, БСт5, БСт6;**

Учинчи В – гуруҳи механик ва кимёвий хоссаларига қараб белгиланади ва қуйидаги русумли қилиб ишлаб чиқарилади: **ВСт1, ВСт2, ВСт3, ВСт4, ВСт5.**

Нормаллашган кўрсаткичларига қараб ҳамма гуруҳ пўлатлари қуйидаги тоифаларга бўлинади: биринчи гуруҳи А – 1,2,3; иккинчи гуруҳи Б – 1,2; учинчи гуруҳи В – 1-6. Ушбу тоифалар қалинлиги 4 мм дан кичик листли пўлатларга тегишли эмас.

Ҳамма гуруҳ пўлатларининг 1, 2, 3, 4 маркаларининг оксидланишига қараб қайновчи, ярим тинч ва тинч қилиб тайёрланади; **Ст0, БСт0** оксидланишига қараб бўлинмайди. **Оксидланишни белгилаш учун ушбу индекслар қўйилади: кп – қайновчи; пс – ярим тинч; сп – тинч,** масалан, **Ст3кп, Ст3пс, БСт3сп, БСт3кп**

Юқори микдорда марганец қўшилган ярим тинч пўлатни ифодалаш учун **Г** ҳарфи **Ст3Гпс, ВСтГпс.**

Пўлат маркасидаги рақамларнинг сони қанчалик катта бўлса, мустаҳкамлиги шунчалик юқори ва эластиклиги нисбатан паст бўлади. Пўлатларга термик ишлов бериш унинг механик хоссалари ва иқтисодий самарадорлигини кўтаради. Агар, пўлат таркибида углерод микдори 0,25% гача бўлса паст углеродли, 0,25...0,6% гача бўлса – ўртача углеродли ва углерод микдори 0,6-2,0% бўлса – юқори углеродли пўлат деб ажратилади. Оддий пўлатларда углерод микдори **1,5%** гача бўлади, конструкцион пўлатларда эса **-0,7%** дан ортмайди.

Конструкцион сифатли углеродли пўлат кимёвий ва механик хоссаларига фарқланади ва қуйидаги маркалаи қилиб ишлаб чиқарилади: 05кп; 08кп; 08пс; 10кп; 10пс; 10; 15кп; 15пс; 15; 20кп; 20пс; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 55; 58; 60; 65; 70; 75; 80; 85; 60Г. Пўлат маркасидаги рақам углероднинг массавий улушини юздан бир микдорини процентларда кўрсатади; “Г” ҳарфи унинг таркибидаги марганец микдорини билдиради; “кп” ва “пс” ҳарфлар маъноси юқорида келтирилган.

Муҳим легирловчи элементларга қуйидагилар киради: хром, никель, молибден, марганец, кремний, титан, ниобий, вольфрам, ванадий. Айрим ҳолларда алюминий ва мислар ҳам қўшимча сифатида пўлатларга қўшилади.

Конструкцион легирланган пўлат кимёвий таркибига қараб қуйидаги тоифаларга ажратилади: А – сифатли, юқори сифатли; Ш – алоҳида юқори сифатли.

Легирловчи қўшимчалар киритилишига қараб пўлатлар ушбу гуруҳларга бўлинади: хромли, марганецли, хроммарганецли, хромкремнийли, хром-молибденли, хроммолибденванадийли, хромванадийли, никелмолибденли, хромникелли ва хромникелли бор билан, хромкремниймарганецли ва хромкремниймарганецли тан ва борли, хромникелмолибденли, хромникелмолибденванадийли ва хромникелванадийли, хромалюминийли ва хромалюминийли молибден қўшилган. Легирловчи қўшимча олдида турган рақам бутун бирликда унинг микдорини кўрсатади. Агарда, легирловчи элемент олдида рақам бўлмаса, ушбу маркада элементдан тахминан 1,5% гача бўлади.

Пўлатларнинг физик хоссалари қуйидагича:

- зичлиги

- $\rho = 7790...7900 \text{ кг/м}^3$;

- эриш температураси $- t_p = 1400 \dots 1500 \text{ К};$
- иссиқлик ўтказувчанлиги $- \lambda = 46,5 \dots 58,2 \text{ Вт/м} \cdot \text{К};$
- солиштирма иссиқлик сиғими $- c_p = 0,454 \text{ кЖ/кг} \cdot \text{К};$
- чизикли кенгайиш коэффициентлари $- \alpha = (11,7 \dots 12,3) \cdot 10^{-6} 1/\text{К}.$

Қайси соҳада қўлланишига қараб паст легирланган пўлатлар 2 гуруҳга бўлинади:

- А** – марганеци, конструкцион пўлат $- 14Г, 19Г, 09Г2, 14Г2, 18Г2;$
кремний-марганеци, конструкцион пўлат $- 12ГС, 16ГС, 17ГС, 09Г2С, 10Г2С1;$
марганец-ванадийли, конструкцион пўлат $- 15ГФ;$
хром-кремний-марганеци, конструкцион пўлат $- 15ХГС;$
хром-кремний-никел-мисли, конструкцион пўлат $- 15ХСНД, 10ХСНД;$

Б – темир-бетон конструкцияларда қўллаш учун.

Паст легирланган, кремний-марганеци пўлатлар **16ГС, 09Г2С** юқори мустаҳкамлик ва ишончилиги учун кенг қўламда ишлатилмоқда. Ундан ташқари, паст температурларда яхши болғаланувчан ва зарбага бардошли. Шу сабабли, қурилма девори қалинлигини, яъни массасини камайтириш мумкин. Бундай материалдан ясалган қурилмаларни -70°С гача қўллаш мумкин ва ушбу температурларда эксплуатацион ишончилигини оширади.

4-25 жадвалда кимё машинасозлигида оддий углеродли пўлатларнинг қўлланилиши келтирилган.

4-25 жадвал

Оддий углеродли пўлат	
Пўлат	Қўллаш соҳалари
Ст3пс Ст3сп	Мусбат температураларда эксплуатация қилинадиган пайвандланган ва пайвандланмаган конструкцияларнинг асосий элементлари
Ст3пс5 Ст3сп5	-30 дан $+425^\circ\text{С}$ температураларда, ўзгарувчан юклама остида эксплуатация қилинадиган пайвандланган конструкцияларнинг асосий элементлари
Ст5пс Ст3сп	0 дан $+425^\circ\text{С}$ температураларда эксплуатация қилинадиган парчинмихланган конструкцияларнинг деталлари, тешикли панжаралар, болтлар, гайкалар, стерженлар ва х.

Углеродли конструкцион пўлатларнинг қуйидаги маркалари ишлаб чиқарилади: 08, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 45, 55, 58 ва 60.

4-26 жадвал

Углеродли конструкцион пўлат	
Пўлат	Қўллаш соҳалари
08кп, 08пс, 08, 10кп, 10пс, 10, 11кп	-30 дан $+425^\circ\text{С}$ температураларда эксплуатация қилинадиган патрубк, днишче, конденсатор, тешикли панжаралар, труба ўрамлари, эмеевиклар ва бошқа деталлар
15кп, 15пс, 15, 20кп, 18кп, 20пс, 20, 25	-30 дан $+425^\circ\text{С}$ температураларда, босим остида эксплуатация қилинадиган патрубк, штуцер, болт, труба ўрами, қурилма қобиғи ва бошқа деталлари
10Г2	-70°С температура ва босим остида эксплуатация қилинадиган тешикли панжара ва труба ўрамлари, патрубклар, штуцерлар

Пўлатларнинг сифатини яхшилаш учун термик-кимёвий ишлов бериш мақсадга мувофиқ, яъни пўлат юзасини турли элементлар билан тўйинтириш орқали унинг ташқи юзасининг қаттиқлиги, иссиқликка ва кимёвий бардошлиги ортади.

Пўлатдан ясалган буюм ва деталларга термик-кимёвий ишлов беришнинг қуйидаги усуллари мавжуд:

- цементлаш – ташқи юзасини углерод билан тўйинтириш жараёни бўлиб, деталнинг мустаҳкамлиги ва қаттиқлигини оширади;

- азотлаш – ташқи юзасини азот билан тўйинтириш жараёни бўлиб, деталнинг едирилишга ва атмосфера коррозиясига бардошлигини оширади;

- алитирлаш – конструкцион материал ташқи юзасини алюминий билан диффузион тўйинтириш жараёни бўлиб, деталнинг 800...1000°C температураларда оксидланишга бардошлигини оширади;

- хромлаш – ташқи юзасини хром билан диффузион тўйинтириш жараёни бўлиб, деталнинг мустаҳкамлигини, едирилишга ва коррозияга, юқори температурали азот кислота, атмофрера ва газ муҳитларида бардошлигини оширади.

Кимёвий таркибига кўра, пўлатлар углеродли ва легирланган турларга бўлинади. Бу элементлар пўлат сифатини яхшилайдиган ва махсус хоссали қилади.

Легирланган пўлатнинг кимёвий таркиби учун ягона шартли белгилар (ҳарф ва рақамлар) қабул қилинган.

Конструкцион материалнинг дастлабки икки рақам углероднинг ўртача миқдорини (**конструкцион пўлат** учун фоизнинг **юздан бир улуши миқдорида**, асбобсозлик ва **зангламайдиган пўлатлар** учун фоизнинг **ўндан бир улуши миқдорида**); ҳарфлар легирловчи элементларни (жадвалга қаранг); ҳарфларнинг ўнг томонидаги рақамлар эса элементларнинг ўртача миқдорини кўрсатади.

Пўлатнинг физик-механик хоссаларини яхшилаш ва уларга алоҳида хусусият (кислота ва иссиқликка бардошлик, иссиқликка чидамлилиқ ва ҳ.) лар бериш учун унинг таркибига маълум бир легирловчи элементлар киритилади.

Легирловчи қўшимчалар миқдorigа қараб конструкцион пўлатлар ушбу гуруҳларга бўлинади:

- паст легирланган пўлатлар – қўшимчалар миқдори 3% гача;
- ўртача легирланган пўлатлар – қўшимчалар миқдори 3 дан 10% гача;
- юқори легирланган пўлатлар – қўшимчалар миқдори 10% дан ортиқ.

4-27 жадвал

Пўлат компонентларининг шартли белгилари

Номи	Шартли белгилари	Номи	Шартли белгилари
Алюминий	Ю	Мис	Д
Бор	Р	Молибден	М
Ванадий	Ф	Никель	Н
Вольфрам	В	Ниобий	Б
Кобальт	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 яқин титан борлигини кўрсатади.

03Х18Н11 маркали пўлатда 0,3% кремний, хром 18%, никель 11% ни ташкил этади.

Хром – материал қаттиқлиги, мустаҳкамлиги, кимёвий, коррозия ва иссиқликка бардошлигини оширади;

Никель – пўлат мустаҳкамлиги, эгилувчанлиги ва қовушқоқлигини оширади;

Вольфрам – пўлат қаттиқлигини оширади ва ўз-ўзидан тобланишини таъминлайди;

Молибден – пайвандлашга мойиллигини яхшилайдиган, пўлат қаттиқлиги ва чўзишда оқувчанлик чегарасини оширади;

Марганец – пўлат қаттиқлиги ва коррозия бардошлигини оширади, иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти пасайтиради;

Кремний - пўлат қаттиқлиги ва мустаҳкамлиги, оқувчанлик чегараси, кислота бардошлиги ва эгилувчанлигини оширади;

Ванадий - пўлат қаттиқлиги, чўзишда оқувчанлик чегараси, қовушқоқлигини, пайвандлашга мойиллиги ва водородли коррозияга бардошлигини оширади;

Титан - пўлат қаттиқлиги ва юқори температураларда (>800°C) коррозияга бардошлигини оширади.

ЮҚОРИ ЛЕГИРЛАНГАН ПЎЛАТ ВА ҚОТИШМАЛАР. Таркибида 18-20% хром ва 8...10% никель бўлган пўлатлар юқори легирланган пўлатлар деб юритилади. Улар коррозия ва иссиқликка бардошлиги, мустаҳкамлилиги учун турли саноатларда кенг қўлланилмоқда.

4-28 жадвал

Легирланган конструкцион пўлатлар	
Пўлат	Қўллаш соҳалари
Фаоллиги паст муҳитларда қўлланиладиган коррозия бардош пўлатлар	
08X13 12X13	25°C дан паст температураларда турли концентрацияли азотли ва хромли кислоталар. 25°C температурагача <5% концентрацияли сирка кислоталар. Ишқорлар. 50°C температурагача <50% концентрацияли органик ва ноорганик тузлар.
30X13, 40X13	20°C температурада нам ҳавода, сувда, айрим органик кислоталар, тузли эритма ва ишқорларда, азот кислота ва хлорли натрийда коррозия бардош ва юқори қаттиқликка эга
12X17	850°C температурагача оксидланишга бардош
10X14AГ15 10X14Г14Н4Т 12X17Г9АН4	Юқори (+400°C гача) ва паст (-196 °C гача) температураларда фаоллиги паст муҳитларда ишлатиладиган қурилмаларда 12X18Н9Т, 17X18Н9, 12X18Н10Т русумли легирланган пўлатлар ўрнига
Фаоллиги ўртача муҳитларда қўлланиладиган коррозия бардош пўлатлар	
08X17Т 08X18Т 15Х25Т	-20°C дан юқори температураларда зарбасиз юкларда ишлайдиган пайвандланган конструкцияларда 12X18Н9Т, 12X18Н10Т русумли легирланган пўлатлар ўрнига. Иссиқлик алмашишни қурилмаларининг трубалари учун. 400-700°C температураларда эксплуатация қилиш тавсия этилмайди. 100°C дан ошмаган температураларда азотли, форфорли, лимон, сирка, оксалат кислоталарнинг турли эритмаларига бардошли.
08X22Н6Т 08X18Г2Н2Т	12X18Н10Т, 08X18Н10Т русумли легирланган пўлатлар ўрнига. Мустаҳкамлилиги юқори ва 300°C температурагача бўлган шароитда эксплуатация қилинадиган пайвандланган қурилмаларни тайёрлашда қўлланилади.
12X21Н5Т	Пайвандланган ва кавшарланган 12X18Н9Т русумли легирланган пўлатлар ўрнига.
07X21Г7АН5 12X18Н9 08X18Н10	Криоген температура (-253°C)ларда эксплуатация қилинадиган пайванд конструкциялар учун
12X18Н9Т 12X18Н10Т 12X18Н12Т	Азот, совуқ фосфор ва органик кислоталарга (сирка, чумоли, оксалат ва сут кислоталардан ташқари),кўпчилик туз ва ишқорлар эритмалари, денгиз суви, нам ҳаволарга коррозия бардошлиги юқори. Хлорид, сульфат, фторид, иссиқ фосфор, қайнаётган органик кислоталарга нисбатан бардошлиги жуда суст. Кристаллараро коррозияга қаршилиги яхши.
08X18Н12Б	12X18Н10Т пўлатга нисбатан анча юқори бардошликка эга
X18Н14М2Б 1X18М9Т	Формальдегид катронларини ишлаб чиқаришда қўлланилади.
X18Н9Т X20Н12М3Т	Пластмасса ишлаб чиқаришда конструкцион материал сифатида қўлланилади.
Фаоллиги юқори муҳитларда қўлланиладиган коррозия бардош пўлатлар	
04X18Н10 03X18Н11	Азот кислота ва аммиакли селитра ишлаб чиқаришда қўлланиладиган қурилма ва труба қувурлари учун
08X18Н10Т 03X18Н12Т	Фаоллиги юқори муҳитларда эксплуатация қилинадиган пайвандланган қурилма ва жихозларда тайёрлаш учун
10X17Н13М2Т 10X17Н13М3Т 08X17Н15М3Т	Қайнаётган фосфор, сульфат, 10%-ли сирка кислота ва нордон муҳитларда эксплуатация қилинадиган пайвандланган конструкциялар,

08X17H14M3 03X21H21M4ГБ	ҳамда -196°С дан 600°С температуралар оралигида ишлайдиган пайванд қобиқ, днишче, фланец каби деталлар учун
06ХН28МДТ 10Х17Н13М2Т	Сулфат кислота ишлаб чиқариш технологиясида 80°С гача бўлган температураларда қўлланиладиган пайванд конструкциялар учун
06ХН38МДТ 03ХН38МДТ	Температураси 20°С гача бўлган молочная ва чумоли кислота муҳитлари учун. Температураси 70°С ва концентрацияси 100% ли азот кислота муҳитлар учун. Температураси 20°С гача ва концентрацияси 10% ли хлорид кислота ва қурук йод учун.

Ҳозирги кунда мамлакатимиз корхоналарида қурилмаларни ясашда қуйидаги легирланган пўлатлар ишлатилади: 1Х18Н9Т, 1Х18Н11Б, Х16Н25М6, ХН35ВТ, Х22Н26, 1Х18Н12М2Т, 1Х18Н12М3Т, 1Х18Н9Т ва бошқалар.

Юқорида қайд этилган пўлатларнинг физик хоссалари:

- зичлиги	- $\rho = 7900 \text{ кг/м}^3$;
- эриш температураси	- $t_{\text{эп}} = 1400^\circ\text{С}$;
- иссиқлик ўтказувчанлиги	- $\lambda = 14...18 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$;
- иссиқлик сифими	- $c_p = 0,475...0,650 \text{ кЖ/кг}\cdot\text{К}$;
- чизикли кенгайиш коэффициенти	- $\chi = 17,3 \cdot 10^{-6} \text{ 1/К}$.

Юқори легирланган пўлатлар асосан 3 гуруҳга бўлинади:

1. Коррозион бардош пўлат ва қотишмалар – кимёвий ва электр кимёвий, ҳамда кристаллараро коррозияга бардош пўлатлар **08Х13, 12Х17, 12Х18Н10Т, 10Х17Н13М2Т**;

2. Иссиқликка бардош пўлат ва қотишмалар – 550°С ва ундан юқори газли температураларда кимёвий емирилишга бардошли **12Х17, 12Х18Н10Т, 20Х23Н13, 15Х18**;

3. Иссиқликка бардошли ва мустаҳкам пўлат ва қотишмалар – юқори температураларда юклама остида ишлайдиган ва металл куйиндиси (окалина) ҳосил қилмайдиган **20Х13, 12Х13, 12Х18Н10Т, 20Х23Н18** ва б.

Янги коррозион бардош **03Х18Н11** маркали, таркибида кам кремний бўлган пўлат яратилди. Агар, кремний миқдори 3% дан кам бўлса, қурилманинг азот кислотали муҳитда ишлаш муддати 2 маротаба ортади. Ҳозирги кунда кремний миқдори 0,8% бўлган **08Х18Н11** маркали пўлат ишлаб чиқарилмоқда.

Охирги пайтда никелсиз, **аустенитли 03Х13АГ19** ва **07Х13АГ20** пўлат +400 ва -210°С температураларда ишлатиш учун яратилди. У азот (50%) , фосфор (10%) ва уксус (10%) кислоталарда ишлаш учун мўлжалланган.

ИККИ ҚАТЛАМЛИ МЕТАЛЛАР. Қимматбаҳо металлларни тежаш мақсадида қўлланиладиган усуллардан бири – икки қатламли пўлатларни қўллашдир. Бунинг учун асосий қатлам углеродли пўлатдан ва ҳимояловчи қатлам коррозия бардош ёки рангли метал ёки қотишмадан қилинади. Ҳимояловчи қатлам **08Х13, 12Х18Н10Т, 08Х17Н13М2Т, 08Х17Н13М3Т, 08ХН28МДТ** ва рангли метал ва қотишма (никель, монел метал) лар. Ҳозирги кунда ҳимояловчи қатлам сифатида мис, латунь, кумуш ва титанлар ҳам қўлланилмоқда. Шунинг алоҳида таъкидлаш керакки, икки қатламли пўлатлар ёрдамида шундай хоссаларни олиш мумкинки, бир қатламли материалларда ҳеч қачон эришиб бўлмайди. Масалан, икки қатламли пўлат **Ст.3+08Х13** да юқори хромли пўлат **08Х13** нинг зарбали қовушқоқлиги паст ва пайванд чоклари мўрт бўлади. Лекин, **Ст.3, 15К** ёки **20К** билан биргаликда юқори механик ва коррозияга бардош материалга айланади.

РАНГЛИ МЕТАЛЛАР. Кимё саноатида рангли металллардан алюминий, мис, никель, қўрғошин, титан, танталлар қурилмалар ясашда қўлланилади. Рангли металллардан ясалган қурилма деворларининг температураси қуйидагидан ошмаслиги керак:

Алюминий учун	- 200°С
Мис ва унинг қотишмалари 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 яшашда АОО(99,7%), АО(99,7%), А1(99,5%), А2(99,0%) ҳамда унинг АД1, АД2 қотишмалари ишлатилади.

Алюминийнинг турли маркалари қуйидаги физик хоссаларга эга:

– зичлиги	- $\rho = 2700 \text{ кг/м}^3$;
–эриш температураси	- $t_p = 675...950^\circ\text{C}$;
– иссиқлик ўтказувчанлиги	- $\lambda = 206...218 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$;
– солиштирма иссиқлик сиғими	- $c_p = 0,913 \text{ кЖ/кг}\cdot\text{К}$;
– чизикли кенгайиш коэффиценти	- $\chi = 2,4\cdot 10^{-6} \text{ 1/К}$.

Агрессив муҳитлар таъсирига алюминий жуда чидамли, шу жумладан концентранган азот, фосфор ва сирка кислоталар, куруқ хлор ва водород хлоридлар, олтингугурт буғларига 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 миқёсда ишлатилади.

Миснинг хоссалари қуйидаги маълумотлар билан характерланади:

– зичлиги	- $\rho = 8980 \text{ кг/м}^3$;
–эриш температураси	- $t_p = 1083^\circ\text{C}$;
– иссиқлик ўтказувчанлиги	- $\lambda = 1596...2233 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;
– солиштирма иссиқлик сиғими	- $c_p = 0,44...0,62 \text{ кЖ/(кг}\cdot\text{К)}$;
– чизикли кенгайиш коэффиценти	- $\chi = (16,7...22,3)\cdot 10^{-6} \text{ 1/К}$.

Мис алюминийга ўхшаб ҳимоя қилувчи оксид қоплама ҳосил қилмайди. Шунинг учун, кислота ва тузларга нисбатан коррозия чидамликка эга эмас. Лекин паст ва криоген температураларда мустаҳкамлиги ортиб боради. Масалан, -196°C да миснинг мустаҳкамлик чегараси 20 дан 38 кг/мм² гача ортади.

Ўта паст температураларда ишлайдиган қурилмалар учун мис каби конструкцион материални ҳеч қандай материал ўрнини боса олмайди.

ҚЎРҒОШИН– кўкимтир, кулранг, болғаланувчан металл. Бир пайтлар, бу материал қурилмалар қуришда катта ва муҳим аҳамиятга эга бўлган. Бунга сабаб, унда туз ва сульфат кислотага нисбатан чидамли ҳимоя қопламасининг ҳосил бўлишидир. Лекин унинг жуда юмшоқлиги, осон ва паст температурада эриши, катта зичлиги ва қимматлиги борган сари камроқ қўлланишига сабаб бўлмоқда.

Ҳозирги кунда унинг ўрнига замонавий темир қотишмалар ишлатилмоқда. Саноатда қўрғошиннинг 6 хили **СВ, Со, С1, С2, С3, С4, С5** маркалари кенг қўлланилади. Улар таркибидаги қўрғошин миқдори 99, 90...99, 95%. Қўрғошин қуйидаги физик хоссаларга эга:

– зичлиги	- $\rho = 10130...11350 \text{ кг/м}^3$;
–эриш температураси	- $t_p = 327^\circ\text{C}$;
– иссиқлик ўтказувчанлиги	- $\lambda = 14,9...34,9 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;
– солиштирма иссиқлик сиғими	- $c_p = 0,13 \text{ кЖ/(кг}\cdot\text{К)}$;
– чизикли кенгайиш коэффиценти	- $\chi = (12,3...14,9)\cdot 10^{-6} \text{ 1/К}$.

Қўрғошинни саноатда қўллашда шуни назарда тутиш керакки, унинг мустаҳкамлиги жуда пастдир. Лекин, машинасозликда қўрғошиннинг қотишмалари кенг қўламда қўлланилмоқда, масалан, қўрғошинли бронза, баббит ва латунь, (қўрғошин, қалай, мис, сурьма).

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.

Никельнинг физик хоссалари:

– зичлиги	- $\rho = 8830...8850 \text{ кг/м}^3$;
– эриш температура	- $t_p = 1452^\circ\text{C}$;
– иссиқлик ўтказувчанлиги	- $\lambda = 55,0...56,0 \text{ Вт/(м·К)}$;
– солиштирма иссиқлик сифими	- $c_p = 0,575...0,586 \text{ кЖ/(кг·К)}$;
– чизикли кенгайиш коэффициенти	- $\chi = (18,2...18,3) \cdot 10^{-6} \text{ 1/К}$.

НИОБИЙ – азот ва хлорид кислота, бром, водород пероксидларини олиш ва радиоактив чикиндиларни қайта ишлаш қурилмаларида ишлатилади.

ЦИРКОНИЙ – хлорид, сирка, лимон ва чумоли кислоталарни ишлаб чиқариш технологиясидаги қурилмаларда. Ушбу кислоталарнинг қайнаш температураларида ҳам, цирконий емирилмайди.

ТИТАН - кумуш ранг, енгил, қийин эрувчан металл. Зичлиги пўлатникидан 2 марта кам бўлишига қарамасдан, унинг мустаҳкамлиги пўлатникига тенгдир. Титан қайнаётган азот кислота ва “царская водка” ларнинг исталган концентрацияларига, фосфор, хром ва сирка кислоталарига, нитрит, нитрат, хлорид ва сульфидларга нисбатан кимёвий чидамли. 200°C температурада газларни ютиш қобилятига эга. Титан 40%-ли H_2SO_4 кислотасида каттик коррозияга учрайди. Лекин, шуни унутмаслик керакки, титандан ясалган қурилма, пўлатдан ясалганга нисбатан 8...10 баробар қимматдир.

Титан ва унинг қотишмаларидан ясалган қурилмалар хлор, хлорли аммоний, карбамид, азот кислота, кимёвий толалар, оқартирувчи воситалар ва нефт кимёси корхоналарида кенг қўламда қўлланилади.

Титаннинг физик хоссалари:

- зичлиги	- $\rho = 4320...4500 \text{ кг/м}^3$;
- эриш температураси	- $t_p = 1710...1750^\circ\text{C}$;
- иссиқлик ўтказувчанлиги	- $\lambda = 15,1...19,4 \text{ Вт/(м·К)}$;
- солиштирма иссиқлик сифими	- $c_p = 0,543...0,635 \text{ кЖ/(кг·К)}$;
- чизикли кенгайиш коэффициенти	- $\chi = (8,0...8,4) \cdot 10^{-6} \text{ 1/К}$.

Хлор икки оксид ива хлоратлар муҳитида ВТ-1 маркали титан ва титаннинг алюминий ва марганеци ОТ-4 маркали қотишмаси қўлланилади. Ушбу муҳитда титаннинг коррозия тезлиги 0,1 мм/йилдан ошмайди (4-29 жадвал).

4-29 жадвал

№	Металл	Қалинлик, мм	Нисбий чўзилиш, %	Чузилишда мустаҳкамлик чегараси, МПа	Материал ҳолати
1	ВТ-1	0,5...10	400	30...20	Қуйдирилган
		11...20	650	12	Иссиқ ҳолатда ишлов берилган
		21...60	600	10	Иссиқ ҳолатда ишлов берилган
2	ОТ-4	12...20	950	8	Иссиқ ҳолатда ишлов берилган
		21...35	900	6	Иссиқ ҳолатда ишлов берилган

Анилин бўёқ (малеин ангидриди, изатин, параоксидифениламин, Д неазони) ишлаб чиқариш саноатида, ҳамда хлорид кислотани сувли хлорлаш (гербецид ишлаб чиқариш) да титаннинг коррозия тезлиги 0,1 мм/йил бўлиб, бошқа легирланган металллар жуда катта коррозияга дучор бўлади ва коррозия даражаси кетиши мумкин.

Титан ва унинг қотишмаларидан -50 дан $+300^\circ\text{C}$ температураларда центрифуга, филтёр, сигимли идиш, иситкичларнинг турли конструкциялари, колоннали қурилмалар ясалади.

ТАНТАЛ - кул ранг - оқ металл. Ўта мустаҳкамлиги ва қийин суюлувчанлиги билан бошқа металллардан ажралиб туради. Ундан ташқари, юқори температураларда нисбатан кўпроқ газларни ютиш қобилятига эга. Тантал яхши болғаланувчан, штампланга мойил, ички ишқаланиш коэффициентлари жуда катта бўлган металлдир. У сульфат, азот, фосфор, қайнаётган водород хлорид кислота, “царская водка” ларнинг исталган

концентрацияларига, ҳамда нитратларга чидамли. Натрий ва калий ишқорлари таъсирига бардош беролмайди.

Тантал жуда ҳам қиммат металл ва у тахминан хром-никельли пўлатдан 100 марта қимматдир. Албатта, уни фақат ўта агрессив муҳитли қурилмаларда, яъни бошқа металллар кимёвий бардош беролмаган ҳолларда қўллаш мақсадга мувофиқдир. Тантал қуйидаги физик хоссаларга эга:

- зичлиги $\rho = 16440 \dots 16600 \text{ кг/м}^3$;
- эриш температураси $t_p = 3000^\circ\text{C}$;
- иссиқлик ўтказувчанлиги $\lambda = 148,0 \dots 280 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;
- солиштирма иссиқлик сиғими $c_p = 0,136 \dots 0,2 \text{ кЖ/(кг}\cdot\text{К)}$;
- чизикли кенгайиш коэффициентлари $\chi = (5 \dots 99) \cdot 10^{-6} \text{ 1/К}$.

Механик хоссалари бўйича титан ва тантал юқори легирланган пўлатларга тенг бўлиб, кимёвий бардошлиги бўйича эса улардан юқори туради. Шу сабабли, ушбу метал ва уларнинг қотишмалари кимё машинасозлигида кенг қўламда қўлланилмоқда.

4-30 жадвал

№	Металл	Зичлик кг/м ³	Эриш температураси, °C	Эластиклик модули, МПа	Нисбий чўзилиш, %	Чўзилишда мустаҳкамлик чегараси, МПа	Оқувчанлик чегараси, МПа
1	Цирконий	6450	1853	97000	15...30	300...500	210...280
2	Ниобий	8700	2468	160000	10	297	210
3	Тантал	16600	2996	192000	25...40	350...520	-

Ниобийни хлорид ва азот кислоталари, бром, водород пероксидини олишда, ҳамда радиоактив чиқиндиларни қайта ишлашда қурилма ясашда қўлланилади.

Цирконийни хлорид, сирка, лимон ва чумоли кислотали муҳитлар ишлаб чиқариладиган қурилмаларни қуришда ишлатилади. Алоҳида таъкидлаш лозимки, ушбу кислоталарнинг қайнаш температурасида ҳам цирконий коррозияга бардошли.

ЛАТУНЬ— мис ва руҳдан иборат қотишма. Латун таркибига мис ва руҳдан ташқари, алюминий, кремний, қўрғошин, никель, темир, марганец ва қалайлар кириши ҳам мумкин.

Латун босим остида яхши ишлов бериладиган, анча мустаҳкам, қайишқоқлиги 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. Латунь маркаларидаги “Л” ҳарфи латунь эканлигини билдиради. “А” ҳарфи – алюминийли, “Ж” ҳарфи – темирли, “Мц” ҳарфи – марганецли, “К” ҳарфи – кремнийли, “С” ҳарфи – қўрғошинли, “О” ҳарфи – қалайли латунлигини; биринчи рақам миснинг ўртача миқдорини, иккинчи ва охири рақамлар бошқа компонентлар миқдорини қотишма таркибида қайси ҳарфлар билан белгиланганлигига мос равишда ифодалайди, масалан, ЛЖС-58-1-1 да 58% латунь, 1% темир, 1% қўрғошин, ЛАН-59-1-1 да 59% латунь, 1% алюминий, 1% никель.

Латуннинг физик хоссалари:

- зичлиги $\rho = 8500 \text{ кг/м}^3$;
- эриш температураси $t_p = 940^\circ\text{C}$;
- иссиқлик ўтказувчанлиги $\lambda = 105 \dots 116,3 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;
- солиштирма иссиқлик сиғими $c_p = 0,385 \text{ кЖ/(кг}\cdot\text{К)}$;
- чизикли кенгайиш коэффициентлари $\chi = 20 \cdot 10^{-6} \text{ 1/К}$.

БРОНЗА - мис ва қалайлардан иборат қотишма. Ушбу кимёвий элементлардан ташқари, унинг таркибига кремний, алюминий, марганец, бериллийлар ҳам кириши мумкин. Қалайли бронзалар қуйидаги гуруҳларга бўлинади: қалай-фосфорли (масалан, БрОФ-8,0-0,3), қалай-рухли (масалан, БрОЦ-4-3), қалай-рух-қўрғошинли (масалан, БрОЦС-4-4-2,5) бўлиши мумкин.

Бронза мустаҳкамлиги, қайишқоқлиги, коррозияга бардошлиги, антифрикцион хоссалари билан ажралиб туради.

Бу материал ушбу физик хоссалари билан характерланади:

- зичлиги $\rho = 935...1140 \text{ кг/м}^3$;
- эриш температураси $t_p = 935...1140^\circ\text{C}$;
- иссиқлик ўтказувчанлиги $\lambda = 32,0...105 \text{ Вт/(м·К)}$;
- солиштирма иссиқлик сиғими $c_p = 0,385 \text{ кЖ/(кг·К)}$;
- чизикли кенгайиш коэффициентини $\chi = (1,5...1,95) \cdot 10^{-6} \text{ 1/К}$.

Органик ва ноорганик (5-37% ли сирка, музлаган) кислоталарни олиш технологиясида ишлатиладиган қурилма ва ускуналар (реакцион ва сизимли идишлар, скруббер, насадкали ва тарелкали колонналар) ни яшаш учун шиша пластикларни қўллаш мақсадга мувофиқдир.

Охирги пайтда сунъий равишда яратилган графит АТМ-1 русумли материал кенг қўламда коррозия фаол материалларни иситиш ва совитишда жуда кўп қўлланилмоқда. Ушбу материал коррозия бардош ва иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентини нисбатан юқори, ҳамда уни 130°C гача қўллаш мумкин. Кимё машинасозлигида нометал конструкцион материалларни қўллаш қимматбаҳо ва танқис металлларни тежаш имконини беради.

4-31 жадвал

Материал	$\rho, \text{ г/см}^3$	Материал	$\rho, \text{ г/см}^3$
<i>Алюминий:</i>		<i>Мис:</i>	
болғаланган	2,75	тоза	8,93
қуйма	2,55-2,6	қизил, қуйма	8,3-8,9
қуйма қотишмалар	2,5-2,94	қизил, болғаланган	8,9-9,0
листли асбест	1,2	қизил, жуваланган	8,9-9,0
<i>Баббит:</i>		қизил, сим ҳолатида	8,35-8,95
Б83	7,46	электротехник	8,9-8,95
БН, БТ, Б16	9,73	<i>Молибден</i>	10,3
Б6	10,04	<i>Подшипникли қотишмалар:</i>	
<i>Бронза:</i>		алюминий асосли	2,8-2,86
алюминийли	7,7-8,2	магний асосли	1,8
бериллийли	8,23	рух асосли	6,1-6,3
марганецли	7,63	углеродли ва легирланган пўлат	7,65-7,85
калайли	8,7-8,9		
калай-қўрғошинли	9,2	<i>Қаттиқ қотишмалар:</i>	
калай-рухли	8,8	вольфрам-кобальтли	13,9-15,4
қўрғошинли	9,4	титан-вольфрамли	6,5-13,6
<i>Вольфрам</i>	19,3		
<i>Дюралюминий</i>	2,6-2,9	<i>Чўян:</i>	
<i>Латунь:</i>		кул ранг	6,8-7,4
қуйма	8,3-8,6	оқ	7,4-7,7
чўзма	8,4-8,7	болғаланувчан	7,2-7,4
<i>Магнийли қотишмалар</i>	1,76-1,83	юқори легирланган	5,5-5,75

ПЛАСТМАССАЛАР – юқори коррозия бардошликка ва мустаҳкамликка эга янги конструкцион материалдир. Пластмассаларни ишлаб чиқариш жараёнида мустаҳкамлигини, қайишқоқлигини, рангини, юмшаш температурасини, иссиқлик ўтказувчанлигини яхшилаш ва арзонлаштириш мақсадида унга пластификатор, тўлдирувчи, ранг берувчи моддалар қўшилади.

4-32 жадвал

№	Материал	Зичлик, кг/м^3	Исс.ўтказ. коэфф., Вт/м·К	Мустаҳкамлик чегараси, МПа			Температура қўллаш чегараси, $^\circ\text{C}$
				сиқишда	чўзишда	эгилишда	

1	Винипласт	1380-1400	0,15	80...100	45...55	90...100	0...+60
2	Полиэтилен паст зичликли	920	-	12,5	10	12...17	-66...+60
3	Полиэтилен юкори зичлик	940-960	-	-	20...35	20...38	-66...+60
4	Пропилен	900	-	-	30...36	60...70	-35...+140
5	Фторопласт-3	2090-2160	0,23	55...60	35...45	60...80	-195...+125
6	Фторопласт-3М	2020	-	50...60	25...30	35...40	<+180
7	Фторопласт-4	2130-2220	0,046-0,092	-	17...31,5	11...14	-269...+250
8	Фаолит	1400-1700	0,348-0,696	70...80	20	40	-30...+120
9	Графит, фенолформальдегидкатрони шимдирилган	2030-2070	-	78...185	12...17,8	-	<+180

Ҳамма пластмассалар 2 гуруҳга бўлинади: 1) термопластлар; 2) реактопластлар.

Термопластлар иситилганда юмшаш, совитилганда қотиш хоссасига эга ва бу жараёни бир неча марта қайтарса бўлади. Реактопластлар эса, иситилганда эрийди ва маълум бир температурага қиздирилса – қотиб қолади ва қайта юмшамайди, эримади.

ШИША ПЛАСТИКЛАР – полиэфир смолалар ва шиша толаларидан ташкил қилинган сунъий материал. Ундан йирик, ўлчамлари катта дистилляция колонналар, скрубберлар, омборлар, диаметри 4,5 м ва баландлиги 6 м ли идишлар ясаш мумкин. Шиша пластиклар 20°C ёки ундан озгина юкори температурада қиздирилса, полимеризация бўлади.

ФТОРОПЛАСТ-4. Қайишқоқлиги юкори, электр токни ўтказмайдиган, иссиқликка чидамли, -200...+500°C температурада ишлатилиши мумкин (5-32 жадвал). Кимёвий муҳитларга ўта чидамлилиги, унинг яхши хоссаларидан биридир. Бу кўрсаткич бўйича пластмассалар, **Au**, **Pt**, эмал, махсус қотишма ва бошқа материаллардан устундир.

Фторопласт-4 дан ҳар хил қалинликдаги лист, труба, юпка деворли цилиндр идиш, мембрана, сиффон ва бошқа турли махсулотлар тайёрлаш мумкин. Қурилмалар учун кистирма сифатида фойдаланишда унга тенг келадиган материал йўқдир. Тўлдирувчисиз пластмассаларнинг чидамлилиги қуйидаги хоссалар билан характерланади:

1. Пенопластлар кислота, ишқор ва органик эритмаларга нисбатан чидамли. Аммо H_2SO_4 , олеум, HNO_3 ва концентранган ишқорларга 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 ишқорларга нисбатан паст ва юкори температураларга чидамли. Оксидловчи кислота ва «царская водка»лар қайнаш жараёнида ҳам фторопласт ўз хоссаларини йўқотмайди. Шу кунгача унинг эритувчиси топилмаган.

Аммо натрий ёки калий, фтор ва учламчи фтор хлоридлар таъсирида емирилади.

Пластмассаларни металл билан таққослаш шуни кўрсатадики, пластмассалар бир неча афзалликларга эга: а) солиштирма оғирлиги кичик; б) солиштирма мустаҳкамлиги юкори; в) технологик хоссалари яхши; г) коррозия бардошлиги юкори.

УГЛЕГРАФИТ материаллар – фенолформальдегид катрони шимдирилган графитдир. Асосан графит тўлдирувчи фенолформальдегид катронидан таркиб топган прессланган пластмасса графитопласт деб номланади. Нордон ва ишқорий муҳитларга бардошлиги юкори.

КЕРАМИК материаллар – кислотабардош ғишт ва йирик блоклар ишлаб чиқаришда қўлланилади. Ушбу материаллар, ишқорлардан ташқари, барча коррозия фаол муҳитларга нисбатан бардошлиги юкори. Кислотабардош керамикадан ясалган труба қувурлари хлорид ва сульфат кислоталарни транспортировка қилиш учун ишлатилади.

ФАРФОР – плавленый кислота ва ишқорлардан ташқари, барча кислоталарга нисбатан бардошлиги юкори бўлиб, ўта тоза моддалар олишда қўлланилади.

ВИНИПЛАСТ – азот кислота ва олеумдан ташқари, ҳамма кислота, ишқор ва эритмаларга нисбатан бардошлиги юкори. Винипластдан ясалган деталлар 0...40°C ва 0,6 МПа босимда ишончли ишлашни таъминлайди.

АСБОВИНИЛ – лок ва асбестдан таркиб топган композиция бўлиб, -50 дан +110°C температура оралигида қўпгина кислоталар ва ишқорларга нисбатан бардошлиги юкори.

ПОЛИЭТИЛЕН, ПОЛИПРОПИЛЕН – термопластик материал, минерал кислота ва ишқорлар таъсирига ўта юқори бардошлиги билан характерланади ва қўлланиш шароитлари:

- полиэтилен – температура оралиғи -60°C дан $+60^{\circ}\text{C}$, босим эса – 1 МПа гача;
- полипропилен – температура оралиғи -10°C дан $+100^{\circ}\text{C}$, босим эса – $<0,07$ МПа.

ФАОЛИТ – таркибида асбест, графит, кварц қуми каби тўлдирувчилари бўлган кислотабардош пластмасса. Фаолитдан ясалган деталлар 140°C температура ва 0,06 МПа босимгача ишлатилади. Ушбу материал кўпчилик кислоталар, жумладан концентрацияси 50% гача бўлган сульфат ва чумоли, хлорид, сирка, фосфор кислоталар, ҳамда бензолга нисбатан бардошлиги юқори, аммо ишқор ва оксидловчилар таъсирига чидамли эмас.

ТЕКСТОЛИТ – механик хоссалари бўйича фаолит устун бўлиб, коррозия фаол муҳитларга, шу жумладан, сульфат (концентрацияси 30% гача), хлорид (концентрацияси 20% гача), фосфор (концентрацияси 25% гача), сирка (ҳамма концентрациялари) кислоталарга бардошлиги юқори. Бу материални $+80^{\circ}\text{C}$ температурагача қўллаш тавсия этилади.

ТАБИИЙ СИЛИКАТ МАТЕРИАЛЛАР – қаторига диабаз, базальт, асбест, хризотил, андезитлар қиради ва улар, хризотилдан ташқари, юқори кислотабардош.

4-33 жадвал

Паст, ўрта ва юқори босимли кимёвий қурилмалар учун
тавсия этиладиган пўлатлар

Пўлат гуруҳи	Марка	Рухсат этиладиган ишчи параметрлар		Тахминий қўлланиш соҳаси
		Босим МН/м ²	Девор темпе- ратура, $^{\circ}\text{C}$	
1	2	3	4	5
Оддий сифатли углеродли пўлат	Ст.3	5	-30...+400	Обечайка, қопқоқ, фланец ва б. деталлар у-н
			- 40...+425	Фланец, труба тешиқ панжараси ва бошқа деталлар учун Қурилма, идиш, иситкич обечайкалари, патрубккалари ва бошқа деталлари учун
Оддий сифатли углеродли пўлат	Ст.5	5	- 30...+ 425	Фланец, труба тўр пардаси ва бошқа деталлар учун
				Болт, шпилка ва пайвандланмайдиган деталлар учун
	0,8 кп	1,6	- 10...+ 350	Эмалланиши керак бўлган обечайка, қопқоқ ва бошқа деталлар учун
	10		- 40...+ 450	
	20	20	- 40...+ 475	Обечайка, қопқоқ, фланец, муфта ва б. учун
Конструкцион 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 муҳитларда ишлатиладиган қурилмаларнинг обечайка, қопқоқ, фланец каби деталлар учун
	09 Г2С			
Легирланган пўлат	12 МХ	25	- 40...+ 540	Агрессивлиги паст ва ўрта муҳитларда ҳамда деворидаги кучланиш юқори бўлган муҳитларда пайвандланган саноати қурилмаларининг обечайка, қопқоқ, фланец ва бошқа деталлар учун
Юқори легирланган пўлат	ОХ13	-	- 40...+ 540	Олтингургурт бор, иссиқ муҳитли, пайвандланган, ректификацион колоннанинг тарелкалари ва кам кучланишли деталлари учун
	1Х13			Олтингургурт бор ва бошқа агрессив, иссиқ муҳитли, қурилмаларининг обечайка, қопқоқ, фланец, болт, гайка ва бошқалар у-н
	2Х13			1Х13 материал қўлланиладиган соҳа, пайвандланмайдиган ўқ, болт, гайка ва бошқа деталлар учун
	1Х13Л 2Х13Л	1,6		1Х13 материал қўлланиладиган соҳа учун, қуйма, қурилмаларининг қобиғи, қопқоқи, фланец ва бошқа деталлари учун

Коррозия,
иссиқликка
бардош ва
чидамли
юқори
легиранган
пўлат

X17			Озиқ-овқат, нефтни қайта ишлаш, азот кислотасини ишлаб чиқариш соҳасида узлукли, юклама таъсири йўқ, масъулияти кам қурилмаларни обечайка, туб, труба ўрами, змеевик ва бошқа деталлар учун. Ушбу материал Х18Н10Т пўлатнинг ўрнини босувчи материал
X25ТЛ		- 20...+ 700	Х25Т пўлат қўлланиладиган соҳадаги қўйма қурилмаларнинг қобиғи, қопқоқи, фланец ва бошқа деталлари учун
X28		- 20...+ 600	Суюқ ва газли ўртача агрессив муҳитда юқори температурада, ўзгармас ва ўзгарувчан юкламада ишловчи кимёвий қурилмалар у-н
X28АН		- 20...+ 400	Ўртачаагрессив муҳитда ишлатиладиган, пайвандланган қурилмаларнинг обечайка, туб ва бошқа деталлари учун
X28Н4		- 20...+ 700	Газли коррозия шароитида ўртачаагрессив муҳитларда ишлайдиган, масъулияти кам кимёвий қурил-маларнинг обечайка, днишче ва бошқа деталлари учун
1Х17Н2		- 20...+ 600	Паст ва ўртачаагрессив муҳитларда ишлайдиган кимёвий қурилмаларнинг обечайка, туб ва бошқа деталлари учун
1Х21Н5Т ОХ21Н5Т	6,4	-100...+ 600	Ўртача агрессив муҳитларда ишлайдиган, пайвандланган кимёвий қурилмалардаги Х18Н10Т пўлатнинг ўрнига қўллаш учун
ОХ21Н6М2Т			Юқори агрессив муҳитларда ишлайдиган пайвандланган, кимёвий қурилмалардаги Х17Н13М2Т ўрнига қўллаш учун
ОХ17Н5Г9АБ	1,6	-196...+600	Юқори агрессив муҳитларда ишлайдиган, ОХ17Т бардош беролмайдиган, пайвандланган қурилмаларда Х18Н10Т ўрнига қўллаш учун тавсия этилади. Чуқур совитиш усулида газларни ажратиш ва озиқ-овқат саноатидаги пайвандланган идиш ва қурилмалар обечайка, туб ва бошқа деталлари учун
Х14Г14Н3Т	4	-196...+500	Чуқур совитиш усулида газларни ажратиш ва озиқ-овқат, гўшт-сут, спирт ва бошқа саноатларда пайвандланган қурилмалардаги Х18Н10Т пўлатнинг ўрнига қўллаш учун тавсия этилади
Х18Н10Т	Чекланмаган	-254...+600	Юқори ва ўртача агрессив муҳитларда, масъулиятли пайвандланган кимёвий қурилмалар обечайка, туб, фланец, труба тўр пардаси, болт, гайка, шпилка, штуцер патрубкиси ва бошқалар учун
Х18Н9ТЛ			Юқори ва ўртачаагрессив муҳитларда ишлайдиган, кимёвий қўйма қурилмалар-нинг қобиғи, қопқоқи, фланец ва б.детал.
Х17Н13М2Т	Чекланмаган	-196...+700	Юқори ва ўта агрессив муҳитларда ишлайдиган Х18Н10Т, ОХ18Н10Т ва ОХ18Н12Б пўлатлар чидамсиз бўлганда, пайвандланган кимёвий қурилмаларнинг обечайка, туб, труба тўр парда ҳамда ўрами ва бошқа деталлари учун
ОХ23Н28М2Т	0,07	-	Фторли бирикмалар бор иссиқ фосфор кислотаси ва паст концентрацияли 60°С ли юқори агрессив муҳитда ишлайдиган пайвандланган кимёвий қурилмаларнинг обечайка, туб каби деталлари учун

	OX23H28M3Д3Т			Сульфат кислота, таркибида фторли бирикмалар бор, +80°С дан кам бўлган температурали фосфор кислотали (32...50% Р ₂ О ₅) ва температураси +70°С дан паст 25% ли кремний-фтор-водородли кислота муҳитларда пайвандланган кимёвий қурилмалар обечайка, туб ва б. деталлари
Қўш қатламли (биметалл) пўлатлар	Ст.3+OX13	5	-40...+425	Таркибида олтингугурт бор иссиқ муҳитларда ишлайдиган пайвандланган, нефть кимёси қурилмаларидаги обечайка, туб, патрубк ва бошқа деталлари учун
	20K+OX13	Чекланмаган	-40...+475	
	12MX+OX13		-40...+540	
	Ст.3+X18H10Т	5	-30...+400	Ўртача ва ўтаагрессив муҳитларда ишлайдиган, пайвандланган кимёвий қурилмаларнинг обечайка, днишче, патрубк ва бошқа деталлари учун
	20K+X18H10Т	Чекланмаган	-40...+400	
	20K+X17H13M2Т			

4-34 жадвал

**Қурилмалар ва труба қувурларининг қўзғалмас, йиғма бирикмаларини
зичлаш учун тавсия этиладиган металлмас қистирма материаллар**

Қистирма 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-ишқорбардош резина, бензинбардош	-	0,5...10	эни 200...1750 узулиги 500...10000
Пластикат полихлорвинили	1300...1500	1...5	эни ≥ 600 узулиги ≥ 1000
Фторопласт-4	2100...2300	1,5; 2; 3; 4; 5	195x195; 240x240
Текстолит МА	1300...1600	0,5...3,5	250x250
Фибра ФТ	1100	0,6...2,5	эни 550x700; 1100...1400 узулиги 850x1500; 1700...2300
Чарм техник	1100...1500	2,5÷5	-

Ундан ташқари, қуйидаги материаллар ҳам қистирма сифатида ишлатилади: мис (қуйдирилган), алюминий (юмшоқ), зангламайдиган пўлат, никель, монель, қўрғошин.

Стандарт фланецли бирикмалар учун қистирмалар типи ва параметрлари 4-35 жадвалда келтирилган.

4-35 жадвал

Фланецли бирикма қўллаш соҳаси	Қистирма тури	Қистирма стандарти	Фланецли бирикма параметрлари	
			p_f , МПа	D_f , мм
Труба ва унинг арматураси учун	Бўртиқ бирлаштирувчи юзали фланец учун паронитдан ясси эластик	ГОСТ 15180-86	0,25; 0,6; 1,0; 1,6; 2,5;	10-1200
	Шип-паз ва ботиқ-бўртиқ бирлаштирувчи юзали фланецли бирикма учун паронитдан ясси эластик		4,0	10-800

	Эллипс кўндаланг кесимли металдан	ОСТ 26-373-78	0,25; 0,6; 1,0; 1,6; 2,5; 4,0	10-600
	Саккиз бурчак кўндаланг кесимли металдан		6,3; 10; 16	15-400
Қурилма қобиклари учун	Шип-паз ва ботиқ-бўртиқ бирлаштирувчи юзали фланецли бирикма учун металмас	ОСТ 26-430-79	0,3; 0,6; 1,0	400-4000
			1,6	400-3200
			2,5	400-2000
			4,0; 6,3	400-1600
	Шип-паз ва ботиқ-бўртиқ бирлаштирувчи юзали фланецли бирикма учун асбест металли	ОСТ 26-431-79	1,0	400-4000
			1,6	400-3200
			2,5	400-2000
			4,0; 6,3	400-1600
	Пўлатдан ясалган фланецли бирикма учун саккиз бурчак кўндаланг кесимли металдан	ОСТ 26-432-79	6,3; 8,0; 10,0	400-1600
			16,0	400-1200

Стандарт фланецли бирикмалар учун қистирмалар ўлчамлари 4-36 жадвалда келтирилган.

4-36 жадвал

Қистирма ўлчамлари

Қистирмалар	Қурилма диаметри D_y , мм	Қистирма эни b_n , мм
Ясси, металмас	$D \leq 1000$	12-15
	$1000 < D \leq 2000$	15-25
	$D > 2000$	25
Ясси, металдан	$D \leq 1000$	10-12
	$D > 1000$	12-15
Ясси, металл қобикли ва тишли металли	$D \leq 1600$	12-18
	$D > 1000$	13-25
$p \geq 6,4$ МПа учун саккиз бурчак ва эллипс кўндаланг кесимли	$D \leq 600$	12-13
	$600 < D \leq 800$	16-22
	$800 < D \leq 1000$	18-28
	$1000 < D \leq 1600$	22-42

5-боб. КУРС ЛОЙИХАНИ ГРАФИК БЕЗАШ



5.1. Тушунтириш хатининг таркиби

Титул варақ.

Курс лойиҳа топшириғи.

Мундарижа.

1. Кириш (топшириқда берилган жараён бўйича умумий тушунчалар, ҳамда бажарилган курс лойиҳа таркиби).
2. Жараён назарияси, ҳисоблаш формулалари ва қурилмалари.
3. Иссиқлик элткичлар хоссалари (иссиқлик-физик, ёнғин ва портлаш ҳавфсизлиги, коррозия фаоллиги).
4. Иссиқлик ҳисоби.
 - 4.1. Иссиқлик элткичларнинг ҳаракат йўналишининг схемаси ва унинг таърифи.
 - 4.2. Ўртача температура схемаси ва уни ҳисоблаш.
 - 4.3. Қурилма юзасини тахминий ҳисоби ва стандарт қурилма танлаш.
 - 4.4. Қурилманинг аниқловчи ҳисоби.
5. Гидравлик ҳисоб.
6. Механик ҳисоб.
7. Конструктив ҳисоб.
8. Хулоса.
9. Фойдаланилган адабиётлар рўйхати.

Тушунтириш хатини безашнинг асосий қоидалари

Курс лойиҳанинг тушунтириш хати илм ва техника соҳаларидаги илмий-тадқиқот ишлари бўйича ёзиладиган ҳисоботларга тегишли стандарт талабларга мос равишда амалга ошириш зарур. Қуйида ушбу стандартнинг айрим бандларидан кўчирмалар келтирилган.

Хошиялар ўлчамлари: ўнг томондан - ≥ 10 мм; тепа ва пастдан ≥ 20 мм; чап томондан - ≥ 30 мм.

Таркибий элементлар сарлавҳалари: «РЕФЕРАТ», «МУНДАРИЖА», «ХУЛОСА» ва бошқаларни нуқтасиз қаторнинг ўртасида ёзиш керак.

Қисмлар, бандлар араб рақамлари билан белгиланади. Рақамдан сўнг, қисм ёки банд номи ёзилади ва охирида нуқта қўйилмайди. Агарда, сарлавҳа иккита гапдан иборат бўлса, улар орасига нуқта қўйиш шарт.

Ҳисобот бетлари араб рақамлари билан белгиланади ва варақ пастки қисмининг ўртасига қўйилади.

Расм, график, схема ва бошқаларни ҳисоботда бевосита матнда қайд этилгандан сўнг ёки кейинги бетнинг бошида келтирилиши зарур. Ҳар бир расм, график ёки схема матн қайд қилиниши ва араб рақамлари белгиланиши керак.

Жадваллар ёрдамида кўрсаткичларни таққослаш ва солиштириш қулай бўлгани учун кенг қўламда фойдаланилади. Жавдал номи аниқ, қисқа ва уни тўлиқ ифодалаши керак, ҳамда жадвал устида жойлаштирилиши даркор.

5.2. Курс лойиҳа график қисмининг таркиби

1. Технологик схема ва қурилма умумий кўринишининг чизмаси А1 форматли (841x594 мм) чизмачилик варағи (ватман)га чизилади.

2. Қурилма таянчи, тақсимлаш камераси, қопқоғи, фланецли бирикмаси ёки бошқа қисм, бўлақларининг чизмаси А2 ёки А3 форматда.

Зарур бўлган ҳолларда қуйидаги форматлардаги чизма варақлари ҳам қўллansa бўлади:

Формат белгиланиши	A0	A1	A2	A3	A4
Формат ўлчамлари, мм	341x1189 мм	594x841 мм	420x594 мм	297x420 мм	210x297 мм

Чизма хошияси узлуксиз чизикли тўртбурчак билан чегараланади. Ватман қоғознинг чап томонидан 20 мм, қолган томонларидан 5 мм ли хошия қолдирилади (5.1-расм).

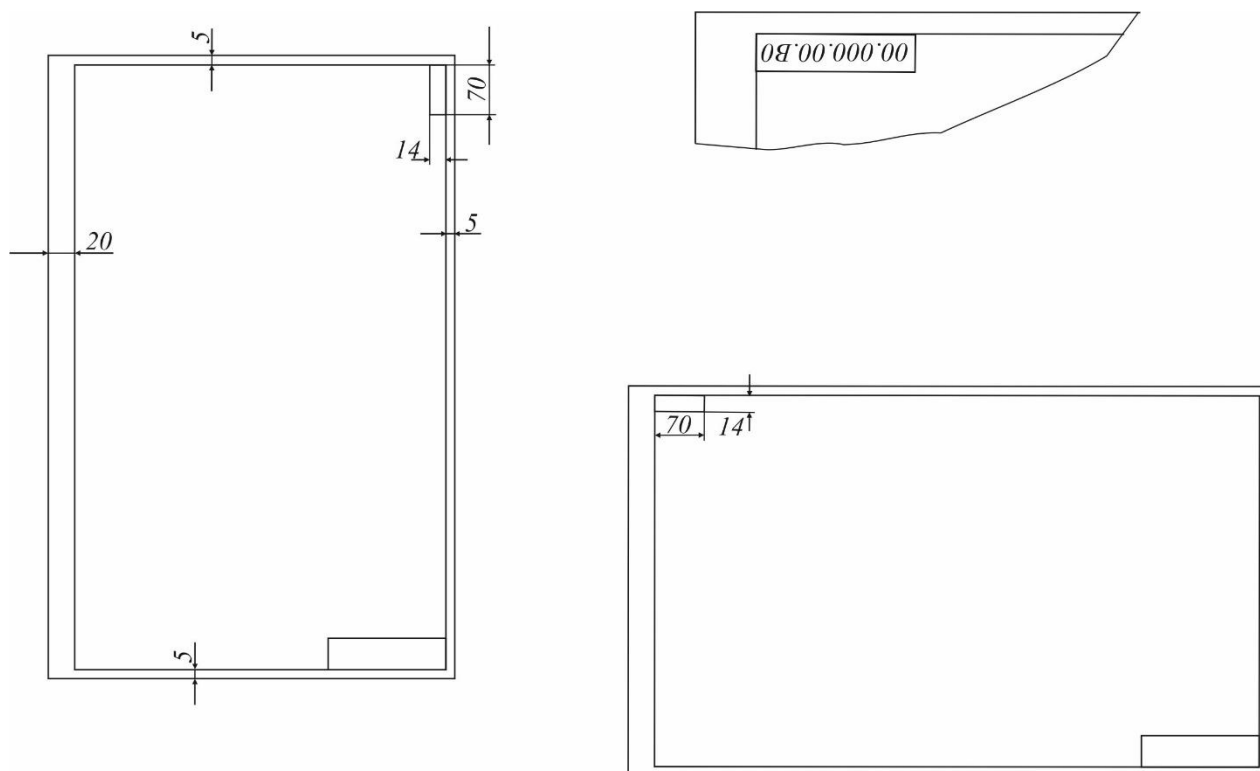
Чизмадаги тасвир масштаблари ГОСТга биноан қуйидаги қатордан танланади:

**1:1; 1:2; 1:2,5; 1:4; 1:10; 1:15;
1:20; 1:25; 1:40; 1:50; 1:75; 1:100.**

Ушбу стандартда катталаштириш масштаблари ҳам келтирилган:

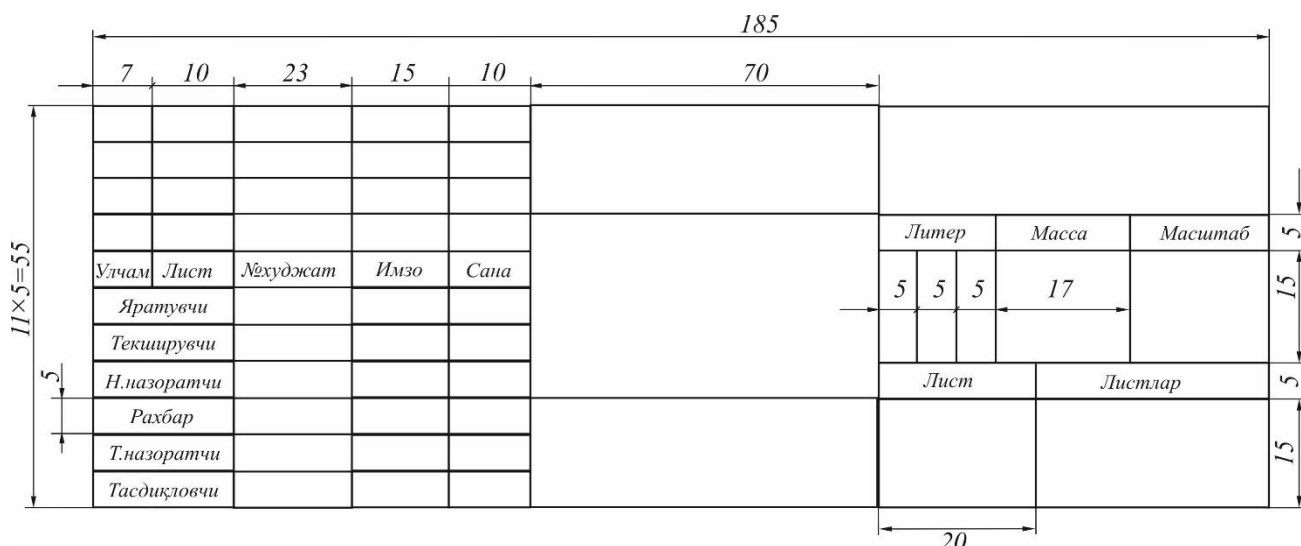
2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 15:1;

ГОСТга биноан асосий ёзувлар бурчак штампда келтирилади. Бурчак штамп эса чизманинг пастки ўнг бурчагига жойлаштирилади ва у қуйидаги шакл ва ўлчамларга эга:



5.1-расм. Ватман қоғоз хошиялари.

Бурчак штамп тўлдирилганда унинг барча катакларига қуйидаги ёзувлар қайд этилиши зарур (5.2-расм):



5.2-расм. Бурчак штампи.

- “яратувчи” – курс лойиҳа бажарган талаба фамилияси, исми, имзоси ва сана;
- “текширди” – курс лойиҳа раҳбари фамилияси, исми, шарифи, имзоси ва сана;
- “Т.назор” – техник назорат;
- “Раҳбар” – талаба курс лойиҳасининг раҳбари фамилияси, исми, имзоси ва сана;
- “Н.назор” – норма назорат;
- “Тасдиқ” – тасдиқлайман;
- бурчак штампининг тепа бўлинмасида қурилманинг белгиланиши кўрсатилади;
- бурчак штампи ўрта бўлинмасида қурилма ёки буюмнинг қисқача номи ёзилади;
- бурчак штампининг пастки бўлинмасида институт ёки университетнинг қисқартирилган номи ва талаба гуруҳи ёзилади;
- “Масштаб” деган бўлинмада чизманинг асосий проекциясининг масштаби кўрсатилади.

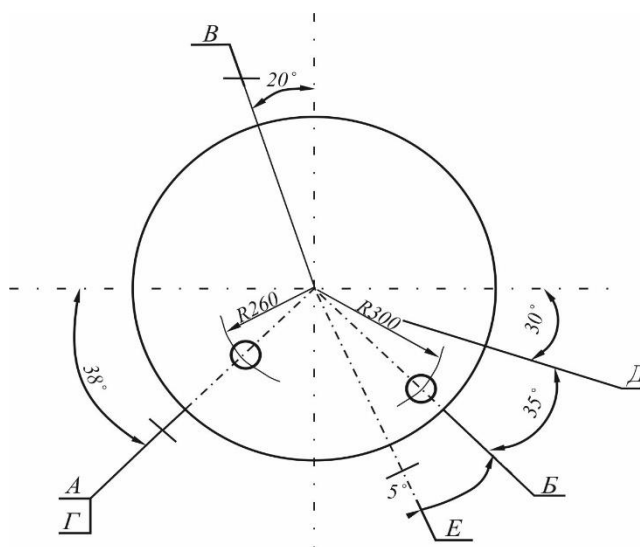
5.3. Умумий кўриниш чизмаларига қўйиладиган талаблар

Умумий кўриниш чизмалари ГОСТ 2.120-73 ЕСКД нинг асосий талабларига мос равишда бажарилиши керак ва ушбу чизма қуйидаги маълумотларни ўз ичига қамраб олган бўлиши керак:

- лойиҳаланаётган қурилма тузилиши ҳақида тўлиқ тушунча ва таассурот берувчи қурилма ёки машинанинг тасвири, зарур кўринишлари, қирқим ва кесимлари;
- асосий ўлчамлари – конструктив, бирлаштириш ва габарит, зарур бўлган ҳолларда, монтаж ва ўрнатиш, ҳамда ҳаракатчан қисмларнинг чегаравий четлашиши;
- масъулиятли бирлашиш жойларидаги қўйимлар белгиланиши;
- штуцер, люк ва таянчларнинг ҳақиқий жойлашиш схемаси ёки кўриниши;
- патрубка ва штуцерларнинг белгиланиш жадваллари;
- техник характеристика;
- техник талаблар;
- қурилма таркибий қисмларининг рўйхати.

Умумий кўриниш чизмасида штуцер, лаз, люк ва таянчлар сурилган ҳолда кўрсатилиши мумкин, аммо қурилманинг баландлиги ёки узунлиги бўйича уларни кўчириб бўлмайди.

Қурилма ёки жихозни тепадан кўринишида штуцер, люк, лаз, бобишка ва бошқаларнинг ҳақиқий жойлашишини кўрсатиш керак. Агар, асосий чизмада тепадан кўриниш бўлмаса, уни схематик равишда чизиб штуцер, люк, лаз, бобишка ва бошқаларнинг шартли белгиланиши қўйилади (5.3-расм). Схема устида ушбу ёзув бўлиши керак “Штуцер, люк, лаз, бобишка ва таянчларнинг жойлашиш схемаси”.



5.3-расм. Штуцер, люк, бобишкларни жойлаштириш схемаси.

Штуцер, люк, лаз, термометрлар гильзаси, патрубк ва бошқалар асосий ва унга тегишли чизмаларда, ҳамда схемаларда ўқ чизиклар давомида ёки ташқарига олиб чиқилган чизик токчаларида шартли равишда кирилл алифбосининг 5-7 мм ли ҳарфлари (Й, О, Х, Ь, Ъ лар қўлланилмайди) билан белгиланади.

Штуцер, патрубк, гильза ва бошқа элементларнинг номлари қуйидаги шаклда бажарилади (5.4-расм):

Белги- ланиш	Номи	Сони	Шартли диаметр мм	Шартли босим МПа	20
12	90	10	18		8
148					

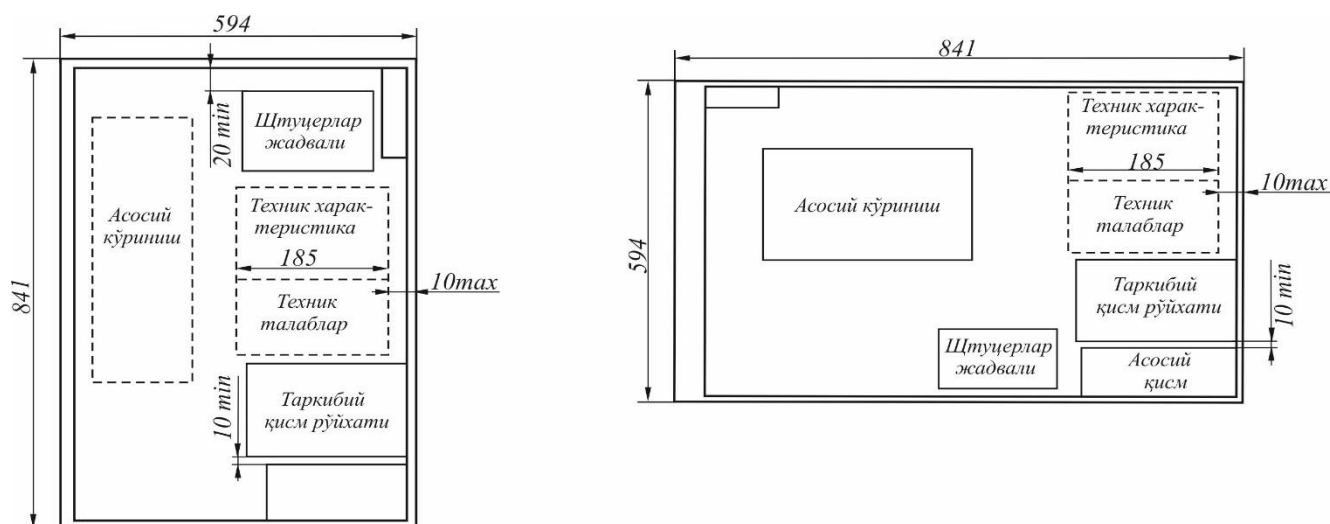
5.4-расм. Штуцер, патрубк, гильза ва бошқа элементлар жадвали.

Жадвал тепасида “Штуцерлар жадвали” деган сарлавҳа ёзилади.

Кўриниш, ўлчам, кесим ва штуцерлар ҳарфлар билан алифбодаги кетма-кетлигида номланади. Агар, ҳарфлар яқунланса, рақамли индексациядан “А₁”, “Б₁”, “В₁”, “Г₁” ва ҳ. фойдаланилади.

Ёзувлар, техник характеристикалар, техник талаблар ва жадваллар чизмада ГОСТ 2.316-68 талаблари асосида тўлдирилади.

Юқорида қайд этилган жадваллар, техник характеристикалар, техник талаблар ва таркибий қисмлар рўйхатларини жойлаштириш усуллари



5.5-расм. Умумий кўриниш чизма элементларини жойлаштиришнинг намунаси.

Техник характеристикада қуйидагилар кўрсатилади:

қурилмани қўллаш соҳаси; қурилманинг номинал ва ишчи ҳажми; унумдорлиги; иссиқлик алмашилиш юзаси; максимал босим; муҳит максимал температураси; узатма қуввати; деталлар айланиш частотаси; муҳитнинг заҳарлилиги ва портлаш ҳавфсизлиги; бошқа зарур маълумотлари (5.5-расм).

Чизмадаги техник талабларда қуйидагилар кўрсатилади: қурилма ёки машинани тайёрлаш ва синаш учун ГОСТ ёки ТУ нинг белгиланиши; асосий материаллар учун ГОСТ ёки ТУ; пайванд чок ва бошқа турдаги бирикмаларни зичланиш ва мустаҳкамлик синовлари учун талаблар; иссиқлик қоплама зарурлиги ва коррозияга бардош қопламалар ҳақида маълумотлар.

Ишчи босими 0,07 МПа дан паст бўлган қурилмаларга ЎзР «Саноат ва тоғ конларидаги ишларни ҳавфсиз олиб боришни бошқариш назорат агентлиги» (Госгортехнадзор) томонидан тасдиқланган қоидалар тарқалади. Ушбу қоидаларда тайёрланадиган қурилма ва машиналар қониктириши зарур бўлган асосий норма ва талаблар баён этилади.

Атмосфера босимида эксплуатация қилинадиган қурилмаларга УзР “Саноат ва тоғ конларидаги ишларни ҳавфсиз олиб боришни бошқариш назорат агентлиги” қоидалари тегишли эмас.

Машинасозлик саноатининг корхоналари да ясалган ҳар бир қурилма ва машина, ускуна ва жихоз ва бошқалар албатта синовдан ўтказилиши шарт.

Қуйидаги жадвалда цилиндрик, конуссимон, шарсимон ва бошқа пайвандланган қурилма ва идишларни синов гидравлик босимлари келтирилган.

Ҳисобланган босим, МПа	Синов босими, МПа
1,0	2,0
0,07 дан 0,5 гача	1,5P ($[\sigma_{20}]/[\sigma_t]$, лекин 0,2 дан кам эмас
0,5 ва ундан юқори	1,25P ($[\sigma_{20}]/[\sigma_t]$, лекин P+0,3 дан кам эмас
Вакуум	0,15P ($[\sigma_{20}]/[\sigma_t]$, лекин 0,2 дан кам эмас

бу ерда $[\sigma_{20}]$ – 20°C температурада материалнинг рухсат этилган кучланиши; $[\sigma_t]$ - ишчи температурада материалнинг рухсат этилган кучланиши.

Агар, қурилма 200°C температурадан паст температурада эксплуатация қилинса, ушбу нисбатни $[\sigma_{20}]/[\sigma_t]=1$ деб қабул қилиш мумкин.

Лойиҳаланаётган қурилма ёки машинанинг асосий қисмларининг рўйхати қуйида келтирилган жадвалда берилиши керак.

Поз.	Белгиланиш	Номи	Сони	Масса Iшт.	Материал номи ва маркаси	Эслатма	20
							8
8	40	60	10	14	32		
185							

5.6-расм. Қурилма таркибий қисмларининг рўйхати.

Ҳар қаторда детал ва қисмлар номларини “икки қаватли ” қилиб ёзиш маън этилади. Агар, ёзув бир қаторга сиғмаса, уни икки ёки уч қаторга ёзиш даркор (5.6-расм).

Қурилма таркибий қисмлари тўғрисидаги маълумотлар тартиб билан тепадан пастга қараб ГОСТ 2.108-68 да белгилангандек ёзилади: таркибий (йиғма) қисмлар; деталлар; стандарт қисмлар; маҳкамловчи деталлар ва ҳ. (5.6-расм)

Қурилма таркибий қисмлари рўйхатини жадвалга тўлдириш даврида уларни тайёрлаш кетма-кетлигини инобатга олган ҳолда амалга ошириш керак. Масалан, конденсаторнинг умумий чизмаси учун ушбу кетма-кетлик қабул қилинса тўғри бўлади: 1.Тақсимлаш камераси; 2. Иситиш камераси; 3. Қопқоқ; 4. Фланец; 5. Таянч; ва ҳ.

ИЛОВАЛАР