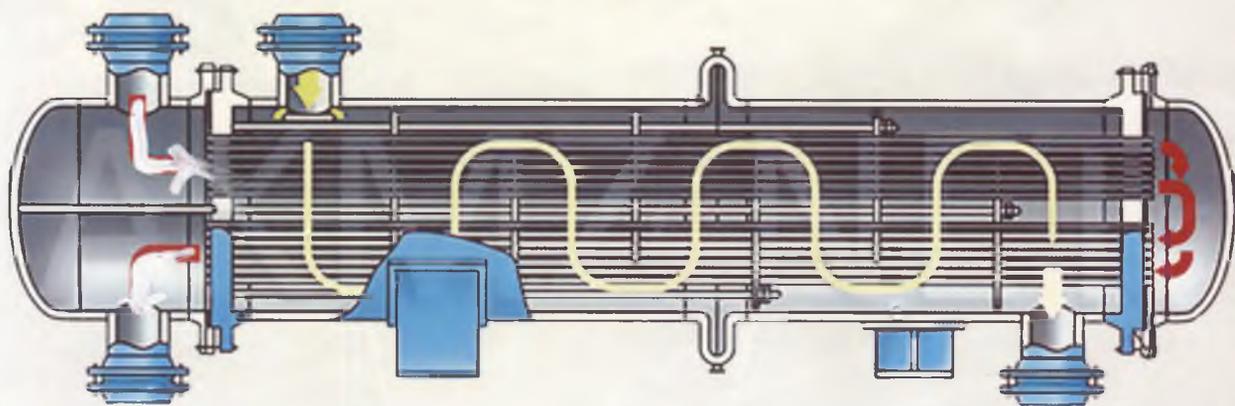




Олий ўқув
юртлари
учун

ИССИҚЛИК АЛМАШТИРИВИШ ҚУРИЛМАЛАРИНИ ҲИСОБЛАШ ВА ЛОЙИХАЛАШ





*Олий ўқув
юртлари
учун*

ИССИҚЛИК АЛМАШИНИШ ҚУРИЛМАЛАРИНИ ҲИСОБЛАШ ВА ЛОЙИҲАЛАШ

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

проф. Нурмухамедов Х.С. таҳририяти остида

**Тошкент
«Yangi nashr»
2018**



*Олий ўқув
юртлари
учун*

ИССИҚЛИК АЛМАШИНИШ ҚУРИЛМАЛАРИНИ ҲИСОБЛАШ ВА ЛОЙИҲАЛАШ

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

проф. Нурмухамедов Ҳ.С. таҳририяти остида

**Тошкент
«Yangi nashr»
2018**

УЎК: 665.63 (074)

КБК 34.514

Г-14

Аннаев Н.А., Бабаев З.К., Джураев Х.Ф., Каримов Қ.Ф., Матчонов Ш.К., Мамагов Ш.М., Нурмухамедов Ҳ.С., Ниғмаджонов С.К., Сафаров Ж.Э., Усмонов Б.С. Иссиклик алмашилиш қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: «Bilik print», 2018. - 316 бет.

ISBN 978-9943-22-327-1

Ушбу ўқув қўлланма кимёвий технологиянинг иссиқлик алмашилиш жараёни, қисқа назарияси, типик қурилмалар конструкциялари, ҳамда уларни ҳисоблаш услублари баён этилган.

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

Китобда 152 та жадвал, 150 та расм ва 63 та адабиётлар келтирилган

УЎК: 665.63 (074)

КБК 34.514

Тақризчилар:

- Абу Райҳон Беруний номидаги Тошкент давлат техника университети, техника фанлари доктори, профессор **С.Г. ЗОКИРОВ**;
- ЎзЛИТИнефтегаз, техника фанлари доктори, профессор **Р.Ч. ЛИ**.

ISBN 978-9943-22-327-1



© “Муаллифлар” - 2018.

© «Yangi nashr», - 2018

МУНДАРИЖА		
	Кириш.	7
1.	Жараён ва қурилмалар фанининг келиб чиқиши, мазмун ва моҳияти	9
2.	Асосий технологик жараёнлар классификацияси	11
1 - боб. ГИДРАВЛИК ХИСОБ		
1.1.	Асосий ҳисоблаш параметрлари.	13
1.2.	Қурилмаларни лойиҳалаш асослари	14
1.3.	Трубаларнинг гидравлик қаршилигини ҳисоблаш.	15
1.4.	Трубаларнинг оптимал диаметрини ҳисоблаш.	17
1.5.	Насос ва вентилятор ҳисоби	18
2 - боб. ИССИҚЛИК АЛМАШИНИШ ЖАРАЁН ВА ҚУРИЛМАЛАРИ		
2.1.	Иссиқлик алмашилиш асослари	28
2.2.	Конвектив иссиқлик алмашилиш	29
2.3.	Конвектив иссиқлик алмашилишнинг ўхшашлик критерий ва тенгламалари	30
2.4.	Эркин конвекция даврида иссиқлик бериш	31
2.5.	Мажбурий конвекция даврида иссиқлик бериш	31
2.6.	Аралаштириш жараёнида иссиқлик бериш	40
2.7.	Тирқишли каналларда иссиқлик алмашилиш	40
2.8.	Мавҳум қайнашда материалга девордан иссиқлик бериш	40
2.9.	Иссиқлик элтикч агрегат ҳолати ўзгаришида иссиқлик бериш	41
2.10.	Иссиқлик ўтказиш	44
2.11.	Иссиқлик ўтказиш жараёнини ҳаракатга келтирувчи куч.	48
2.12.	Иссиқлик алмашилиш қурилмалар конструкциялари	49
2.12.1.	Иситкич яратишнинг умумий кетма-кетлиги	51
2.13.	Сиртий иссиқлик алмашилиш қурилмалари.	53
2.13.1.	Қобик труба иссиқлик алмашилиш қурилмалари.	53
2.13.2.	Труба бўшлиғи тўсиклари.	55
2.13.3.	Трубалараро бўшлиғи тўсиклари	56
2.13.4.	Кўп йўлли қобик труба иссиқлик алмашилиш қурилмалари	58
2.13.5.	Линза компенсаторли қобик труба иссиқлик алмашилиш қурилмалари	59
2.13.6.	U – симон труба қобик труба иссиқлик алмашилиш қурилмалари	59
2.13.7.	Ҳаракатчан қалпоқчали қобик труба иссиқлик алмашилиш қурилмалари	60
2.13.8.	Қўшалок труба қобик труба иссиқлик алмашилиш қурилмалари	60
2.13.9.	Труба ичида труба иссиқлик алмашилиш қурилмалари.	61
2.13.10.	Змеевикли иссиқлик алмашилиш қурилмалари	66
2.13.11.	Ювилиб турувчи иссиқлик алмашилиш қурилмалари.	66
2.13.12.	Спиралсимон иссиқлик алмашилиш қурилмалари	67
2.13.13.	Пластинали иссиқлик алмашилиш қурилмалари	69
2.13.14.	Қиррали иссиқлик алмашилиш қурилмалари	72
2.13.15.	Ғилофли иссиқлик алмашилиш қурилмалари	72
2.13.16.	Блок графитли иссиқлик алмашилиш қурилмалари	73

2.13.17.	Шнекли иссиқлик алмашиниш қурилмалари	74
2.14.	Ҳаво билан совутиладиган иссиқлик алмашиниш қурилмалари.	75
2.15.	Регенератив иссиқлик алмашиниш қурилмалари	77
2.16.	Аралаштирувчи иссиқлик алмашиниш қурилмалари	78
2.17.	Иссиқлик алмашиниш қурилмаларини танлаш	80
2.18.	Иссиқлик алмашиниш жараёнларини интенсивлаш	81
2.19.	Перспектив иссиқлик алмашиниш қурилмалари	88
	Иссиқлик алмашиниш қурилмаларини ҳисоблаш намуналари	90
2.20.	Ҳаво билан совутиладиган қурилма ҳисоби	90
2.21.	Змеевикли иситкич ҳисоби	97
2.22.	Қобик трубаги бугланиш қурилмасининг ҳисоби	100
2.23.	Конденсатор ҳисоби	105
2.24.	Ювилиб турувчи совуткич ҳисоби	110
2.25.	Пластинали иситкич ҳисоби	114
2.26.	Спиралсимон совуткич ҳисоби	120
2.27.	Труба ичида труба типдаги совуткич ҳисоби	127
2.28.	Блок графитли иситкич ҳисоби	133
2.29.	Қозон утилизатор ҳисоби	141
3 - боб. БУҒЛАТИШ АСОСЛАРИ ВА БУҒЛАТКИЧЛАР		
3.1.	Буғлатишнинг назарий асослари	153
3.2.	Буғлатиш усуллари	155
3.3.	Буғлатиш жараёни моддий баланси	157
3.3.1.	Буғлатиш жараёни иссиқлик баланси	158
3.3.2.	Иситиш юзаси	159
3.3.3.	Қўп корпусли қурилмаларда буғлатиш	160
3.3.4.	Иссиқлик насосни қўллаб буғлатиш	162
3.4.	Иссиқлик қоплама қалинлигини аниқлаш	163
3.5.	Буғлаткичларни ҳисоблаш намуналари	164
3.5.1.	Иссиқлик инжекторли буғлаткич ҳисоби	164
3.5.2.	Эркин конвекцияли уч корпусли буғлаткич ҳисоби	167
3.5.3.	Мажбурий конвекцияли уч корпусли буғлаткич ҳисоби	175
3.6.	Барометрик конденсатор ҳисоби	187
3.7.	Вакуум насос ҳисоби	190
3.8.	Стандарт буғлаткичлар конструкциялари, қатори ва ўлчамлари	191
4 - боб. ҚУРИЛМА АСОСИЙ ҚИСМ ВА ДЕТАЛЛАРИНИНГ МЕХАНИК ҲИСОБИ		
4.1.	Технологик труба	202
4.2.	Технологик трубалар шартли диаметри ва уларнинг стандарт қатори	203
4.3.	Трубаларни танлаш	204
4.3.1.	Труба қувурларининг ҳисоби	206
4.4.	Трубаларни бирлаштирувчи деталлар	209
4.5.	Арматура конструкциялари	211
4.6.	Фланецли бирикма конструкциялари	216
4.6.1.	Фланецли бирикма ҳисоби	220
4.7.	Қистирма турлари ва материаллари	222
4.8.	Обечайка қалинлигининг ҳисоби	224

4.9.	Днишче қалинлигининг ҳисоби	225
4.10.	Таянчлар ҳисоби	226
4.11.	Тешикли панжара ҳисоби	229
4.12.	Компенсатор ҳисоби	229
4.13.	Барабан ҳисоби	232
4.14.	Аралаштиргич ўқининг ҳисоби	234
4.15.	Болт ва шпилька ҳисоби	236
4.16.	Труба қувурларини синаш	238
4.17.	Труба қувурларини эксплуатация қилиш	239
4.18.	Қурилмаларни шамол юкламасига ҳисоблаш	239
4.19.	Қурилмаларни сейсмик юкламага ҳисоблаш	245
4.20.	Асосий конструкцион материаллар ва уларни танлаш	247
5 - боб. КУРС ЛОЙИҲАНИ ГРАФИК БЕЗАШ		
5.1.	Тушунтириш хатининг таркиби	262
5.2.	Курс лойиҳа график қисмининг таркиби	262
5.3.	Умумий қўриниш чизмаларига қўйиладиган талаблар	264
	И Л О В А Л А Р	268
Чизма 1.	Қобик трубади иситкич	269
Чизма 2.	Икки йўлли қобик трубади иситкич	270
Чизма 3.	Линза компенсаторли қобик трубади иситкич	271
Чизма 4.	Турт йўлли қобик трубади иситкич	272
Чизма 5.	Олти йўлли қобик трубади иситкич	273
Чизма 6.	U-симон трубади қобик трубади иситкич	274
Чизма 7.	Буглатиш қурилмаси (тип 1, ижро 2)	275
Чизма 8.	Труба ичида труба типиди иситкич	276
Чизма 9.	Икки оқимли труба ичида труба типиди иситкич	277
Чизма 10.	Змеевикли иситкич	278
Чизма 11.	Спиралсимон иситкич	279
Чизма 12.	Пластинали иситкич	280
Чизма 13.	Блок графитли иситкич	281
Чизма 14.	Блок графитли иситкич	282
Чизма 15.	Ҳаво билан совутиладиган иссиқлик алмашиниш қурилмаси	283
Чизма 16.	Ҳаво билан совутиладиган иссиқлик алмашиниш қурилмаси	284
Чизма 17.	Эркин конвекцияли буглатиш қурилмаси (тип 1, ижро 1).	285
Чизма 18.	Эркин конвекцияли буглатиш қурилмаси (тип 1, ижро 2)	286
Чизма 19.	Эркин конвекцияли буглатиш қурилмаси (тип 1, ижро 3)	287
Чизма 20.	Мажбурий конвекцияли буглатиш қурилмаси (тип 2, ижро 1).	288
Чизма 21.	Мажбурий конвекцияли буглатиш қурилмаси (тип 2, ижро 2).	289
	Ўлчов бирликлар орасиди нисбатлар	290
И1-жадвал	Суюқлик ва сувли эритмалар зичликларининг температурага боғлиқлиги	292
И2-жадвал	Айрим суюқликларнинг зичликлари	293
И3-жадвал	Сувнинг физик хоссалари	293
И4-жадвал	Ҳавонинг физик хоссалари	293
И5-жадвал	Айрим газларнинг физик хоссалари	294
И6-жадвал	Суюқлик ва сувли эритмалар зичликларининг динамик ковушқоқлик коэффициентининг температурага боғлиқлиги	295

И7-жадвал	Суюклик ва сувли эритмалар сиртий таранглигининг температурага боғлиқлиги	296
И8-жадвал	Суюклик ва сувли эритмалар иссиқлик ўтказувчанлик коэффицентлари	297
И9-жадвал	$P_{абс}=1$ да газларнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффицентлари ...	298
И10-жадвал	Суюкликларнинг ҳажмий кенгайиш коэффицентлари	298
И11-жадвал	Суюклик ва сувли эритмалар ҳажмий кенгайиш коэффиценти β нинг температурага боғлиқлиги	298
И12-жадвал	Атмосфера босимида қайнайдиган айрим сувли эритмалар концентрациялари	299
И13-жадвал	Температуралар -20 дан 100°C гача ўзгарганда тўйинган сув бугининг босими	300
И14-жадвал	$P_{абс}=1$ да айрим бинар системалар учун суюклик ва бугнинг мувозанат таркиблари	301
И15-жадвал	Тўйинган сув буги хоссаларининг температурага боғлиқлиги	301
И16-жадвал	Айрим суюкликларнинг ўртача солиштира иссиқлик сифимлари ..	302
И17-жадвал	Айрим суюкликларнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффицентлари	303
И18-жадвал	Суюкликларнинг иссиқлик сифимларини аниқлаш номограммаси ..	304
И19-жадвал	Суюкликлар учун R критерийсининг қийматлари	305
И20-жадвал	Айрим органик суюкликларнинг физик хоссалари	306
И21-жадвал	Метал ва қотишмаларнинг зичлиги ρ ва иссиқлик ўтказувчанлик коэффицент λ лари	306
И22-жадвал	Иссиқлик бериш коэффиценти α нинг тахминий қийматлари	307
И23-жадвал	Иссиқлик элткичларнинг тавсия этиладиган тезликлари	307
И24-жадвал	Труба ички юзасининг нисбий гадир-будурликлари	307
И25-жадвал	Маҳаллий гидравлик қаршилик коэффицентлари	307
И26-жадвал	20x2 мм трубали ТН иситкич ва ХН совуткичларининг асосий характеристикалари	308
И27-жадвал	25x2 мм трубали ТН, ТК иситкич ва ХН, ХК совуткичларининг асосий характеристикалари	308
И28-жадвал	25x2 мм трубали ИН, ИК буғланиш ва КН, КК конденсаторларнинг асосий характеристикалари	309
И29-жадвал	Иссиқлик алмашилиш қурилмаларига қўйиладиган талаблар	310
И30-жадвал	Қобик трубали иситкич штуцерларининг шартли диаметрлари	310
И31-жадвал	Қобик трубали иситкичда сегмент тўсиқлар сони	311
И32-жадвал	Пулатлар учун рухсат этилган кучланишлар	312
	АДАБИЁТЛАР	313

КИРИШ

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

Саноат микёсида бундай жараёнларни ўтказиш учун турли конструкцияли иссиқлик алмашилиш қурилмаларидан фойдаланилади. Бу турдаги қурилмалар конструкцияси содда, эксплуатацияда ишончли ва иссиқлик алмашилиш юзаси 1000 м² ва ундан ортиқ бўлиши мумкин.

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

1. Қурилма иссиқлик юкмасини аниқлаш;
2. Танланган элткични асослаш;
3. Зарур иссиқлик алмашилиш юзасини тахминий ҳисоби;
4. Стандарт иссиқлик алмашилиш қурилмаси 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 қурилмасини лойиҳалаш.

Ушбу китобда иссиқлик алмашилиш қурилмаларини иссиқлик, гидравлик, механик ва конструктив ҳисоблашларни бажаришнинг кетма – кетлиги келтирилган. Унда иситкич, совуткич, конденсатор ва буглаткичлар конструкциялари, ҳамда элементлари (днийше, 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 умум муҳандислик фани бўлиб, талабаларга мутахассислик фанларни чуқур ўзлаштиришга, жараён ва қурилмаларнинг самарадорлигини ошириш ва технологик қурилмалардан унумли фойдаланиш йўлларини 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 ўқув қўлланма 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.

Мустақиллик даврида ватанимизда бир неча йирик корхоналар: Шўртан газ-кимё мажмуаси, Қўнғирот сода заводи, Дехқонобод калийли ўғитлар заводлари ишга туширилди ва узлуксиз равишда маҳсулот чиқариб келмоқда. Ундан ташқари, мамлакатимизнинг Қорақалпоғистон худудида 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. 19 апрель 2018 йилда Россиянинг «Лукойл» компанияси билан ҳамкорликда Қандим газни қайта ишлаш мажмуаси ишга туширилди ва йилига 8,1 млрд. м³ газ қайта ишлайди.

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 ёқилгиларнинг 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.

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

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

1-бобда машина, қурилма ва жиҳозларни 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 ўтган иссиқлик миқдорини 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 кўрсатиб берилган.

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

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, иссиқлик-физик хоссалари, ҳамда адабиётлар рўйхати берилган.

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

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

2. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Ҳ.С., Зокиров С.Ф. 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.Ф. 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.Ф., Бабаев З.К. ва бошқалар. Гидравлика, гидромашина ва гидроюритмалар. – 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.

Ушбу дарслик ТошКТИ, УрДУ, ФарПИ ва ТошДТУ профессор-ўқитувчиларининг қўп йиллик самарали ишлаш тажрибасига таяниб ёзилган. Китобнинг кириш қисми, глоссарий ва 1-боби Ҳ.С.Нурмухамедов, Х.Ф. Джўраев ва К.Ф.Каримов, 2-боби З.К. Бабаев ва Ш.К.Матчонов, 3-боби Ш.М.Маматов ва Ж.Э.Сафаров, 4-боби ва китобнинг якунидаги иловалар Н.А.Аннаев ва С.К.Ниғмаджоновлар ва 5-боби эса Б.С.Усмонов 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 ва магистр Ж.В.Султоновларга ўз миннатдорчилигимизни билдирамыз.

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

1. «Жараён ва қурилмалар» фанининг келиб чиқиши, мазмуни ва моҳияти

Ушбу фанни келиб чиқишида Россия, АҚШ олим ва муҳандисларининг хиссалари катта. Биринчи бўлиб, 1828 йилда кимё саноатининг турли соҳаларида қўлланиладиган асосий жараён ва қурилмаларнинг умумий катори тўғрисидаги ғояни проф. Ф.А.Денисов билдирди. Сўнг эса, Д.И.Менделеев кимёвий технология асосий жараёнларининг классификациясини тузиб чиқди. XIX асрнинг охирида Санкт-Петербург технология институтининг профессори А.К.Крупский «Асосий жараёнлар ва қурилмаларни ҳисоблаш ва лойиҳалаш» фани бўйича маъруза ўқий бошлади.

Ундан кейин, Москва олий техника университети (МВТУ) да проф.И.А.Тишенко ушбу фан бўйича маъруза ўқийди. Шунинг учун, профессорлар А.К.Крупский ва И.А.Тишченколр «Жараёнлар ва қурилмалар» фанининг асосчилари ҳисобланади.

1923 йили АҚШ олимлари Уокер, Льюис ва Мак-Адамсларнинг «Жараён ва қурилмаларнинг принциплари» номли китоби чоп этилади.

«Жараён ва қурилмалар» тўғрисидаги фаннинг айрим бўлимларини ишлаб чиқишда проф.И.А.Тишенко (буғлатиш қурилмаларини ҳисоблаш назарияси), проф.Д.П.Коновалов (суюқ аралашмаларни ҳайдашнинг назарий асослари), проф.Л.Ф.Фокин ва проф.К.Ф.Павлов (оригинал ва чуқур мазмунли монографиялари) катта хисса қўшишди. 1935 йилда проф.А.Г. Касаткин томонидан «Кимёвий технологиянинг асосий жараёнлари ва қурилмалари» дарслигининг чоп этилиши, уни фан сифатида тан олинишида ва ривожланишида муҳим аҳамиятга эга бўлди.

Проф.Д.П.Коновалов кимёвий технология фанининг асосий вазифасини қуйидагича «Кимёвий технологиянинг энг асосий вазифаси шундаким, у жараёнлар ўтиши учун энг қулай шарт-шароитларни топиш ва уларга мос саноат асбоблари ва механик ускуналар лойиҳалаштириш» - деб белгилган.

«Жараён ва қурилмалар» бакалаврларни тайёрлашда умуммухандислик фани бўлиб, «Кимёвий технология», «Технологик машина ва жихозлар» ва кўпгина бошқа таълим йўналишларидаги 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 кўпчилик таникли 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, озик-овқат, нефт ва нефт маҳсулотларини қайта ишлаш, фармацевтика ва халқ ҳўжалиги 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, озик-овқат ва бошқа саноат технологиялари мураккаб ва кўпинча бир неча жараёнлардан ташкил топган бўлади.

Ушбу дарслиқда 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 излашниш ва тажрибалар қилинган 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. Ушбу фан «Кимёвий технология ва биотехнология», «Озик-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 мухандислик дунёқарашга эга мутахассислар бўлишида алоҳида ўрин эгаллайди.

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 усулларини 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* – 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 катталиқни тезлик коэффициенти деб белгиласак, гидромеханик жараёнлар учун кинетик тенглама ушбу кўринишга эга бўлади:

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

бу ерда, V – оқиб ўтадиган суюқлик миқдори; F – кўндаланг кесим юзаси; τ – вақт; K_1 – жараён тезлик коэффициенти; ΔP – жараённи ҳаракатга келтирувчи куч (босимлар фарқи); R_1 – гидравлик қаршилик.

Иссиқлик алмашилиш жараёнлари – бу шундай жараёнларки, уларда, температураси юқори жисм (ёки муҳит) дан температураси паст жисмга иссиқлик ўтади. Уларга иситиш,

* - processus (лотинча) – ҳаракат;

** - apparatus (лотинча) – қурилма.

пастеризация, стерилизация, совитиш, буғлатиш, конденсациялаш ва бошқалар киради. Иссиклик алмашиниш жараёнларининг тезлиги иссиклик ўтказиш қонунлари билан аниқланади ва қуйидаги кинетик тенглама орқали ифодаланади:

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

бу ерда, Q – ўтказилган иссиклик миқдори; F – иссиклик алмашиниш юзаси; K_2 – иссиклик ўтказиш коэффициент; R_2 – термик қаршилиқ; Δt – ўртача температуралар фарқи.

Масса алмашиниш 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, қуриштириш, ион алмашиниш ва бошқалар киради.

Масса алмашиниш жараёнларининг 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 – жараённи ҳаракатга келтирувчи куч, ўртача концентрациялар фарқи; K_3 – масса ўтказиш коэффициент; 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 жараённинг 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 коэффициент; $f(c)$ – жараённи ҳаракатга келтирувчи куч бўлиб, реакцияда иштирок этувчи моддалар концентрацияларининг функцияси.

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

$$I = l \cdot x$$

бу ерда, I – жараённи ўтиш тезлиги; x – жараённи ҳаракатга келтирувчи куч, турли қатталиқлар фарқи (босим, температура, концентрация); l – ўтказувчанлик коэффициент, бирор жараён учун скаляр қатталиқ бўлиб, қаршилиққа тесқари қатталиқ.

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

Кинетик тенгламалар тахлили жараённи интенсификациянинг умумий принципларини аниқлаш имконини беради.

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

Исталган жараён тахлил 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. Асосий ҳисоблаш параметрлари

Конструкция материалларни танлашда ва машина ва қурилмалар элементларини мустаҳкамлик ҳисобини бажаришда асосий ҳисобланувчи параметрлар бу температура ва босимдир[5-7].

Температура одатда 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 ҳисобиёки 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 ҳимояловчи 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 $(P_p/P) \cdot 100\% \leq 5\%$, бўлса, уҳолда $P_p=P$.

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_n – тайёрланган ёки вақти-вақти билан эксплуатация жараёнида қурилма мустаҳкамлиги ва зичланишини текшириш ортиқча босимёки 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 бугларининг босими 0,07 МПа дан ортмайдиган суюлтирилган газларни транспортировка қилиш цистерна ва бочкаларига;
- суюлтирилган газ, суюқлик ва сочилувчан материалларни босимсиз транспортировка қилиш, сақлаш учун цистерна ва идишлар. Лекин, уларни бўшатиш учун босими 0,07 МПа дан 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) буг ва сув ёрдамида иситиш жихозларига;

б) ҳажми 25 литрдан кам бўлган идиш ва баллонларга;

в) нометалл материаллардан ясалган идишларга;

г) трубагининг диаметри қандай бўлишидан қатъий назар трубаги ўтхоналарга.

Шуни айтиш керакки, ноль градусдан паст температурада ишловчи қурилма ва элементлар учун P_u худди 20°C температураники қабул қилинади. Қурилма ва идиш деворларининг температураси $+200^{\circ}\text{C}$ дан $+400^{\circ}\text{C}$ гача бўлганда, $P_u < 1,5$, $+400^{\circ}\text{C}$ 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

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.		

Одатда, вакуум остида ишлайдиган қурилмаларни 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 ; 20°C), бу ерда t_c – муҳитнинг энг юқори температураси; ноль градусдан паст температураларда $t=20^{\circ}\text{C}$.

Шартли босим P_y – 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.

1.2. Қурилмаларни лойиҳалаш асослари

Биринчи критерий – бу иссиқлик алмашиниш қурилмасининг ишончли ишлашини таъминловчи мезон бўлиб, бир профилактик таъмирлашдан иккинчисигача белгиланган босимлар фарқи ва труба юзасида чуқиндилар қатламининг ортишига қарамадан мўътадил ишлашини ифодалайди [8-13].

Иккинчи критерий – бу қурилма ва жиҳозлар 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 қиради. Танланган материал ва қурилма конструкцияси атроф муҳит ва элткичлар таъсирида коррозияга дучор бўлмаслигини таъминлаши даркор.

Учинчи критерий – бу вақти-вақти билан коррозия, эрозия, тебраниш ёки чарчашга дучор бўлган трубаюзаларини 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 нави (сортаменти), ҳамда зичлаш, захира трубаларни сақлаш ва кўрсатиш бўйича чеклашлар ўрнатилиши мумкин.

Мухандислик амалиётида иссиқлик алмашиниш 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 алмашиниш юзасини аниқлашдир. Конструктив ҳисоблашлар мавжуд қурилмаларни эксплуатация қилиш тажрибаси ёки илмий-тадқиқот ва тажриба-конструкторлик ишланмалар, ҳамда ўтказилган синов натижаларига таяниб қурилманинг типини аниқланади. Ундан ташқари, янги қурилманинг конструктив схемаси, элткичларнинг ҳаракат йўналишлари ва конструктив элементларни тайёрлаш учун материаллар танланади. Айрим ҳолларда баъзи бир катталиқлар олдиндан берилган бўлади. Масалан, труба диаметри ва узунлиги, элткичлар тезликлари, гидравлик қаршилик ва ҳ.

1.3. Трубаларнинг 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 [14-19].

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, тирсақлар (1-3, 1-4, 1-5 жадваллар), жўмрак, ёпувчи ва ростловчи ускуна (вентил, задвижка, тикинли кран 4.5...4.12-расмлар) ва бошқалар қиради.

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

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

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

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

бу ерда l ва d_s – труба узунлиги ва диаметри; ρ – суюқлик ва зичлиги; λ – ишқаланиш коэффициенти; w – оқим тезлиги; $\sum \xi_{\text{мк}}$ – маҳаллий қаршиликлар йиғиндиси.

Эквивалент диаметр ушбу формуладан аниқланади:

$$d_s = 4F / \Pi \quad (1.4)$$

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

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

бу ерда B – қўндаланг кесим шаклига боғлиқ коэффициент, квадрат кесим учун $B=57$, думалок кесим учун $B=96$ ва ҳоказо. $\text{Re} = wd_s \rho / \mu$ – Рейнольдс сони.

Гидравлик силлиқ трубалар учун ($2320 < Re < 10^4$) гидравлик каршилиқ коэффициентини Блазиуснинг эмпирик формуласидан:

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

ёки Конаков формуласидан аниқланиши мумкин:

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

гадир-будур трубалар учун гидравлик каршилиқ коэффициентини ушбу функция кўринишида ифодаланади:

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

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

1-2 жадвал

Гадир-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, кўргошин ва шиша трубалар	0,0015-0,01

Одатда, махаллий каршилиқ коэффициентини ξ нинг қийматлари каршилиқ тури ва суюқликнинг ҳаракат режимига боғлиқ.

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

1. Трубадан чиқиш: $\xi = 1$.

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

Бурчак φ , градус	20	30	45	60	90	110	130	150	180
A	0,31	0,45	0,60	0,78	1,00	1,13	1,20	1,28	1,40

3. Бу ерда B коэффициент труба букилиш радиуси R_0 нинг труба ички диаметри d га нисбатига боғлиқ.:

R_0/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

4. 90° (угольник) бурчакли тирсак:

d , мм	12,5	25	37	50	>50
ξ	2,2	2,0	1,6	1,1	1,1

5. Нормал вентиль (тўлик очик):

d , 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 (тўлик очик). $Re \geq 3 \cdot 10^5$

d , 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	10000	20000	50000	100000	200000
k	1,40	1,07	0,94	0,88	0,91	0,93

7. 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

8. 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

9. 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						
$\xi_{\text{сорта}}$	-1,2	-0,4	0,08	0,47	0,72	0,91
$\xi_{\text{ч}}$	0,04	0,17	0,30	0,41	0,51	0,60
Оқимнинг магистралдан чиқишида						
$\xi_{\text{сорта}}$	0,95	0,88	0,89	0,95	1,10	1,28
$\xi_{\text{ч}}$	0,04	-0,08	-0,05	0,07	0,21	0,35

10. Задвижка:

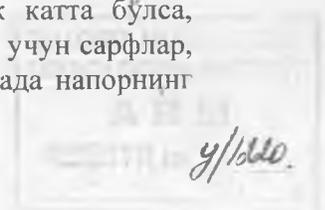
d , мм	15-100	175-200	300 ва юқори
ξ	0,5	0,25	0,15

1.4. Трубаларнинг 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 жангклиниши керак. Шунини 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 грубада напорнинг



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

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

Суюқлик эркин ҳаракатланиши:	
Қовушқок	0,1 - 0,5
Қовушқоклиги кичик	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 (вентилатордан)	4 - 15
Юқори т босимда(компрессордан)	15 - 25
Буглар	
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. Насос ва вентилаторлар ҳисоби

Насослар. Кимё, нефт ва газни қайта ишлаш саноатларида асосан поршенли, марказдан қочма, ўкли насослар қўлланилади. Уларни лойиҳалаш босқичида насос ёрдамида узатиладиган суюқлик ёки газларнинг маълум унумдорлиги учун зарур напор ва қувватни аниқлаш зарур бўлади, чунки ушбу кўрсаткичлар бўйича аниқ насоснинг типи танланади [24, 25, 27].

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 солиштира энергиясидир.

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

$$N_\phi = \rho g V H \quad (1.9)$$

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

$$N_e = \frac{N_\phi}{\eta_n} = \frac{\rho g V H}{\eta_n} \quad (1.10)$$

Насос йўқотган энергияси конструкциянинг мукамаллиги, ишлатиш самарадорлиги ва насоснинг едирилишини ҳисобга олади:

$$\eta_n = \eta_v \cdot \eta_f \cdot \eta_{гидр} \quad (1.11)$$

бу ерда, η_v – узатиш ф.и.к.; суюқликнинг клапан, сальник, хар хил тиркишлардан оқиб чикиб кетишини ҳисобга олади, яъни $\eta_v = V/V_{наз}$, хақиқий унумдорликнинг назарий унумдорликка нисбатини характерлайди; $\eta_{гидр}$ – гидравлик

ф.и.к.; $\eta_z = H/H_{на}$ – ҳажмий напорни назарий напорга нисбатини билдиради; $\eta_{мех}$ – механик ф.и.к.; подшипник, сальник ва бошка элементларда ишқаланишга йўқотилган қувват.

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

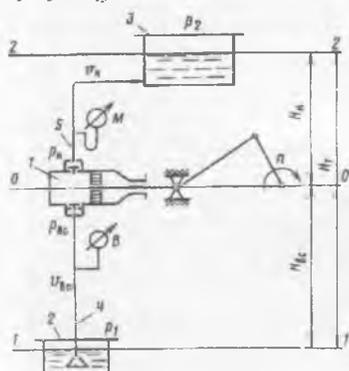
1-6 жадвал

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

$$N_{эю} = \frac{N_e}{\eta_n \cdot \eta_{уз} \cdot \eta_{эю}} = \frac{\rho g V H}{\eta_n \cdot \eta_z \cdot \eta_{мех} \cdot \eta_{уз} \cdot \eta_{эю}} \quad (1.12)$$

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



1.1-расм. Насос қурилмасининг схемаси.

Насос қурилмасининг тўлиқ фойдали иш коэффициентини:

$$\eta = \frac{N_{ф}}{N_{эю}} = \eta_n \cdot \eta_{уз} \cdot \eta_{эю} \quad (1.13)$$

бу ерда $N_{эю}$ – юриткич истеъмол қуввати; $\eta_{уз}$ – узатиш ф.и.к.; $\eta_{эю}$ – юриткич ф.и.к.

Юриткичнинг ўрнатиш қуввати, насосни ишга тушириш ониди (вақтида)ги $N_{эю}$ ортиқча юкланишини инobatга 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
$\eta_{эю}$	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

$$N_{ур} = \beta \cdot N_{эю} \quad (1.14)$$

бу ерда β қувватнинг захира коэффициентини, бу электр юриткичнинг қувватига қараб 2,0 дан 1,1 гача олинади.

Электр юриткичнинг қуввати қанча юқори 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 юриткичнинг тармоқдан истеъмол қилаётган $N_{эю}$ қуввати номинал қувватдан кўпроқ, чунки электр юриткичнинг ўзида ҳам йўқотилишлар мавжуд:

$$N_{эю} = \frac{N_{ном}}{\eta_{эю}} \quad (1.15)$$

бу ерда $\eta_{эю}$ – электр юриткич фойдали иш коэффициентини.

Насос технологик схемага ўрнатилаётганда, шуни инобатга олиш керакки, сўриш баландлиги $H_{\text{сўр}}$ куйидаги формулада ҳисоблаб топилган қийматдан катта бўлмаслиги керак (1.1-расм):

$$H_{\text{сўр}} \leq \frac{p_1}{\rho g} - \left(\frac{p_1}{\rho g} + \frac{w_{\text{сўр}}^2}{2g} + h_{\text{зых. сўр.}} + h_{\text{зак}} \right) \quad (1.16)$$

бу ерда p_1 -узатилаётган суюқлик тўйинган буғининг ишчи температурадаги босими; $w_{\text{сўр}}$ -насоснинг сўриш патрубкисидаги суюқлик тезлиги; $h_{\text{зых. сўр.}}$ -насоснинг сўриш патрубкисидаги суюқлик напорининг йукотилиши; $h_{\text{зак}}$ -кавитация бўлмаслиги учун зарур напор захираси (марказдан қочма насосларда).

Марказдан қочма насослар учун

$$h_{\text{зак}} = 0,3 \cdot (Q \cdot n^2)^{2/3} \quad (1.17)$$

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

Поршенли насослар учун (сўриш йўлида ҳаволи қалпоқ бўлганда):

$$h_{\text{зак}} = 1,2 \frac{l}{g} \cdot \frac{f_1}{f_2} \cdot \frac{u^2}{r} \quad (1.18)$$

бу ерда l - насоснинг сўриш патрубкисидаги суюқлик устунинг баландлиги (қалпоқ ичидаги суюқликнинг эркин юзасидан ҳисобланади); f_1, f_2 -поршень ва труба қундаланг 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

$n, 1/\text{с}$	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:

$$H = \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + h_n \quad (1.19)$$

бу ерда p_1 - сўриш патрубкисидаги босим; p_2 - хайдаш патрубкисидаги босим; h_n - сўриш ва хайдаш патрубкисидики жами напорнинг йукотилиши.

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 $\eta_{\text{вз}}=1$, камарли узатмада эса $\eta_{\text{вз}}=0,92$.

Марказдан қочма насосларнинг техник характеристикалари

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

Қўп 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
ОВ5-47	0,70	4,5	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
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
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 сувга ўхшаш 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 киймаглари оптимал ф.и.к га мос келади.

Ўқли циркуляцион насосларнинг техник характеристикалари

Насос типи	$Q, м^3/с$	$H,$ м.суюқ.уст	$n, 1/с$	Электр юриткич		
				тип	$N_n, кВт$	$\eta_{ю}$
ОХ2-23Г	0,111	4,5	24,1	А02-62-4	17	0,89
ОХ6-34ГА	0,278	4,5	24,5	А02-81-4	40	-
ОХ6-34Г	0,444	4,5	24,5	А02-82-4	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 температураси 150°C ва зичлиги 1500 кг/м³ гача бўлган агрессив суюқликларни циркуляция қилиш учун мўлжалланган (насос ОХ6-46Г - 106°C гача, насос ОХ6-87Г 2-137°C гача).

Уюрмавий насослар (кичик унумдорлик) техник характеристикалари

Насос типи	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$H, \text{ м суюк.уст.}$	$n, \text{ 1/с}$	η_n
BC-0,5/18	0,00040	24	24,15	0,38
	0,00050	18		
	0,00058	12		
BK 1/16	0,00080	22	24,15	0,25
	0,00100	16		
	0,00106	14		
BK-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 дан юқори бўлмаган сув ва бошка суюқликларни узатиш учун режалаштирилган.

Унумдорлиги ростланадиган плунжерли насослар техник характеристикалари

Насос тури	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$H, \text{ м.суюк.уст.}$	Электр юриткич			
			тип	$n, \text{ 1/с}$	$N, \text{ кВт}$	$\eta_{\text{ЭЮ}}$
НД 630/10	$1,75 \cdot 10^{-4}$	100	BAO-21-4	25	1,1	0,76
НД 1000/10	$2,78 \cdot 10^{-4}$	100	AO2-31-4	25	2,2	-
НД 1600/10	$4,45 \cdot 10^{-4}$	100	AO2-32-4	25	3,0	-
			BAO-32-4	-	3,0	0,82
НД 2500/10	$6,95 \cdot 10^{-4}$	100	AO2-32-4	25	3,0	-
			BAO-32-4	-	3,0	0,82
ДК-64	$1,75 \cdot 10^{-4}$	630	BAO-21-4	25	3,0	0,82
ХТр 10/100	$2,78 \cdot 10^{-4}$	1000	BAO-82-2	-	55	-

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

Марказдан қочма вентиляторлар техник характеристикалари

Насос типи	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$\rho gH, \text{ Па}$	$n, \text{ 1/с}$	η_n	Электр юриткич		
					тип	$N_n, \text{ кВт}$	$\eta_{\text{ЭЮ}}$
B-Ц14-46-5K-02	3,67	2360	24,1	0,71	A02-61-4	13	0,88
	4,44	2450			A02-62-4	17	0,89
	5,55	2550			A02-71-4	22	-
B-Ц14-46-8K-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
B-Ц14-46-8K-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
B-Ц12-49 8-01	12,50	5500	24,15	0,68	4A280S4	110	-
	15,25	5600			4A280M4	132	-
	18,0	5700			4A315S4	160	-
ЦП-40-8K	1,39-6,95	1470-3820	26,65	0,61	-	-	-
Кичик унумдорли вентиляторлар							
марка	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$\rho gH, \text{ Па}$	$n, \text{ 1/с}$	марка	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$\rho gH, \text{ Па}$	$n, \text{ 1/с}$
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

Газодувкалар техник характеристикалари

марка	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$\rho gH, \text{ Па}$	$n, \text{ 1/с}$	Электр юриткич		
				тип	$N_n, \text{ кВт}$	$\eta_{\text{эю}}$
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. $\rho gH \leq 12000 \text{ Па}$ бўлган газодувкалар уқори босимли вентилятор деб ҳисоблаш керак;
 $\rho gH \geq 18000 \text{ Па}$ бўлган газодувкаларни компрессорлар деб ҳисоблаш зарур.

Масала 1.

Ортиқча босими 0,1 МПа бўлган қурилмага усти очик идишдан температураси 20°C бўлган сувни узатиш учун насос ҳисоблансин ва танлансин. Сув сарфи $1,2 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3/\text{с}$. Сувни кўтариш баландлиги 15 м. Сўриш линиясида труба қувурининг узунлиги 10 м, ҳайдаш линиясида 40 м. Ҳайдаш линиясидаиккита 120° ли, ўнта 90° ли бурилишлар ва иккита вентиль 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 қувури диаметрини аниқлаймиз:

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

Труба қувурини коррозияга бардош 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 қиймагда суюқлик ҳаракати турбулент. Труба қувурининг абсолют гадир-будурлигини $\Delta = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}$ деб қабул қиламиз. Унда,

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

Сўнг, ушбу қийматларни оламиз:

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

Шундай қилиб, труба қувурида аралаш ишқаланиш режими мавжуд бўлгани учун, гидравлик қаршилик коэффициенти 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 киррали): $\xi_1=0,5$;

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 йиғиндисини:

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

Сўриш линиясида напорнинг йўқотилиши (1.2) формуладан топилади:

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

Ҳайдаш линиясида:

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

2) 90° бурилиш: $\xi_2 = 0,09$;

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

4) трубадан чиқиш: $\xi_4=1$;

Ҳайдаш йўлидаги ҳамма маҳаллий қаршиликлар йиғиндисини:

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

Ҳайдаш 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 куйидаги формуладан топамиз:

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

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 (1.9) формуладан топамиз:

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

$\eta_{уз}=1$ ва $\eta_n=1$ (ўргача унумдорликка эга насос учун) деб қабул қилиб, (1.12) 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 куйидагича:

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

$$H = 31 \text{ м};$$

$$\eta_n = 0,6$$

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

г) Чегаравий сўриш баландлигини аниқлаш: (1.17) 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 патрубкисининг диаметри труба қувурининг диаметрига тенг деб қабул қиламиз.

Унда (1.15) формуладан қуйидагини аниқлаймиз:

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

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

Масала 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 $\rho_m = 800 \text{ кг}/\text{м}^3$, ўртача ўлчами $d_u = 0,00205 \text{ м}$, шакл омили $\Phi = 0,8$. Қўзғалмас сорбент қатламининг баландлиги 0,95 м, ғоваклилиги $\epsilon = 0,4$. 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.

Қурилмада 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 проф.О.М.Тодес формуласи 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 ушбу формула орқали топамиз:

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

Коэффициент λ қийматини ушбу формула ёрдамида ҳисобланади:

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

Қатлам гидравлик қаршилиги қуйидаги 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:

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

Труба қувурида ҳавонинг тезлигини $w = 15 \text{ м/с}$ деб қабул қиламиз. Унда труба қувурининг диаметри (1.8) формуладан аниқланади:

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

Труба қувуридаги оқим учун Рейнольдс сони қуйидагига тенг:

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

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

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

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

$$17730 < Re = 260100 < 993000$$

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

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

Маҳаллий қаршилик коэффициентлар қийматларини топамиз:

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

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 (1.9) формула орқали аниқланади:

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

$\eta_{пер} = 1$ ва $\eta_n = 0,6$ деб қабул қилиб, (1.11) 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:

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

2-боб. ИССИҚЛИК АЛМАШИНИШ ҚУРИЛМАЛАРИ



2.1. Иссиқлик алмашиниш асослари

Температураси юқори бўлган жисмдан температураси паст жисмга иссиқликнинг ўз - ўзидан, қайтмас ўтиш жараёнига иссиқлик алмашиниш дейилади.

Жараённи ҳаракатга келтирувчи куч, бу ҳар хил температурали бўлган жисмларнинг **температуралар фаркидир**. Термодинамиканинг 2-қонунига биноан, иссиқлик ҳар доим температураси юқори жисмдан температураси паст жисмга ўтади.

Иссиқлик (иссиқлик миқдори) - бу иссиқлик алмашиниш жараёнининг энергетик характеристикаси бўлиб, жараён мобайнида узатилган ёки олинган энергия миқдори билан белгиланади. Иссиқлик алмашиниш жараёнида иштирок этувчи жисмлар иссиқлик ташувчи элткич ёки **иссиқлик элткич** деб номланади.

Иссиқлик ўтказиш - иссиқлик энергиясининг тарқалиш жараёнлари тўғрисидаги фан.

Иссиқлик алмашиниш жараёнларига иситиш, совитиш, конденсациялаш, буғланиш ва буғлатишлар қиради. Ушбу жараёнларни амалга ошириш учун мўлжалланган қурилмалар иссиқлик алмашиниш қурилмалари деб аталади.

Маълумки, иссиқлик алмашиниш жараёнларида камида 2 та турли температурали муҳитлар иштирок этади. Ўз иссиқлик энергиясини узатувчи, юқори температурали муҳит - иссиқлик элткич деб аталса, иссиқлик энергиясини қабул қилувчи паст температурали муҳит эса - **совуқлик элткич** деб аталади.

Иссиқлик ва совуқлик элткичлар кимёвий бардошли бўлиши, қурилмаларни емирмаслиги ва унинг деворларида қаттиқ, говак, ўтиринди ҳосил қилмаслиги керак. Шунинг учун, иссиқлик ёки совуқлик элткичларни танлашда жараён температураси, нархи ва уларни қўлланиш соҳалари каби кўрсаткичларга катта аҳамият бериш керак.

2-1 жадвал

Иссиқлик (совуқлик) элткичларнинг турлари

т/р	Иссиқлик элткичнинг номи	Ишчи шароитлар	
		Температура, °С	Босим, МПа
1.	Гелий	≤ -272	≤ 0,1
2.	Водород	≤ -257	≤ 1,0
3.	Азот, кислород, ҳаво	≤ -210	≤ 20,0
4.	Метан	-100...-160	≤ 4,0
5.	Этан, этилен, фреонлар	-70...-150	≤ 4,0
6.	Аммиак, олтингургурт ва углерод диоксида, фреон -12,22	0...-70	≤ 1,5
7.	Этиленгликоль	0...-65	≤ 0,1
8.	Кальций хлорид эритмаси	0...-50	≤ 0,1
9.	Фреон -11, 21, 113, 114	0...-10	≤ 0,3
10.	Сув	0...-100	0,1
11.	Тўйинган сув буғи	100...374	0,1...22,5
12.	Газойль	0...250	0,1...4,0
13.	Дифенил, дифенилоксид, дифенил аралашмалари (юқори температурали органик элткичлар)	200...300	0,1
14.	Силиконлар (юқори молекулали кремний органик бирикма)	260...350	0,1...0,6
15.	Қалай ва сурмаларнинг кўрғошин билан қотишмаси	320	0,1
16.	НТС қуюқ эритмаси (40% NaNO ₂ , 17% NaNO ₃ ва 53% KNO ₃)	400	0,1
17.	Тутун газлари	150...530	0,1
18.	Қаттиқ иссиқлик элткичлар (шамот, алунд ва хоказо)	420...1000 ≤ 1500	0,1
19.	Газлардан электр разряди ўтганда ҳосил бўлган газлар	≤ 3500	0,1

Температураси турли бўлган муҳитлар орасида иссиқлик ўтказиш турғун ва нотурғун шароитларда амалга ошиши мумкин.

Турғун жараёнларда қурилманинг температура майдони вақт ўтиши билан

ўзгармайди. Нотурғун жараёнларда эса, вақт ўтиши билан температура ўзгаради. Узлуксиз ишлайдиган қурилмаларда жараёнлар турғун боради, узлукли (даврий) ишлайдиган қурилмаларда эса - жараёнлар нотурғун бўлади. Ундан ташқари, даврий ишлайдиган қурилмаларни юргизиш ва тўхтатиш, ҳамда иш режимлари ўзгарган ҳолларда нотурғун жараёнлар содир бўлади.

Иссиқлик ўтказиш жараёнининг асосий кинетик характеристикалари бўлиб, ўртача температуралар фарқи, иссиқлик ўтказиш коэффициентлари ва узатилаётган иссиқлик миқдорлари ҳисобланади. Иссиқлик алмашилиш қурилмаларини ҳисоблашда қуйидаги параметрлар топилади [29,30]:

1. Иссиқлик оқими (қурилманинг иссиқлик юкламаси), яъни иссиқлик миқдори Q ҳисобланади. Иссиқлик оқимини аниқлаш учун иссиқлик баланси тузилади ва у Q га нисбатан ечиб топилади;

2. Берилган вақт ичида зарур иссиқлик миқдорини узатишни таъминловчи қурилманинг иссиқлик алмашилиш юзаси аниқланади.

Бунинг учун иссиқлик ўтказишнинг асосий тенгламасидан фойдаланилади.

Иссиқлик асосан 3 усулда узатилиши мумкин. Иссиқлик ўтказувчанлик, конвекция ва иссиқлик нурланиши.

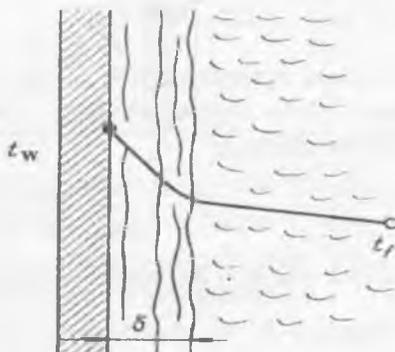
2.2. Конвектив иссиқлик алмашилиш

Суюқлик массаси турбулентлиги қанчалик юқори ва унинг заррачалари жадал равишда аралаштирилса, конвекция усулида иссиқлик алмашилиш шунчалик интенсив бўлади. Шундай қилиб, конвектив иссиқлик алмашилиш, иссиқликнинг механик узатилиши ва суюқлик ҳаракати гидродинамикасига қаттиқ боғлиқдир.

Иссиқлик алмашилиш жараёнида қатнашаётган суюқлик икки қатламдан ташкил топган, яъни чегаравий қатлам ва оқим ўзаги (ядроси) дан.

Оқим ўзаги иссиқлик ўтиш вақтининг ўзида ҳам конвекция, ҳам иссиқлик ўтказувчанлик усулларида амалга ошади. Бундай иссиқлик алмашилиш **конвектив иссиқлик алмашилиш** дейилади (2.1-расм).

Иссиқликнинг қаттиқ жисм юзасидан суюқлик (ёки газ) га ёки суюқлик (ёки газ) дан қаттиқ жисм юзасига ўтиши **иссиқлик бериш** деб номланади.



2.1-расм. Конвектив иссиқлик алмашилиш схемаси.

Девор юзасидан чегаравий қатлам орқали энергия иссиқлик ўтказувчанлик усули билан ўтади. Чегаравий қатламдан эса, суюқлик ўзагига энергия асосан конвекция усулида узатилади. Иссиқлик энергиясининг девор юзасидан суюқликка узатилиш жараёнига оқимнинг ҳаракат режими катта таъсир қилади.

Конвектив иссиқлик алмашилиш асосан 2 хил бўлади, яъни **эркин** (ёки **табiiй**) ва **мажбурий** конвекция. Суюқлик ҳажмининг турли нуқталаридаги зичликларнинг фарқи туфайли рўй берадиган иссиқлик алмашилишга **эркин конвекция** дейилади. Бу жараёнга

суюқликнинг физик хоссалари, унинг ҳажми, совуқ ва иссиқ заррачалари орасидаги температуралар фарқи катта таъсир кўрсатади.

Бутун суюқлик ҳажмининг ташқи кучлари таъсири натижасида рўй берадиган иссиқлик алмашилишига **мажбурий конвекция** дейилади. Суюқликнинг ҳаракати насос, аралаштиргич, вентиляторлар ёрдамида амалга оширилиши мумкин. Бу жараёнга суюқликнинг физик хоссалари, унинг тезлиги, каналнинг шакли ва ўлчамлари салмоқли таъсир этади.

Суюқликнинг турбулент ҳаракат режимида ламинар режимдагига қараганда иссиқлик алмашилиши анча интенсив бўлади.

2.3. Конвектив иссиқлик алмашилишининг ўхшашлик критерий ва тенгламалари

Нуссельт критерийси девор ва суюқлик ўртасидаги чегарада иссиқлик алмашилиши жараёни интенсивлигини характерлайди.

$$Nu = \frac{\alpha l}{\lambda} \quad (2.1)$$

бу ерда α - иссиқлик бериш коэффиценти, Вт/(м²·К); l - геометрик ўлчам, м; λ - муҳитнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти, Вт/(м·К).

Ушбу критерий чегаравий қатлам қалинлиги δ нинг аниқловчи геометрик ўлчам (труба учун унинг диаметри d) га нисбатини характерлайди.

Фурье критерийси нотурғун иссиқлик алмашилиши жараёнларида температура майдонининг ўзгариш тезлиги, муҳитнинг ўлчами ва физик катталиклари ўртасидаги боғлиқликларни характерлайди.

$$Fo = \frac{a\tau}{l^2} \quad (2.2)$$

Пекле критерийси суюқлик оқимида конвекция ва иссиқлик ўтказувчанлик усуллари билан иссиқлик тарқалиш нисбатини характерлайди.

$$Pe = \frac{wl}{a} \quad (2.3)$$

Одатда, Пекле критерийси иккита ўхшашлик критерийларининг кўпайтмаси кўринишида келтирилади:

$$Pe = \frac{wl}{a} = \frac{wl}{v} \cdot \frac{v}{a} = Re \cdot Pr$$

Прандтл критерийси суюқлик қовушқоқлиги ва температура ўтказувчанлиги хоссаларининг нисбатини ифода этади. Ушбу критерий фақат суюқликларнинг диффузион - иссиқлик параметрлари ёрдамида аниқланади:

$$Pr = \frac{v}{a} = \frac{\mu}{a\rho} = \frac{\mu g}{a\gamma} \quad (2.4)$$

Грасгоф критерийси табиий конвекция жараёнидаги суюқлик оқимининг гидродинамик режимини характерлайди:

$$Gr = \frac{gl^3}{v^2} \beta \cdot \Delta t \quad (2.5)$$

бу ерда Δt - девор ва суюқликлар ўртасидаги температуралар фарқи, К; β - суюқликнинг ҳажмий кенгайиш коэффиценти; g - эркин тушиши тезланиши, м/с².

Айрим ҳолларда Нуссельт критерийси ўрнига конвектив иссиқлик алмашилиши критерийси, Стентон критерийсини, ҳам қўллаш мумкин:

$$St = \frac{Nu}{Pe} = \frac{\alpha}{c_p \rho w} \quad (2.6)$$

Ушбу критерий иссиқлик бериш интенсивлигини суюқлик иссиқлик оқимига нисбатини аниқлайди.

Юқорида келтириб чиқарилган ўхшашлик критерийлари конвектив иссиқлик алмашишининг ўхшашлик тенгламасини аниқлаш имконини беради:

$$f(Re, Nu, Pr, Fo, Gr) = 0 \quad (2.7)$$

Ушбу тенгламада фақат Нуссельт Nu сони аниқловчи бўлганлиги учун, (2.7) тенглама куйидаги кўринишда ёзилади:

$$Nu = f(Re, Pr, Gr, Fo) \quad (2.8)$$

Иссиқлик алмашишининг жараёнининг аниқ масалаларини ечишда тенгламани анча соддалаштириш мумкин.

Тургун иссиқлик алмашишининг жараёнида тенгламадан Fo критерийси туширилиб қолдирилади ва ушбу кўринишни олади:

$$Nu = f(Re, Pr, Gr) \quad (2.9)$$

Суюқликнинг мажбурий ҳаракати даврида табиий конвекцияни инобатга олмаса ҳам бўлади ва унда тенглама Gr критерийси киритилмайди:

$$Nu = f(Re, Pr) \quad \text{ёки} \quad Nu = A Re^n \cdot Pr^m \quad (2.10)$$

Суюқликнинг эркин ҳаракати (табиий конвекция) даврида тенгламадан Рейнольдс критерийси тушуриб қолдирилади:

$$Nu = f(Gr, Pr) \quad \text{ёки} \quad Nu = A Gr^n \cdot Pr^m \quad (2.11)$$

2.4. Эркин конвекция даврида иссиқлик бериш

Маълумки, иссиқ ва совуқ суюқлик қатламлари зичликларининг фарқи таъсири остида эркин конвекция содир бўлади. Зичликларнинг ушбу фарқи, девор ва суюқлик температуралар фарқига боғлиқдир. Девор шаклининг жараёнга таъсири иккиламчи бўлгани учун, иссиқлик беришнинг ўхшашлик тенгламаси ушбу кўринишда ёзилади:

$$Nu = c(Gr \cdot Pr)^n \quad (2.12)$$

бу ерда c ва n - суюқлик ҳаракат режимига, яъни $Gr \cdot Pr$ га, боғлиқ бўлган константалар.

2-2 жадвал

Режимлар		c	n
Ламинар	$(Gr \cdot Pr \leq 10^{-3})$	0,45	0
	$(Gr \cdot Pr = 10^{-3} \dots 5 \cdot 10^2)$	1,18	0,125
Ўтиш	$(Gr \cdot Pr = 5 \cdot 10^2 \dots 2 \cdot 10^7)$	0,54	0,25
	Турбулент $(Gr \cdot Pr > 2 \cdot 10^7)$	0,135	0,33

Грасгоф критерийсида аниқловчи геометрик ўлчам сифатида куйидагилар қабул қилинган: цилиндрик ва сферик жисмлар учун - диаметр; текис плиталар учун - баландлик.

Аниқловчи температура - чегаравий қатламнинг ўртача температураси $t = 0,5 \cdot (t_w + t_f)$ қабул қилинган. Бу ерда t_w - девор температураси, t_f - суюқлик ўзагидаги температура. Грасгоф критерийсидаги температуралар фарқи $\Delta t = t_w - t_f$ формулада ҳисобланади.

2.5. Мажбурий конвекция даврида иссиқлик бериш

1. Труба ичида элткичнинг иссиқлик бериш коэффициенти куйидаги тенгламалардан аниқланади [14,18,19,23,28,30,31]:

турбулент режим учун ($Re > 10000$)

$$Nu = 0,021 Re^{0,8} \cdot Pr^{0,33} \left(\frac{Pr}{Pr_0} \right)^{0,25} \quad (2.13)$$

ўтиш режими учун ($2320 < Re < 10000$)

$$Nu = 0,008 Re^{0,9} \cdot Pr^{0,43} \left(\frac{Pr}{Pr_0} \right)^{0,25} \quad (2.14)$$

ламинар режим учун ($Re \leq 2320$)

$$Nu = 0,17 \cdot Re^{0,33} \cdot Pr^{0,43} \cdot Gr^{0,1} \left(\frac{Pr}{Pr_0} \right)^{0,25} \quad (2.15)$$

ламинар режим учун ($Re \leq 2320$; $Gr \cdot Pr \leq 5 \cdot 10^5$; $Re \cdot Pr \cdot (d/L) > 12$).

$$Nu = 0,16 \cdot \left(Re \cdot Pr \cdot \frac{d}{L} \right)^{0,33} \cdot \left(\frac{\mu}{\mu_0} \right)^{0,14} \quad (2.15a)$$

ламинар режим учун ($Re \leq 2320$; $Gr \cdot Pr \leq 5 \cdot 10^5$; $Re \cdot Pr \cdot (d/L) < 12$).

$$Nu = 3,16 \cdot \left(\frac{\mu}{\mu_0} \right)^{0,14} \quad (2.15b)$$

бу ерда Pr - суюкликнинг ўртача температурасидаги Прандтл критерийси; Pr_0 - деворнинг ўртача температурасидаги Прандтл критерийси; Gr - суюкликнинг ўртача температурасидаги Грасгоф критерийси;

2. Шахматли трубалар ўрама мажбурий ҳаракатдаги қўндаланг иссиқлик элткич билан ювилиб турган шароитда иссиқлик бериш қуйидаги формулалар ёрдамида ҳисобланиши мумкин:

$Re < 10^3$ бўлганда

$$Nu = 0,56 \cdot Re^{0,5} \cdot Pr^{0,36} \left(\frac{Pr}{Pr_g} \right)^{0,25} \quad (2.16)$$

$Re > 10^3$ бўлганда

$$Nu = 0,28 \cdot Re^{0,6} \cdot Pr^{0,36} \left(\frac{Pr}{Pr_g} \right)^{0,25} \quad (2.17)$$

Ушбу тенгламаларда аниқловчи геометрик ўлчам бўлиб, каналларнинг эквивалент диаметри ҳисобланади.

Nu , Re ва Pr критерийларидаги физик параметрлар суюкликнинг ўртача температурасида, Pr_g эса - деворнинг ўртача температурасида ҳисобланади.

$(Pr/Pr_g)^{0,25}$ иссиқлик оқими йўналиши ва температуралар фарқининг иссиқлик беришга таъсирини ҳисобга олувчи параметр.

3. Пластинали иссиқлик алмашилиш қурилмаларида элткичларнинг ҳаракатида даврида иссиқлик бериш:

Турбулент режимда :

$$Nu = a \cdot Re^b \cdot Pr^{0,43} \left(\frac{Pr}{Pr_0} \right)^{0,25} \quad (2.17a)$$

2-3 жадвал

Пластина юзаси f , м ²	Re	Pr	a	b
0,2	100...30000	0,7...20	0,086	0,73
0,3	100...30000	0,7...50	0,100	0,73
0,5 «арчасимон» гофрли	500...30000	0,7...80	0,135	0,73
0,5 горизонтал гофрли	200...50000	0,7...50	0,165	0,65

Ламинар режимда :

$$Nu = a \cdot Re^{0,33} \cdot Pr^{0,33} \left(\frac{Pr}{Pr_0} \right)^{0,25} \quad (2.176)$$

2-4 жадвал

Пластина юзаси f, m^2	Рейнольдс сони Re	Прандтль сони Pr	a
0,2	≤ 100	≥ 50	0,50
0,3	≤ 50	≥ 80	0,60
0,5	≤ 200	≥ 80	0,63
«арчасимон» гофрли			
0,5	≤ 200	≥ 50	0,46
горизонтал гофрли			

4. Иссиқлик элткичнинг змеевикда ҳаракат қилганда иссиқлик бериш коэффициентини α ни (2.13) формуладан ҳисобланган қиймати змеевик ўлчамларини инобатга олувчи коэффициент χ га кўпайтирилади:

$$\chi = 1 + 3,54 \frac{d}{D} \quad (2.18)$$

$$\alpha_{zu} = \alpha \cdot \left(1 + 3,54 \frac{d}{L} \right) \quad (2.18a)$$

бу ерда d -змеевик трубагининг ички диаметри, м; D -змеевик ўрамининг диаметри, м.

Ҳаво учун (2.13) формула қуйидаги кўринишга эга:

$$Nu = 0,018 \cdot Re^{0,8} \quad (2.19)$$

чунки $Pr/Pr_0=1$

5. Иссиқлик элткич “труба ичида труба” иссиқлик алмашиниш қурилмасининг трубалараро бўшлиғида ҳаракат қилган даврида иссиқлик бериш ушбу формуладан ҳисоблаб аниқланиши мумкин:

ривожланган турбулент режим учун ($Re \geq 10000$)

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,4} \left(\frac{D_{uc}}{d_{ma}} \right)^{0,45} \quad (2.20)$$

бу ерда d_{ma} -ички трубагининг ташқи диаметри, м; D_{uc} -ташқи трубагининг ички диаметри, м.

ўтиш режими учун ($2320 < Re < 10000$)

$$Nu = 0,008 Re^{0,9} \cdot Pr^{0,43} \left(\frac{Pr}{Pr_0} \right)^{0,25} \quad (2.20a)$$

бу ерда критерий Рейнольдсга d ўрнига $d_s = D_{uc} - d_{ma}$.

ламинар режим учун ($Re \leq 2320$)

$$Nu = 0,17 \cdot Re^{0,33} \cdot Pr^{0,43} \cdot Gr^{0,1} \left(\frac{Pr}{Pr_0} \right)^{0,25} \quad (2.20b)$$

бу ерда критерий Рейнольдсга d ўрнига $d_s = D_{uc} - d_{ma}$.

6. Иссиқлик элткич қобик-трубали иссиқлик алмашиниш қурилмасининг трубалараро бўшлиғида ҳаракат қилганда, иссиқлик бериш энг кенг тарқалган жараёндир. Ушбу ҳолатда иссиқлик бериш коэффициентини қуйидаги формуладан аниқланади:

$$Nu = C (Re^{0,6} \cdot Pr^{0,23} \cdot d_s) \quad (2.21)$$

бу ерда $C = 1,16$ ва $1,72$ қийматларга тенг бўлиши мумкин.

Биринчи қиймат қурилмада кўндаланг сегмент тўсиқлар бўлмаган ҳол учун, иккинчи эса - сегмент тўсиқлар ўрнатилган ҳол учун.

7. Қобик-трубали иссиқлик алмашиниш қурилмаларида трубалар шахматли ёки йўла-

кли қилиб жойлаштирилади.

8. Иссиқлик элткич оқими трубалар ўрамини ташқи томонидан ювиб ўтганда, иссиқлик бериш коэффициентини ушбу формуладан ҳисоблаб топилиши мумкин: трубаларнинг шахматли жойлашишида

$$Nu = 0,4 \cdot Re^{0,6} \cdot Pr^{0,36} \left(\frac{Pr}{Pr_g} \right)^{0,25} \quad (2.22)$$

трубаларнинг йўлакли жойлашишида

$$Nu = 0,27 \cdot Re^{0,63} \cdot Pr^{0,36} \left(\frac{Pr}{Pr_g} \right)^{0,25} \quad (2.23)$$

(2.22) ва (2.23) тенгламалар $Re = 200 \dots 2 \cdot 10^5$ бўлган ораликда қўлланилиши мумкин ва аниқ натижалар беради.

9. Текис трубалар ўрамида суюқлик кўндаланг йўналишда ҳаракатланганда иссиқлик бериш.

а) суюқлик бир марта ўзаро кесишган йўналишда ҳаракатланувчи қурилма (2.2-расм). $Re < 1000$ бўлганда, трубалар шахматли ва коридорсимон жойлаштирилганда

$$Nu = 0,56 \cdot \varepsilon_y \cdot Re^{0,5} \cdot Pr^{0,36} \left(\frac{Pr}{Pr_g} \right)^{0,25} \quad (2.24)$$

$Re > 1000$ бўлганда, коридорсимон ўрам учун

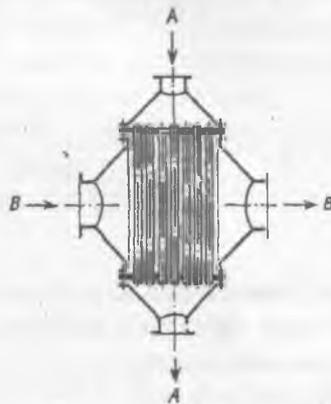
$$Nu = 0,22 \cdot \varepsilon_y \cdot Re^{0,65} \cdot Pr^{0,36} \left(\frac{Pr}{Pr_g} \right)^{0,25} \quad (2.25)$$

шахматли ўрам учун

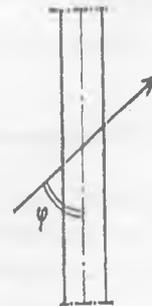
$$Nu = 0,4 \cdot \varepsilon_y \cdot Re^{0,6} \cdot Pr^{0,36} \left(\frac{Pr}{Pr_g} \right)^{0,25} \quad (2.26)$$

аниқловчи температура - суюқликнинг ўртача температураси, аниқловчи ўлчам - трубанинг ташқи диаметри. ε_y - оқим ҳаракат йўналишининг бурчаги φ ни ҳисобга олувчи коэффициент (2.2а-расм) 2-3 - жадвалда ε_y қийматлари келтирилган.

Тезлик - суюқликнинг секундли сарф формуласидан аниқлаш мумкин. Агар, ўрамдаги қаторлар сони кўп бўлса, 2- ва 3- қаторлар учун олинган қийматни бутун ўрам учун ўртача деб ҳисобласа бўлади.



2.2-расм. Ўзаро кесишган йўналишли қурилма.



2.2а-расм. Суюқлик ҳаракат йўналишининг бурчаги

Газлар учун $Pr/Pr_0=1$, шунинг учун формула содда кўринишни олади ва Pr фақат газнинг атомлигига боғлиқ бўлади.

φ	90	80	70	60	50	40	30	20	10
ε_φ	1	1	0.98	0.94	0.88	0.78	0.67	0.52	0.42

$Re > 1000$ да ҳаво учун шахматли ўрам бўлганда,

$$Nu = 0,356 \cdot \varepsilon_\varphi \cdot Re^{0,6}$$

Суюклик кўп маротаба ўзаро кесишган йўналишда ҳаракатланувчи қурилмалар (2.3-расм). Бунда (2.24)-(2.26) формулалардаги коэффициент $\varepsilon_\varphi = 0,6$ га тенг.

Сегмент тўсиқлар орасидаги масофа l ушбу формуладан топилади:

$$l = \frac{b}{1,415 \cdot \Psi} \quad (2.27)$$

бу ерда Ψ - труба ташки диаметри d_m ва жойлашган қадами t га боғлиқ коэффициент:

$$\Psi = \frac{1 - (d/t)}{1 - 0,9(d/t)^2} \quad (2.28)$$

Оқимнинг тезлиги

$$w = \frac{V}{F_c} \quad (2.29)$$

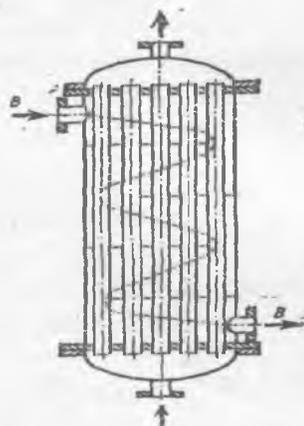
бу ерда V - суюклик сарфи, m^3/s ; F_c - тўсиқлар орасидаги трубаларо бўшлиқнинг кўндаланг кесим юзаси, m^2 .

10. Кўндаланг қовурғали трубалар ўрами (2.4-расм) орқали суюклик ҳаракатланганда иссиқлик бериш.

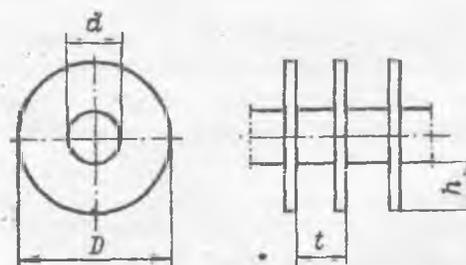
Ҳисоблаш формуласи ушбу кўринишга эга:

$$Nu = c \cdot \left(\frac{d}{t}\right)^{-0,54} \cdot \left(\frac{h}{t}\right)^{-0,14} \cdot Re^n \cdot Pr^{0,4} \quad (2.30)$$

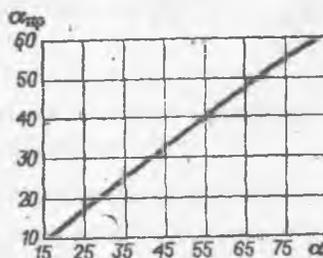
бу ерда d - асос труба ташки диаметри, м; t - қовурғалар қадами, м; $h = (D-d)/2$ - қовурға баландлиги, м.



2.3-расм. Кўндаланг сегмент тўсиқли қовурғали иситкич.



2.4-расм. Кўндаланг қовурғали труба.



2.5-расм. α_{cor} ни α га боғлиқлиги.

Коридорсимон ўрам учун $C=0,116$; $n=0,72$. Шахматли ўрам учун $C=0,25$; $n=0,65$.

Аниқловчи температура - суюқликнинг ўртача температураси, аниқловчи ўлчам - ковурга қадами - t .

(2.30) формулани $Re=3000...25000$ ва $3 < (d/t) < 4,8$ ораликларда қўллаш мумкин.

(2.30) формула ёрдамида ҳисоблаб топилган α орқали 2.5-расмдаги графикдан α_{np} ни аниқлаш мумкин ва уни иссиқлик ўтказиш формуласига қўйилади:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{np}} + \frac{1}{\alpha_2} \cdot \frac{F_T}{F_u} + \Sigma r_g} \quad (2.31)$$

бу ерда F_m - ковургалли труба бир ўлчам узунлигидаги ташки томонининг юзаси, m^2 ; F_u - асос трубанинг ички томони юзаси, m^2 ; α_2 - труба ичида ҳаракатланаётган оқимнинг иссиқлик бериш коэффициенти, $Вт/м^2 \cdot К$; Σr_g - девор ва ундаги ифлосликлар термик қаршилиқлар йиғиндиси.

11. Суюқликларнинг текис горизонтал юза бўйлаб ҳаракатлангандаги иссиқлик беришни ҳисоблаш формуласи:

а) $Re < 5 \cdot 10^4$

$$Nu = 0,66 \cdot \varepsilon_y \cdot Re^{0,5} \cdot Pr^{0,33} \left(\frac{Pr}{Pr_g} \right)^{0,25} \quad (2.32)$$

б) $Re > 5 \cdot 10^4$

$$Nu = 0,037 \cdot \varepsilon_y \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \left(\frac{Pr}{Pr_g} \right)^{0,25} \quad (2.33)$$

Аниқловчи температура - суюқлик ўртача температураси, аниқловчи ўлчам - оқим ҳаракат йўналиши бўйича девор узунлиги.

Газлар учун (2.32) формула қуйидаги кўринишга эга:

$$Nu = 0,032 \cdot Re^{0,8} \quad (2.34)$$

12. Суюқликларнинг яқка трубани юзиб ўтгандаги иссиқлик беришни ҳисоблаш формуласи:

а) $Re = 5...10^3$

$$Nu = 0,57 \cdot Re^{0,5} \cdot Pr^{0,33} \left(\frac{Pr}{Pr_0} \right)^{0,25} \quad (2.32)$$

б) $Re = 10^3...2 \cdot 10^5$

$$Nu = 0,25 \cdot Re^{0,6} \cdot Pr^{0,36} \left(\frac{Pr}{Pr_0} \right)^{0,25} \quad (2.33)$$

Аниқловчи температура - суюқлик ўртача температураси, аниқловчи ўлчам - оқим ҳаракат йўналиши бўйича девор узунлиги.

13. Қовурғаланган трубаларнинг шахматли ўрамини суюқлик юзиб ўтгандаги иссиқлик беришни ҳисоблаш формуласи:

а) $Re = (2...25) \cdot 10^3$ ва $d_H/t = 3...4,8$

$$Nu = 0,25 \cdot Re^{0,65} \cdot Pr^{0,4} \left(\frac{d_H}{t} \right)^{-0,54} \cdot \left(\frac{h}{t} \right)^{-0,14} \quad (2.34)$$

бу ерда d_H -труба ташки диаметри; t -ковургалар орасидаги кадам; D -ковурга диаметри; $h=0,5(D-d)$ - ковурга баландлиги.

14. Қобик трубали иссиқлик алмашиниш қурилмаларнинг трубалараро сегмент тўсиқли бўшлиғида элткичнинг ҳаракатланиши даврида иссиқлик бериш коэффициенти қуйидаги формулалардан аниқланади:

$Re \geq 10^4$ да

$$Nu = 0,24 \cdot Re^{0,6} \cdot Pr^{0,361} \left(\frac{Pr}{Pr_0} \right)^{0,25} \quad (2.34a)$$

$Re > 10^4$ да

$$Nu = 0,34 \cdot Re^{0,6} \cdot Pr^{0,361} \left(\frac{Pr}{Pr_0} \right)^{0,25} \quad (2.34b)$$

15. Вертикал юзада суюкликнинг юпка қатламда оқиб тушиш даврида иссиқлик бериш.

а) юпка қатламли суюкликнинг турбулент режимда ($Re > 2000$) оқиш даврида:

$$Nu = 0,01 \cdot (Ga \cdot Pr \cdot Re)^{0,33} \quad (2.35)$$

б) юпка қатламли суюкликнинг ламинар режимда ($Re < 2000$) оқиш даврида

$$Nu = 0,67 \cdot (Ga^2 \cdot Pr^3 \cdot Re)^{0,11} \quad (2.36)$$

Аниқловчи температура - чегаравий қатлам ўртача температура ва у $t = 0,5 \cdot (t_0 + t_{c,yp})$ формуладан топилади. Бу ерда

$$Nu = \alpha \cdot H / \lambda; \quad Ga = H^3 \rho^2 g / \mu^2; \quad Re = w \cdot d_3 \rho / \mu = 4\Gamma / \mu \quad (2.37)$$

Формуладаги H - юза баландлиги, м; $d_3 = 4f/\Pi$ - юпка қатлам эквивалент диаметри, м; f - юпка қатлам кўндаланг кесими, м²; Π - суюклик билан ҳўлланган периметр, м; $\Gamma = G/(\pi dn) = G/\Pi$ - ювилишнинг чизикли зичлиги, кг/(м·с).

Агар, $Re < 1500$ бўлса, юпка қатлам қалинлиги b ушбу формуладан топилади:

$$b = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot G \cdot \mu}{\Pi \cdot \rho^2 \cdot g}} = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot \Gamma \cdot \mu}{\rho^2 \cdot g}} \quad (2.38)$$

16. Суюкликларни аралаштириш даврида иссиқлик бериш.

Змеевикли, ғилофли ва аралаштиргичли қурилмаларда иссиқлик бериш коэффициентини ушбу тенгламадан аниқлаш мумкин:

$$Nu = c \cdot Re^m \cdot Pr^{0,33} \cdot \left(\frac{\mu}{\mu_0} \right)^{0,14} \cdot \Gamma^{-1} \quad (2.39)$$

бу ерда $Nu = \alpha \cdot d_w / \lambda$; $Re = \rho \cdot n \cdot d_w / \mu$; $\Gamma = D/d_m$; D - идиш диаметри; n - аралаштиргич айланиш частотаси; d_m - аралаштиргич айланаси диаметри; μ_0 - змеевик ёки ғилоф девори температурасидаги суюкликнинг динамик ковушоклик коэффициенти; μ - ўртача температурадаги $0,5(t_{c,p} + t_g)$ суюкликнинг динамик ковушоклик коэффициенти. Қолган физик катталиқлар қиймати идишдаги суюкликнинг ўртача температурасида олинади.

Ғилофли қурилмалар учун: $C = 0,36$, $m = 0,67$; змеевиклилар учун: $C = 0,87$, $m = 0,62$.

(2.39) формула $\Gamma = D/d_m = 2,5 \dots 4$ ва диаметри $D \leq 1,5$ м бўлган турбинали, парракли ва пропеллерли аралаштиргичлар учун қўллаш мумкин.

17. Табиий конвекция даврида иссиқлик бериш.

А. $10^3 < Gr \cdot Pr < 10^9$ да горизонтал труба ташки юзасида иссиқлик бериш:

$$Nu = 0,5 \cdot (Gr \cdot Pr)^{0,25} \left(\frac{Pr}{Pr_g} \right)^{0,25} \quad (2.40)$$

Аниқловчи температура - трубани ўраб турган муҳит температураси; аниқловчи ўлчам - труба диаметри.

Б. Вертикал текис ва цилиндрик юзалар учун

а) $10^3 < Gr \cdot Pr < 10^9$ оралигида

$$Nu = 0,76 \cdot (Gr \cdot Pr)^{0,25} \cdot \left(\frac{Pr}{Pr_g} \right)^{0,25} \quad (2.41)$$

6) $Gr \cdot Pr > 10^9$

$$Nu = 0,15 \cdot (Gr \cdot Pr)^{0,33} \cdot \left(\frac{Pr}{Pr_g} \right)^{0,25} \quad (2.42)$$

Аниқловчи температура - мухит температураси; аниқловчи ўлчам - вертикал юзалар учун баландлик.

18. $(Gr \cdot Pr) < 8 \cdot 10^8$ ва $Re < 10000$ да вертикал ва горизонтал трубаларда иссиқлик бериш ушбу формуладан топилади:

А) $Re < 2300$ да

$$Nu = 1,55 \cdot \left(Pe \cdot \frac{d}{L} \right)^{0,33} \cdot \left(\frac{\mu}{\mu_0} \right)^{0,14} \quad (2.43)$$

2-6 жадвал

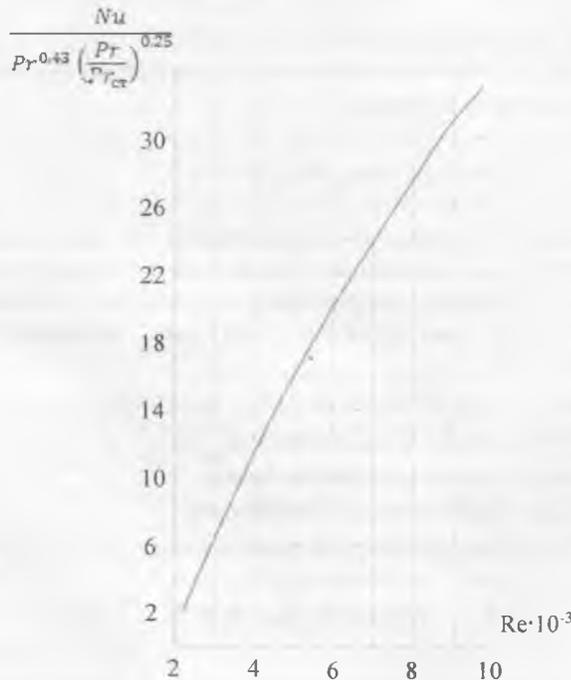
Re	L/d				
	10	20	30	40	50
$1 \cdot 10^4$	1,23	1,13	1,07	1,03	1
$2 \cdot 10^4$	1,18	1,10	1,05	1,02	1
$5 \cdot 10^4$	1,13	1,08	1,04	1,02	1
$1 \cdot 10^5$	1,10	1,06	1,03	1,02	1
$1 \cdot 10^8$	1,05	1,03	1,02	1,01	1

Одатда, ε_t бирга яқин қиймат ва тахминий ҳисоблашларда инобатга олинмайди. (2.13)-(2.17) формулалар учун (μ/μ_0) нисбат ҳисобланмайди.

Аниқловчи температура қуйидаги тенгликдан топилади:

$$t = 0,5(t_D + t_{yp.c})$$

бу ерда $t_{yp.c}$ суюқликнинг ўртача температураси, яъни $t_{yp.c} = 0,5(t_{c.бoш} + t_{c.ox})$.



2.6-расм. $Gr \cdot Pr < 5 \cdot 10^5$ бўлганда иссиқлик бериш $\frac{Nu}{Pr^{0,43} \cdot (Pr/Pr_{cm})^{0,25}}$ нинг

Рейнольдс сони Re га боғлиқлиги.

(2.23) формула $0,00067 < (\mu/\mu_0)$ ва $20 < (Pe \cdot d/L)$ бўлган қийматлар учун келтириб чиқарилган.

$20 < (Pe \cdot d/L)$ да Nu асимптотик равишда энг катта қийматга интилади, яъни:

$$Nu \approx 3,66 \quad (2.44)$$

б) $2300 < Re < 10000$. Ўтиш соҳасида ишончли формула йўқ. Тахминий ҳисоблашларда 2.2-расмдаги графикдан олинган маълумотлар асосида фойдаланиш мумкин.

19. $Gr \cdot Pr > 8 \cdot 10^5$ ва $Re < 10000$ бўлганда текис труба ва каналларда иссиқлик бериш (2-7 жадвал). Аниқловчи температура $t = 0,5(t_0 + t_{yp.c})$.

а) горизонтал трубалар учун ($Re < 3500$):

$$Nu = 0,8 \cdot \left(Pe \cdot \frac{d}{L} \right)^{0,4} \cdot (Gr \cdot Pr)^{0,1} \cdot \left(\frac{\mu}{\mu_d} \right)^{0,14} \quad (2.45)$$

Газлар учун (μ/μ_d) инобатга олинмайди.

(2.45) формула $20 < (Pe \cdot d/L) < 120$; $10^6 < (Gr \cdot Pr) < 1,3 \cdot 10^7$; $2 < Pr < 10$ да Nu ушбу формуладан топилади:

$$Nu = 0,5 \left(Pe \cdot \frac{d}{L} \right) \quad (2.46)$$

2-7 жадвал

$Re < 10000$ бўлганда текис труба ва каналларда иссиқлик бериш коэффициентларини ҳисоблаш формулалари.

$GrPr$	Трубалар жойлашиши	Қўлланиш чегаралари		Формула ва расм рақами
$< 5 \cdot 10^5$	Исталган	$Re < 2300$	$20 \leq \left(Pe \frac{d}{L} \right)$	(2.43)
			$\left(Pe \frac{d}{L} \right) \leq 20$	(2.44)
		$2300 < Re < 10000$	-	2.6-расм
$> 5 \cdot 10^5$	Горизонтал	$Re < 3500$	$20 \leq \left(Pe \frac{d}{L} \right) \leq 120$	(2.45)
			$\left(Pe \frac{d}{L} \right) \leq 10$	(2.46)
		$Re > 3500$	-	(2.47)
	Вертикал	$250 < Re < 10000$	-	(2.48)

б) Горизонтал трубалар учун ($Re > 3500$):

$$Nu = 0,022 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,4} \left(\frac{\mu}{\mu_d} \right)^n \quad (2.47)$$

бу ерда $n=0,14$ иситиш учун; $n=0,25$ - совитиш учун.

(2.45) ва (2.47) формулалар ($Gr \cdot Pr < 13 \cdot 10^6$ бўлганда олинган тажриба натижалари асосида келтириб чиқарилган. Тахминий ҳисоблашлар учун ушбу формулаларни ($Gr \cdot Pr > 13 \cdot 10^6$ бўлган ҳоллар учун қўллаш мумкин.

в) Эркин ва мажбурий конвекциялар йўналишлари мос келмаган (совитишда - суюқлик пастдан юқорига ҳаракатланганда, иситишда - юқоридан пастга ҳаракатланганда) да вертикал трубада иссиқлик бериш:

$$Nu = 0,037 \cdot Re^{0,75} \cdot Pr^{0,4} \left(\frac{\mu}{\mu_d} \right)^n \quad (2.48)$$

бу ерда $n=0,11$ - иситиш учун; $n=0,25$ - совитиш учун.

(2.48) формула $250 < Re < 10000$ ва $1,5 \cdot 10^6 < (Gr \cdot Pr) < 12 \cdot 10^6$ бўлган қийматлар учун келтириб чиқарилган. Тахминий ҳисоблашлар учун ушбу формулаларни ($Gr \cdot Pr > 12 \cdot 10^6$ бўлган ҳоллар учун қўллаш мумкин.

г) Эркин ва мажбурий конвекция (совитишда - суюқлик пастдан юкорига ҳаракатланади, иситишда - юкоридан пастга ҳаракатланади) йўналишлари мос келганда трубаларнинг вертикал жойлашиши. Суюқликлар ушбу схемада ҳаракатланганда вертикал трубадаги иссиқлик бериш коэффициентлари горизонтал ҳолатдагидан паст. Шунинг учун бу турдаги элтиқичларнинг ҳаракат йўналишли қурилмалар ишлатилмайди ва ҳисоблаш формулалари келтирилмайди.

$Re < 10000$ бўлганда ҳисоблаш формулалари 2-2 жадвалда келтирилган.

2.6. Аралаштириш жараёнида иссиқлик бериш.

Гилоф орқали иссиқлик алмашиниш

$$Nu = 0,36 \cdot Re_{ap}^{0,66} \cdot Pr^{0,33} \cdot \left(\frac{\mu}{\mu_0} \right)^{0,14} \quad (2.49)$$

Змеевик орқали иссиқлик алмашиниш

$$Nu = 0,87 \cdot Re_{ap}^{0,62} \cdot Pr^{0,33} \cdot \left(\frac{\mu}{\mu_0} \right)^{0,14} \quad (2.50)$$

Аниқловчи катталиқ суюқлик ўртача температураси ва аралаштириш тезлиги. Re_{ap} ва Nu критерийлари ушбу формулалардан топилади:

$$Re_{ap} = \frac{n \cdot d^2}{\nu}; \quad Nu = \frac{\alpha \cdot l}{\lambda};$$

бу ерда d - аралаштиргич парраги диаметри, м; n - аралаштиргич айланиш частотаси, айл/мин; l - қурилма диаметри, м.

2.7. Тирқишли каналларда иссиқлик алмашиниш

Гофриланган иссиқлик алмашиниш юзали пластиналар иситкичларда иссиқлик бериш ушбу критериял формула орқали топиш мумкин:

$$Nu = c \cdot Re^n \cdot Pr^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr}{Pr_g} \right)^{0,14} \quad (2.51)$$

“Арчасимон” гофриланган пластиналар учун $c=0,165$, $n=0,65$. Горизонтал гофриланган пластиналар учун $c=0,1$, $n=0,7$. Ушбу формула $Re=2000 \dots 30000$ ва $Pr=2 \dots 5000$ бўлган ораликда қўллаш тавсия этилади. Аниқловчи ўлчам - эквивалент диаметр.

2.8. Сочилувчан материал мавҳум қайнаш қатламига қурилма деворидан иссиқлик бериш

Мавҳум қайнаш қатламида иссиқлик бериш газнинг тезлигига боғлиқ. Тезлик ортиши билан иссиқлик бериш коэффициенти максимал қийматгача ортади ва сўнг камаяди.

Иссиқлик бериш коэффициентининг максимал қийматини топиш учун қуйидаги формуладан фойдаланилади:

$$Nu_{\max} = 0,86 \cdot Ar^{0,2} \quad (2.52)$$

Аниқловчи кўрсаткич - газнинг ўртача температураси.

Қуритишдан сўнг қумоқ агрегат ҳолатига келган материалларни тезкор майдалаш жараёнида иссиқлик алмашиниш жараёнининг интенсивлиги Nu ни ҳисоблаш учун ушбу кўринишдаги формула келтириб чиқарилган [63]:

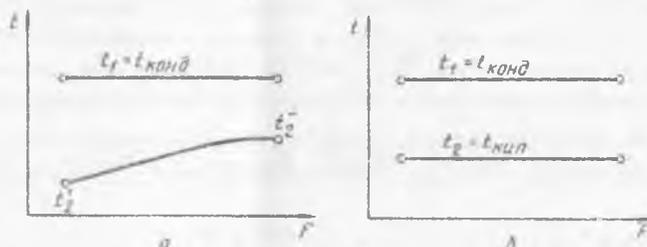
$$Nu = 0,31 \cdot Ar^{0,19} \cdot \omega^{0,32} \quad (2.53)$$

бу ерда Ar – Архимед критерийси; ω - бурчак тезлиги, c^{-1} . Бурчак тезлиги $\omega=25...230 c^{-1}$ ва Архимед сони $Ar=(0,6...130) \cdot 10^4$ бўлганда (2.53) формуланинг хатолиги $\pm 9,8\%$ дан ошмайди.

2.9. Иссиқлик элткичнинг агрегат ҳолати ўзгаришида иссиқлик бериш

Буғланиш, конденсацияланиш, кристалланиш ва эриш жараёнларида иссиқлик алмашилишининг ўзига хос хусусиятлари шундаки, муҳитдан иссиқликнинг олинishi ёки унга узатилиши ўзгармас температурада рўй беради ва иккала фазада тарқалади 2.7 - расмда иссиқлик бериш жараёнида муҳитнинг агрегат ҳолати ўзгариши билан температурасининг ўзгариш схемаси келтирилган.

Иссиқлик беришнинг бу ўзига хос хусусиятини конвектив иссиқлик алмашилишининг критериал тенгламаси фазавий ўзгариш критерийси ёки конденсацияланиш критерийси $K = r/c \cdot \Delta t$ (бу ерда r - буғ ҳосил қилиш иссиқлиги, Ж/кг; c - солиштирма иссиқлик сизими, Ж/кг·К)ни киритиш йўли билан ҳисобга олинади.



2.7-расм. Муҳитнинг агрегат ҳолати ўзгариши билан иссиқлик элткич температурасининг ўзгариш схемаси:

- а - иссиқлик элткич ўз иссиқлигини агрегат ҳолати ўзгарганда узатмоқда (тўйинган сув буғининг конденсацияланиш даврида).
- б - иккала иссиқлик элткичлар агрегат ҳолати ўзгарганда иссиқлик алмашмоқда. Бунда $\Delta t = t_1 - t_2$.

Сув буғининг конденсацияланиш пайтидаги иссиқлик алмашилишини ифодалаш учун ўхшашлик назарияси асосида келтирилиб чиқарилган қуйидаги критериал формуладан аниқлаш мумкин:

$$Nu = f(Ga, Pr, K) \quad (2.54)$$

бу ерда $Ga = g\beta/\nu^2$ - Галилей критерийси; K - фазавий ўзгариш критерийси; Pr - Прандтль критерийси.

$$\Delta t_{ур} = \frac{(t_1 - t_2) - (t_1 - t_2)}{\ln[(t_1 - t_2)/(t_1 - t_2)]} \quad (2.55)$$

Буғнинг юпка қатламли конденсацияланиш даврида иссиқлик бериш Нуссельтнинг умумлаштирилган ҳисоблаш формуласи ушбу кўринишга эга:

$$Nu = C(Ga, Pr, K)^n \quad (2.56)$$

бу ерда C, n - ўзгармас катталиқлар; $Nu = \alpha l/\lambda$; $Ga = g\beta \rho^2/\mu$; $Pr = c_p \mu/\lambda$; $K_f = r/(c_p \Delta t)$; α - буғ конденсацияланишидаги ўртача иссиқлик бериш коэффициентини; l - чизикли ўлчам (вертикал юзалар учун - H , горизонтал трубалар учун - d); $\lambda, c_p, \rho, \mu, g$ - конденсатнинг $t_{кип}=0,5(t_{конд}+t_2)$ ўртача температурадаги иссиқлик ўтказувчанлик, изобар иссиқлик сизим, зичлик, динамик ковушоклик коэффициентлари ва эркин тушиш тезланишлари; r - $t_{конд}$ температурадаги фазавий айланиш иссиқлиги.

$$\Delta t = t_{конд} - t_g \quad (2.57)$$

бу ерда $C=0,728$ - буғнинг ягона горизонтал трубада ва $C=0,94$ - вертикал труба ўраида конденсацияланиши даврида; $C=1,15$ - худди шундай, фақат 21% ли тузатиш юпка қатламнинг тўлқинсимон оқиб тушишига киритилади; $n=0,25$.

Юпка қатламли конденсацияланиш даврида иссиқлик бериши конденсат юпка қатламининг қалинлигини чегаралайди. Буғнинг тезлиги юпка қатламли конденсатни узиб

олиш учун етарли бўлмайди ва бир хиллик шартларига кирмайди.

Юпқа қатламда конденсациялашнинг умумлаштирилган тенгламасидаги Re ва Fr критерийлари ўрнига $Ga = Re^2/Fr = gl^3/\nu^2$ критерийси киритилади. Бунга сабаб, Галилей критерийсининг буг - конденсат икки фазали оқимда оғирроқ фаза таъсир этувчи оғирлик кучларининг ўхшашлигини ифодалашидир. Ушбу ҳолатда конденсацияланиш пайтидаги иссиқлик бериш коэффициентини қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$\alpha = C \cdot \sqrt[4]{\frac{\rho \cdot g \cdot \rho^2 \cdot \lambda^3}{\mu \cdot l \cdot \Delta t}} \quad (2.58)$$

Тўйинган бугнинг вертикал деворда конденсацияланиши ва конденсатни ламинар режимда юпқа қатламда оқиб тушиш ҳолати учун (2.58) формуладаги C коэффициентининг қиймати 2,04 эканлиги аниқланди. Аниқловчи ўлчам бўлиб, вертикал девор баландлиги H хизмат қилади. Унда, иссиқлик бериш коэффициентини α ни қуйидаги формуладан ҳисоблаш мумкин:

$$\alpha = 2,04 \cdot \sqrt[4]{\frac{r \cdot g \cdot \rho^2 \cdot \lambda^3}{\mu \cdot \Delta t \cdot H}} = 3,78 \cdot \varepsilon_i \cdot \sqrt[4]{\frac{\rho^2 \cdot d \cdot H}{\mu \cdot G}} \quad (2.59)$$

бу ерда r - конденсацияланиш иссиқлиги, Ж/кг; ρ - конденсат зичлиги, кг/м³; λ - конденсат иссиқлик ўтказувчанлиги, Вт/м·К; μ - конденсатнинг динамик ковушоклик коэффициенти, Па·с; $\Delta t = t_{\text{конд}} - t_0$ - тўйинган буг ва девор температуралари ўртасидаги фарк, °С; H - вертикал труба ёки девор баландлиги, м.

Конденсацияланиш иссиқлиги r нинг қиймати конденсация температурасидаги, конденсатнинг λ , ρ ва μ параметрлари $t_{\text{юк}} = 0,5(t_0 + t_{\text{конд}})$ да ҳисобланади.

Агар, буг горизонтал трубада конденсацияланса, (2.59) формула ушбу кўринишда ёзилади:

$$\alpha = 0,72 \cdot \sqrt[4]{\frac{r \cdot \rho^2 \cdot \lambda^3 \cdot g}{\mu \cdot \Delta t \cdot d}} \quad (2.60)$$

бу ерда d - трубаининг ташқи диаметри, м.

Агар, буг труба ўраида конденсацияланса, ўртача иссиқлик бериш коэффициентини ҳисоблаш учун ушбу формулани қўллаш мумкин:

$$\alpha = 0,728 \cdot \varepsilon_i \cdot \sqrt[4]{\frac{r \cdot g \cdot \rho^2 \cdot \lambda^3}{\mu \cdot \Delta t \cdot D}} \quad (2.61)$$

бу ерда ε_i - трубаларнинг жойлаштирилиши (йўлакли ёки шахматли) га боғлиқ коэффициент; λ , ρ , g , r , μ , Δt , H - температура $t_{\text{пг}} = 0,5(t_{\text{конд}} + t_0)$ бўлган конденсат юпқа қатламлар учун.

$$\varepsilon_i = \left[\left(\frac{\lambda_0}{\lambda} \right)^3 \frac{\mu}{\mu_0} \right]^{0,125} \quad (2.62)$$

(2.62) даги λ_0 ва μ_0 лар конденсат тегиб турган девор температурасида ҳисобланади.

Хусусан, сув буги конденсацияланганда, $\varepsilon_i = 1$ деб ҳисоблаб, (2.62) формула қуйидаги кўринишни олади:

$$\alpha = 2,04 \cdot \frac{A_t}{\sqrt[4]{H \cdot \Delta t}} \quad (2.63)$$

Сув буги учун B_t ва A_t функцияларнинг қийматлари $t_{\text{конд}}$ температураси 2-8 жадвалда келтирилган. Бу ерда $B_t = \lambda \cdot \rho^{0,66} / \mu^{0,33}$.

Мухандислик ҳисобларда $\varepsilon_i = 0,55 \dots 0,68$ деб қабул қилиш мумкин.

2-8 жадвал

Конденсацияланиш температураси, $t_{\text{конд}}$, °С	100	110	120	140	160	180
A_t	6960	7100	7240	7420	7490	7520
B_t	1010	1040	1070	1120	1150	1170

Гофриланган пластинада бугнинг конденсацияланишида иссиқлик бериш ушбу формуладан аниқланади:

$$Nu = a \cdot Re^{0.7} \cdot Pr^{0.4} \quad (2.64)$$

бу ерда $Re = G_1 \cdot L / (\mu \cdot F)$; $Nu = \alpha \cdot L / \lambda$; G_1 - буг сарфи, кг/с.

2-9 жадвал

Пластина юзаси f, m^2	Гофр тури	a
0,2	арчасимон	338
0,3	арчасимон	322
0,5	арчасимон	240
0,5	горизонтал*	376

*- бунда (2.64) формулада $Re^{0.7}$ ўрнига $Re^{0.6}$ қўйилиб ҳисобланади.

Суюқликлар қайнаши пайтида иссиқлик бериш жуда мураккаб жараёнدير. Амалиётда энг кенг тарқалган ва учрайдиган қайнаш тури - бу пуфакчали қайнаш режимидир. Ушбу режимдаги иссиқлик бериш коэффициентини аниқлаш учун қуйидаги тенгламадан фойдаланса бўлади:

$$Nu = 125 Re^{0.66} \cdot Pr^{0.33} \quad (2.65)$$

бу ерда $Nu = \alpha l / \lambda$; $Re = w l / \mu$, l - чизикли ўлчам бўлиб, пуфакча радиусининг функцияси, м; w - буг фазаси харакатининг ўртача тезлиги, м/с.

Одатда пуфакчалар диаметри 2...3 мм бўлади ва уни ушбу формуладан ҳисоблаб топиш мумкин:

$$d_o = 0,02 \cdot \left[\frac{\sigma}{g(\rho - \rho_\delta)} \right]^{0,5} \quad (2.66)$$

Охириги критериал тенгламадан эркин ва мажбурий конвекция шароитида пуфакчали қайнаш жараёнида α ни ҳисоблаш учун қуйидаги тенглама келтириб чиқарилган.

$$\alpha = 0,075 \left[1 + 10 \left(\frac{\rho}{\rho_\delta} - 1 \right)^{-0.66} \right] \cdot \sqrt[3]{\frac{\lambda^2 \cdot \rho}{\mu \cdot \sigma \cdot T_{\text{кил}}}} \cdot q^{0.66} \quad (2.67)$$

бу ерда μ - суюқликнинг динамик ковушоклиги, м²/с; σ - сиртий таранглик коэффициенти, Н/м.

Эркин конвекция шароитида пуфакчали қайнаш режимда α ни аниқлаш учун ушбу тенглама таклиф этилган:

$$\alpha = 7,77 \cdot 10^{-2} \left(\frac{\rho_\delta}{\rho - \rho_\delta} \right)^{0.033} \left(\frac{\rho}{\sigma} \right)^{0.033} - \frac{\lambda^{0.75} \cdot q^{0.7}}{\mu^{0.45} \cdot c^{0.12} \cdot T_{\text{мил}}^{0.37}} \quad (2.68)$$

бу ерда ρ_δ , ρ - буг ва суюқликнинг зичликлари, кг/м³; σ - суюқлик ва бугни ажратиб турувчи чегарадаги сиртий таранглик, Н/м; λ - суюқликнинг иссиқлик ўтказувчанлиги, Вт/м·К; $q = Q/F$ - солиштира иссиқлик юклама, Вт/м²; μ - суюқлик ковушоклиги, Па·с; c - суюқликнинг солиштира иссиқлик сифими, Ж/(кг·К); $T_{\text{мил}}$ - тўйишиш температураси, К.

Катта ҳажмда суюқликнинг пуфакчали қайнаш режимидан юпка қатламда қайнаш жараёнидаги солиштира иссиқлик оқимининг критик қиймати ушбу формуладан топилади:

$$q_{\text{кр}} = 0,14 \cdot r \cdot \sqrt{\rho_\delta} \cdot \sqrt[4]{g \cdot \sigma \cdot \rho} \quad (2.69)$$

(2.67)...(2.69) формулалардаги суюқликнинг ҳамма хоссалари, ҳамда бугнинг параметрлари ишчи босимга мос келадиган қайнаш температурасида олинади.

Катта ҳажмда сувнинг қайнаш жараёнида иссиқлик бериш коэффициенти тахминий ҳисоблаш учун қуйидаги формулани қўллаш мумкин:

$$\alpha = 2,72 \cdot q^{0.7} \cdot p_{\text{abc}}^{0.7}$$

(2.70)

$$\alpha = 2,72 \cdot q^{0,7} \cdot p^{0,4} \quad (2.70a)$$

бу ерда p - босим, кг·к/см².

(2.70) формулани $q = 0,4 \cdot q_{кр}$ ва $p_{абс} = 0,2 \dots 10$ кг·к/см² бўлган ораликда ишлатиш мумкин. Труба ичида қайнаш жараёнида иссиқлик бериш коэффициентлари қуйидаги формуладан топилади:

$$\alpha = 780 \cdot \frac{\lambda^{1,3} \cdot \rho^{0,5} \cdot \rho_6^{0,06} \cdot q^{0,6}}{\sigma^{0,5} \cdot r^{0,6} \cdot \rho_{60}^{0,66} \cdot c^{0,3} \cdot \mu^{0,3}}$$

бу ерда ρ_6, ρ_{60} - ишчи ва атмосфера босимида бугнинг зичлиги, кг/м³.

2-10 жадвалда энг кўп учрайдиган иссиқлик алмашилиш жараёнларининг тахминий иссиқлик бериш коэффициентлари келтирилган.

2-10 жадвал

Тахминий иссиқлик бериш коэффициентлари

т/р	Иссиқлик алмашилиш жараёни	Иссиқлик бериш коэф., α , Вт/(м ² ·К)
1.	Газларни иситиш ва совитиш (атмосфера босимида)	10...50
2.	Органик суюқликларни иситиш ва совитиш	50...1500
3.	Сувни иситиш ва совитиш	200...10000
4.	Сувнинг қайнаши	500...10000
5.	Сув бугларининг конденсацияланиши	4000...15000
6.	Органик суюқлик бугларининг конденсацияланиши	500...2000

2-11 жадвал

Трубаларда газ ва суюқликларнинг тахминий тезликлари

т/р	Оқимлар номи	w , м/с
1.	Ўз-ўзидан ҳаракатланаётган суюқлик	0,1...0,5
2.	Насоснинг сўриш патрубкисидаги суюқлик	0,5...1,5
3.	Насоснинг ҳайдаш патрубкисидаги суюқлик	1...3
4.	Табиий, ўз-ўзидан ҳаракатланаётган газ	2...4
5.	Вентилятор қувуридаги газ	4...15
6.	Компрессорнинг ҳайдаш қувуридаги газ	10...25
7.	Тўйинган буглар, 100...250 кПа абсолют босимда	10...25
8.	Тўйинган буглар, 20...50 кПа абсолют босимда	40...60
9.	Тўйинган буглар, 5...20 кПа абсолют босимда	60...75
10.	Ўта кизиган буглар	30...50

2-12 жадвал

Маҳаллий қаршилик коэффициентларининг қийматлари

Бўшлик	Маҳаллий қаршилик	ζ
Труба	Трубага кириш ёки чиқиш	1,0
	Йўл ёки секциялар орасида 180° га бурилиш	2,5
Трубалараро	Тўсик орқали 180° га бурилиш	1,5
	Трубалараро бўшлиқда 180° га бурилиш	1,0
Штуцерлар	Камерага кириш ва чиқиш	1,5
	Трубалараро бўшлиқка кириш ва чиқиш	1,5

2.10. Иссиқлик ўтказиш

Иссиқлик алмашилиш жараёнларида кўпинча иссиқлик энергияси бир суюқликдан иккинчисига уларни ажратиб турувчи девор орқали узатилади. Температураси юқори бўлган суюқликка девор орқали иссиқликнинг узатилиши **иссиқлик ўтказиш** дейилади. Ушбу йўл

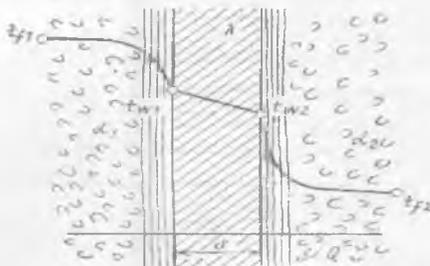
билан узатилган иссиқлик миқдори иссиқлик ўтказишнинг асосий тенгламасидан аниқланади:

$$Q = K \cdot \Delta t_{\text{ур}} \cdot F \cdot \tau \quad (2.72)$$

бу ерда K - иссиқлик ўтказиш коэффициентини, Вт/(м²·К); $\Delta t_{\text{ур}}$ - иссиқлик ва совуқлик элткичлар температураларининг фарқи, К; τ - вақт, с; F - ажратиб турувчи девор юзаси, м².

Текис деворнинг иссиқлик ўтказиши. 2.8-расмда қалинлиги δ в материалнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентини λ бўлган текис девор тасвирланган.

Деворнинг бир томонидан температураси t_{f1} (оқим ўзагида) бўлган иссиқлик элткич, иккинчи томонидан эса - температураси t_{f2} бўлган совуқлик элткич оқиб ўтмоқда. Девор юзаларининг температураси t_{w1} ва t_{w2} . Иссиқлик бериш коэффициентлари α_1 ва α_2 . Турғун жараёнда F юза орқали биринчи иссиқлик элткич ўзагидан деворга узатилаётган иссиқлик миқдори, девордан ўтган ва девордан иккинчи иссиқлик элткич ўзагига узатилаётган иссиқлик миқдorigа тенг бўлади.



2.8-расм. Текис девор орқали иссиқлик ўтказиш жараёнида температуранинг ўзгариш характери.

Ушбу иссиқлик миқдорини қуйидаги тенгламалардан топиш мумкин: узлуксиз жараёнлар учун эса:

$$Q = KF(t_{f1} - t_{f2}) \quad (2.73)$$

бу ерда

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (2.74)$$

бу ерда K - иссиқлик ўтказиш коэффициентини, Вт/(м²·К).

(2.72) тенгламага биноан иссиқлик ўтказиш коэффициентининг ўлчов бирлиги:

$$K = \left[\frac{Q}{F\tau(t_{f1} - t_{f2})} \right] = \left[\frac{Ж}{м \cdot с \cdot К} \right] = \left[\frac{Вт}{м^2 \cdot К} \right] \quad (2.75)$$

(2.743) тенгламадан

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \quad (2.76)$$

Шундай қилиб иссиқлик ўтказиш коэффициентини K температураси юқори бўлган, иссиқлик элткичдан температураси паст элткичга вақт бирлигида ажратувчи деворнинг 1 м² юзасидан элткичлар температураси 1К бўлганда ўтказилган иссиқликнинг миқдорини билдиради.

Иссиқлик ўтказиш коэффициентига тесқари бўлган катталиқ **термик қаршилиқ** деб номланади. $1/\alpha_1$ ва $1/\alpha_2$ лар иссиқлик беришнинг термик қаршилиги бўлса, δ/λ деворнинг термик қаршилиги. (2.76) тенгламадан кўриниб турибдики, иссиқлик ўтказишнинг термик

қаршилиги иссиқлик бериш ва деворнинг термик қаршилиқлар йиғиндисига тенг.

Деворнинг термик қаршилигини аниқлашда, унга ўтириб қолган ифлосларнинг термик қаршилигини ҳам ҳисобга олиш зарур (2-13 жадвал).

$$r_{ифл} = \frac{\delta_{ифл}}{\lambda_{ифл}} \quad (2.77)$$

2-13 жадвал

Г_{ифл} нинг тахминий қийматлари

т/р	Иссиқлик элткич	$r_{ифл}, \frac{m^2 \cdot K}{Вт}$
1.	Сув:	
	- дистилланган	0,00009
	- денгиз	0,00009
	- сифатли кудук, кўл, водопровод, дарё суви	0,00018
	- w<0,9 м/с	0,00035
	- w>0,9 м/с	0,00018
	- техник сув, тозаланган	0,00090
	- техник сув, тозаланмаган	0,00230
	- ифлосланган дарё суви	0,00125
	- w>0,9 м/с	0,00009
2.	Нефть маҳсулотлари	
	- хом-ашё	0,00009
	- тоза (шу жумладан минерал мойлар)	0,00018
	- нефт, мазут	0,00175
	- гудрон, крекинг қолдиқ	0,02330
3.	Органик суюқликлар, тузли эритмалар, намоқоблар, совуқлик элткичлар (NH ₃ , фреонлар ва хоказо.)	0,00018
4.	Сув буғи, тоза	0,00018
	Сув буғи, таркибида мой бор	0,00017
5.	Буглар	
	- органик суюқликники	0,00009
	- совуқ элткичларники	0,00035
6.	Ҳаво, азот	0,00035

2-14 жадвал

Иссиқлик чегаравий қатламнинг шартли қалинликлари

т/р	Иссиқлик бериш тури	Жараён шarti	$\delta \cdot 10^3, м$
1.	Иситиш, совитиш	Труба ичида ҳаракатланиш	~0,3
		Труба ташқи юзасини ювиб ўтиш	~0,2
2.	Буглар конденсацияланиши	Инерт газ бўлмаганда	~0,05
		Инерт газ иштирокида	~0,2
3.	Суюқлик қайнаши	Критик режим бўлгунга қадар	~0,3

Кўп қатламли текис девордан иссиқлик ўтиш жараёнида ҳар бир қатламнинг термик қаршилиги ҳисобга олинаши зарур. Бундай деворлар учун K ни қуйидаги тенгламадан аниқлаш лозим:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (2.78)$$

бу ерда n - қатламнинг тартиб рақами; n - қатламлар сони.

Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, ҳар доим иссиқлик ўтказиш коэффициенти энг минимал иссиқлик бериш коэффициенти қийматидан кичик бўлади.

Цилиндрик деворнинг иссиқлик ўтказиши. Маълумки, саноатнинг турли соҳаларида иссиқлик алмашилиш труба орқали ўтади. Трубадан температураси t_1 бўлган суюқлик ҳаракат қилса, ташқарисидан эса t_2 температурали суюқлик оқиб ўтсин, яъни $t_1 > t_2$ дан. Температураси юкори суюқликдан труба ички деворига иссиқлик бериш коэффициентини α_1 , ташқи юзасидан совуқ суюқликка иссиқлик бериш коэффициентини α_2 , труба баландлиги L , ички радиуси r_1 ва ташқи радиуси r_2 бўлса, цилиндрлик юзадан узатилган иссиқлик миқдори қуйидагича аниқланади:

$$Q = K_R 2\pi r \cdot (t_1 - t_2) \quad (2.79)$$

2-15 жадвал

Иссиқлик ўтказиш коэффициентини K нинг тахминий қийматлари

т/р	Иссиқлик алмашилиш тури	K , Вт/(м ² ·К)	
		Мажбурий ҳаракат учун	Табиий ҳаракат учун
1.	Газдан газга	10...40	4...12
2.	Газдан суюқликка	10...60	6...20
3.	Конденсацияланаётган буғдан газга	10...60	6...12
4.	Суюқликдан суюқликка:		
	сув учун	800...1700	140...430
	углеводород ва мойлар учун	120...270	30...60
5.	Конденсацияланаётган сув буғидан:		
	сувга	800...3500	300...1200
	қайнаётган суюқликка	-	300...2500
	органик суюқликларга	120...340	60...170
	мойга	300...500	80...190
6.	Конденсацияланаётган органик суюқлик буғларидан сувга	300...800	230...460

2-16 жадвал

Иффосликларнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентини

λ нинг тахминий қийматлари

т/р	Элткич	Вт/(м·К)	т/р	Элткич	Вт/(м·К)
1.	Сув:		4.	Нефт маҳсулот, мойлар	2900
	иффосланган	1400...1860	5.	Нефт маҳсулот, хом-ашё	1160
	ўртача сифатли	1860...2900	6.	Органик суюқликлар	5800
	яхши сифатли	2900...5800	7.	Органик суюқлик буғлари	11600
	дистилланган	11600	8.	Намоқоблар	5800
2.	Ҳаво	2800	9.	Сув буғи, таркибида мой	5800
3.	Совуқлик элткич буғлари	2900	10.	Суюқ совуқлик элткичлар	5800

2-17 жадвал.

Девор материалининг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентини

λ нинг тахминий қийматлари

т/р	Материал	Вт/(м·К)	т/р	Материал	Вт/(м·К)
1.	Гипс	0,28	8.	Алюминий	203,53
2.	Коракуя	0,03	9.	Латунь	93,04
3.	Муз	2,26	10.	Мис	2,26
4.	Бўр	0,93	11.	Никель	0,93
5.	Қозонхона чўкиндиси	1,3...3,1	12.	Углеродли пўлат	46,52
6.	Нам кум	1,13	13.	Легирланган пўлат	17,45
7.	Курук кум	0,33	14.	Чўян	69,78

Иссиқлик ўтказиш коэффициентини K ни эса ушбу тенгламадан топилади:

$$K_R = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 r_1} + \frac{1}{\lambda} 2,3 \lg \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot r_2}} \quad (2.80)$$

бу ерда K_R - иссиқлик ўтказишнинг чизикли коэффициент, Вт/(м²·К).

K нинг K_R дан фарқи шундаки, K деворнинг юза бирлигига нисбатан олинса, иккинчиси K_R - труба узунлигининг бирлигига нисбатан олинади.

2.11. Иссиқлик алмашиниш жараёнини ҳаракатга келтирувчи куч

Иссиқлик алмашиниш жараёнларининг ҳаракатга келтирувчи кучи - иссиқлик элткичларнинг температуралар фарқи. Ушбу фарқ таъсири остида иссиқлик температураси юқори муҳитдан температураси паст муҳитга ўтади.

Ўзгармас температурада иссиқлик ўтказиш жараёни жуда кам тарқалган. Бундай жараёнлар, бир томонида буг конденсацияланса, иккинчисида эса, суюқлик қайнаши рўй беради. Лекин, саноатда кўпчилик жараёнлар иссиқлик элткичларнинг ўзгарувчи температураларида содир бўлади.

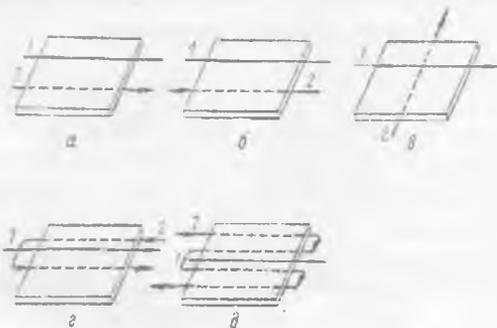
Одатда, температура иссиқлик элткичларни ажратиб турувчи девор юзаси F бўйлаб ўзгаради. Лекин, вақт ўтиши билан иссиқлик элткичнинг температураси ўзгармаслиги мумкин ва у $t = f(F)$ функция билан ифодаланади. Бундай ҳол турғун иссиқлик алмашиниш жараёнини характерлайди.

Нотурғун иссиқлик алмашиниш жараёнларида 2 ҳолат бўлиши мумкин:

- девор юзасининг ҳар бир нуктасида температура фақат вақт ўтиши билан ўзгаради, яъни $t = f(\tau)$;
- иссиқлик элткичнинг температураси вақт ўтиши ва девор юзаси бўйлаб ўзгаради, яъни $t > f(\tau, F)$.

Ўзгарувчан температурада иссиқлик ўтказиш суюқликларнинг ҳаракат йўналишига боғлиқдир.

Узлуксиз ишлайдиган қурилмаларда иссиқлик алмашиниш жараёнида суюқликлар ҳаракати параллел, қарама-қарши, кесишиб ўтган ва мураккаб (аралаш) йўналишли бўлиши мумкин (2.9-расм).



2.9-расм. Иссиқлик алмашиниш жараёнида суюқликларнинг ҳаракат йўналишлари
а - параллел; б - қарама-қарши;
в - кесишиб ўтган; г, д - аралаш.

Ажратиб турувчи девор бўйлаб бир - бирига нисбатан суюқликлар ҳаракатининг қуйидаги вариантлари бўлиши мумкин:

- 1) параллел ҳаракатда (2.9а-расм) иккала иссиқлик элткичлар ҳам бир хил йўналишда ҳаракат қилади;
- 2) қарама-қарши ҳаракатда (2.9б-расм) иссиқлик элткичлар бир-бирига қарши йўналишда ҳаракат қилади;
- 3) кесишиб ўтувчи ҳаракатда (2.9в-расм) иссиқлик элткичлар бир-бирига нисбатан перпендикуляр йўналишда ҳаракат қилади;
- 4) мураккаб ёки аралаш ҳаракатда (2.9г,д-расм) биринчи иссиқлик элткич бир йўналишда ҳаракат қилса, иккинчиси ҳам тўғри, ҳам тесқари йўналишда ҳаракат қилади.

2.10-расмда параллел ва қарама - қарши йўналишли ҳаракатлар пайтида ис-сиклик элткичлар температураларининг ўзгариши тасвирланган. Иссиқлик элткичлардан бири G_1 совутилганда температураси t_1' дан t_1'' гача пасаймоқда, иккинчиси эса G_2 , иситилганда t_2' дан t_2'' гача кўтарилмоқда.

2.10-расмда қобик - трубаги иссиқлик алмашилиш қурилмаларида тез-тез учраб тура-диган аралаш йўналишли суюқликлар ҳаракат схемалари келтирилган.

2.10-расмдан қуриниб турибдики, иссиқлик алмашилиш жараёнида икки иссиқлик элткичлар орасидаги ҳаракатга келтирувчи куч миқдори девор юзаси бўйлаб ўзгармоқда. Масалан, иссиқлик элткичларнинг қурилмага киришда, параллел йўналишда (2.10а-расм) ло-кал ҳаракатга келтирувчи куч максимал йўналишли ҳаракатда ҳам худди шундай натижага эга бўла-миз. Шунинг учун иссиқлик алмашилиш жараёнларини ҳисоблашда ўртача ҳаракат-га келтирувчи кучдан фойдаланилади.

Иссиқлик алмашилиши юзасининг чексиз кичик элементида вақт бирлигида иссиқ элткичдан совуқ элткичга узатилаётган иссиқлик миқдори (2.10а-расм) ушбу тенгламадан аниқланади: $dQ = K(t_1 - t_2)dF$. Иссиқлик алмашилиш оқибатида иссиқ элткичнинг температу-раси $dt_1 = -dQ/(G_1 c_1)$ га пасаяди, совуқ элткичнинг температураси эса $dt_2 = -dQ/(G_2 c_2)$ га кўта-рилади, бу ерда G_1 ва G_2 иссиқ ва совуқ элткичларнинг массавий сарфи; c_1 ва c_2 - иссиқ ва совуқ элткичларнинг солиштирма иссиқлик сифимлари.

Агар, $\Delta t_{max}/\Delta t_{min} \leq 2$ ва иссиқлик элткичларнинг тезлиги кичик бўлганда, температу-раларнинг фарқи ўртача арифметик қилиб ҳисобланади:

$$\Delta t_{yp} = \frac{(\Delta t_{max} + \Delta t_{min})}{2} \quad (2.81)$$

Бу формулада ҳисоблаганда, хатолик 5% дан ошмайди. Агар, $\Delta t_{max}/\Delta t_{min} > 2$ бўлганда, температураларнинг фарқи ушбу формуладан ҳисобланади:

$$\Delta t_{yp} = \frac{\Delta t_{max} - \Delta t_{min}}{\ln \Delta t_{max} / \Delta t_{min}} \quad (2.82)$$

Иссиқлик элткичларнинг кесишиб ўтган ва аралаш йўналишли ҳаракатида ўртача ҳаракатлангирувчи куч ушбу формуладан аниқланади:

$$\Delta t_{yp} = \varepsilon_{\Delta t} \frac{\Delta t_{max} - \Delta t_{min}}{\ln \Delta t_{max} / \Delta t_{min}} \quad (2.83)$$

бу ерда $\varepsilon_{\Delta t}$ - ўлчамсиз, коэффициент бўлиб, 2.11-расмдаги графикдан топиш мумкин.

Графиклардаги P ва R катталиқлар Боуман формуласидан топилади:

$$P = \frac{t_2'' - t_2'}{t_1' - t_2'}; \quad R = \frac{t_1' - t_1''}{t_2'' - t_2'} \quad (2.84)$$

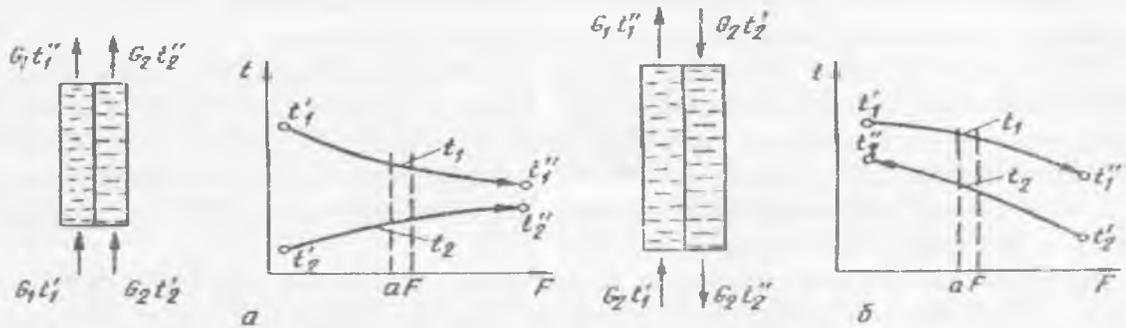
2.12. Иссиқлик алмашилиш қурилмалар конструкциялари

Маълумки, саноатнинг турли соҳаларида хилма-хил хом-ашё ва маҳсулотларни қайта ишлашда иссиқлик алмашилиш жараёнлари ва уларни амалга оширувчи қурилмалар жуда кенг миқёсда қўлланилади. Жараёнларни ўтказиш шартлари ва қурилмаларни қўллаш соҳасига қараб, иссиқлик алмашилиш қурилмаларнинг тузилиши турлича бўлади.

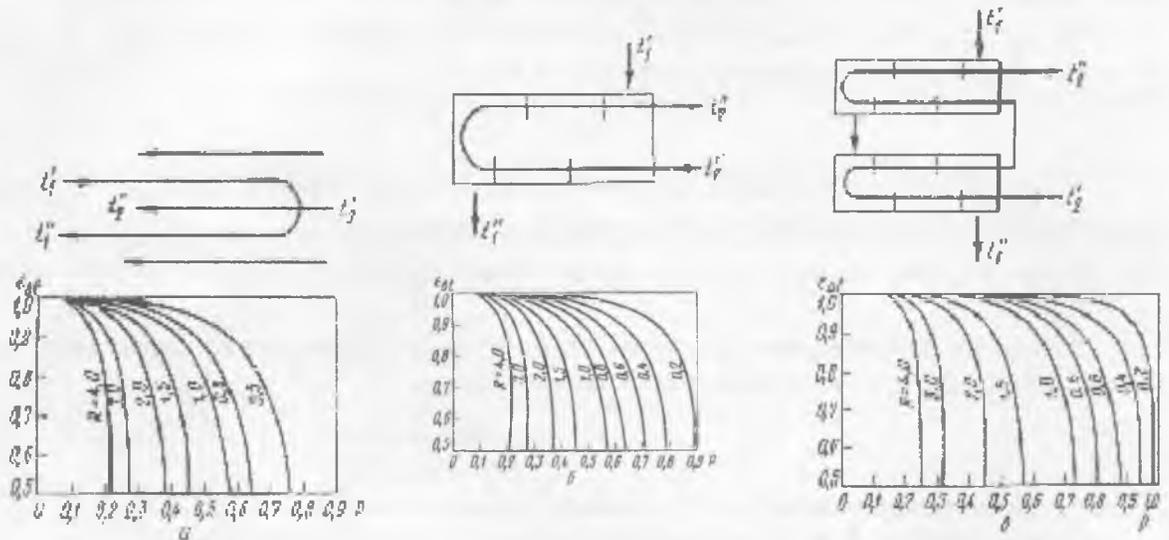
Ишлаш принципага қараб иссиқлик алмашилиш қурилмалари сиртий (рекуператив), регенератив ва аралаштирувчи (градирня, скруббер, аралаштирувчи конденсатор ва х.) қурилмаларга бўлинади. Сиртий иссиқлик алмашилиш қурилмаларида иссиқлик элткичлар девор билан ажратилган бўлиб, уларда бир муҳитдан иккинчисига иссиқлик ушбу девор орқали узатилади. Конструкциясига кўра сиртий иссиқлик алмашилиш қурилмалари қобик - трубаги, змеевикли, пластинаги, спиралсимон, қиррали, ғилофли, блок-графитли ва махсус иссиқлик алмашилиш қурилмаларига бўлинади.

Регенератив иссиқлик алмашилиш қурилмаларида бир иссиқлик алмашилиш юзаси галма-гал иссиқ ва совуқ элткичлар билан ювилиб туради. Агар, иссиқлик алмашилиш юзаси

иссиқ элткич билан ювилиб турса, муҳитнинг иссиқлиги ҳисобига исийди, совуқ элткич билан ювилганда эса - ўз иссиқлигини беради. Шундай қилиб, иссиқлик алмашиниш юзаси иссиқлик элткичнинг иссиқлигини йиғиб олади, сўнг эса совуқ элткичга беради.



2.10-расм. Иссиқлик элткичлар температураларининг ўзгариш схемаси.
а - параллел йўналиш; б - қарама - қарши йўналиш.



2.11-расм. Аралаш йўналишли қобик - трубаги иссиқлик алмашиниш қурилмасида иссиқлик элткичларнинг ҳаракат схемаси ва $\epsilon \Delta t$ коэффициентлари:

а - трубаглараро бўшлиғи бир ва трубаглар бўшлиғи эса, икки, тўрт, олти ва ундан ортик йўлли; б - қўндаланг тўсиқли трубаглараро бўшлиғи бир ва трубаглар бўшлиғи икки, тўрт, олти ва ортик йўлли; в - қўндаланг тўсиқли трубаглараро бўшлиғи икки ва трубаглар бўшлиғи тўрт йўлли.

Аралаштирувчи иссиқлик алмашиниш қурилмаларида иккала элткич бевосита ўзаро аралашуви пайтида иссиқлик алмашади.

Иссиқлик алмашиниш турига қараб қурилмалар иситкич, буғлаткич, совуткич ва конденсаторларга ажратилади.

Қўлланишига қараб, стандарт қобик трубаги иссиқлик алмашиниш қурилмаси 4 қўринишга бўлинади.

Қурилманинг тури унинг биринчи ҳарфи билан белгиланади: **И** - буғланиш қурилмаси; **К** - конденсатор; **Х** - совуткич; **Т** - иситкич.

Қурилманинг конструкциясида температура деформациясини компенсация қилувчи элементи шартли белгиланишда иккинчи ҳарф билан ифодаланади.

Иситкичларни ҳарфлар билан белгиланиш мисоллари: **ТН** - қўзғалмас труба

панжарали иситкич; **ХК** - қобиғида температура компенсаторли совуткич; **ТП** - ҳаракатчан қалпоқчали иситкич; **ИУ** - У-симон трубаи иситкич.

Шартли белгилашдаги учинчи ҳарфи қурилманинг бажарилишини ифодалайди: **Г** - горизонтал; **В** - вертикал.

Иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг шартли белгиланиш мисоллари.

Қўзғалмас труба панжарали горизонтал иситкич:

$$\frac{325Г25-1-1.6-Б9}{20Г6-4} \quad \text{ГОСТ 15122} - 79 \text{ бўйича}$$

Нисбатнинг суратида: 325 - қобик диаметри, мм (159 дан 1200 мм); Г - иситкич; 1- тақсимлаш камераси ажралмас қилиб бажарилган; 1.6 - шартли босим, МПа; Б9-қобик ва трубалар материали.

Нисбатнинг махражида: **20** - трубаинг ташқи диаметри, мм (қатор: 16, 20, 25, 38, 57 мм); **Г** - текис трубалар (Н - накаткали труба); **6** - труба узунлиги, м (қатор: К 1.5, 2., 3., 4., 6., 9. м); **4** - труба ичида суюқлик ҳаракати бўйича йўллар сони (қатор: 1, 2, 4, 6).

Ҳаракатчан қалпоқчали иситкич:

$$600 \text{ ТП} - 1.6 - \text{М1} 20 - 6 - 2 - \text{У} - \text{И} \quad \text{ТУ3612} - 023 - 00220302 - 01 \text{ бўйича}$$

бу ерда 600 - қобик диаметри, мм;

ТП - ҳаракатчан қалпоқчали иситкич;

1.6 - шартли босим, МПа; **М1** - материал; **20** - трубаинг ташқи диаметри, мм; **6** - труба узунлиги, м; **2** - икки йўлли; **У** - иқлимни инобатган олган конструкция; **И** - иссиқлик копламани маҳкамловчи деталлар билан.

Иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг асосий параметрлари

1) Қобик диаметри:

- ташқи (трубадан ясалган) $D_n = 159, 273, 325, 426$;

- ички (вальцлаб ясалган) $D_{ин} = 400, 600, 800, 1000, 1200, 1400$.

2) Труба узунлиги, м:

$l = 1, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0, 6.0, 9.0$.

3) Иссиқлик алмашиниш юзаси, m^2 :

$$F = \pi d_{ур} \cdot l \cdot n_{ум} \quad (2.85)$$

бу ерда $d_{ур}$ -трубаинг ўртача диаметри; l -иссиқлик алмашиниш трубаининг узунлиги; $n_{ум}$ - иситкичдаги трубаларнинг умумий сони.

2.12.1. Иситкич яратишнинг умумий кетма-кетлиги

1-босқич. Иссиқлик элткич бўйича маълумот тўплаш. Ушбу босқичда адабиётлардан иссиқлик элткичларнинг асосий хоссалари топилади [7,9,11]:

- физик хоссалари (ташқи кўриниш, кристалланиш ва қайнаш температураси, ковушқоқлик, сирт таранглик коэффиценти ва х.);

- иссиқлик- физик хоссалари (иссиқлик сизим, буғ ҳосил қилиш солиштирма иссиқлиги, иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти);

- коррозия хоссалари (ишчи температурада элткич муҳида асосий конструкцион материалларнинг коррозия тезлиги);

- захарлилик (токсикологик) хоссалари (иш жойида ҳаводаги, сув хавзасида сувнинг чегаравий руҳсат этилган концентрацияси);

- портлаш ва ёнғин мойиллик хоссалари (ёниш температураси, ўз-ўзидан ёниш, аланга таркалиш концентрация чегаралари).

Юқорида қайд этилган маълумотлар қурилманинг конструктив типини танлаш,

иссиқлик, гидравлик ва механик ҳисоблашлар, ҳамда меҳнат муҳофазаси ва саноат ҳавфсизлиги учун зарур.

2-босқич. Қурилма типини танлаш, схемани яратиш, қурилмани бошқа жихозлар билан труба қувурлари ёрдамида бирлаштириш.

Берилган топшириқ асосида қурилма типи (буғланиш қурилмаси, конденсатор, совуткич ёки иситкич) ва кўрсаткичлари танланади.

Қурилмани вертикал ёки горизонтал қилиб жойлаштириш, труба ичида ва трубалараро бўшлиқда ҳаракат йўналиши тўғрисида техник ечим қабул қилинади. Шу билан бирга қуйидаги қоидаларга риоя қилиш даркор:

- фақат иситиладиган ёки совутиладиган элткичлар иситкич ичида турбулент режимда ҳаракатланиши керак;
- агар, иссиқлик элткичлар буғланмаса ёки конденсацияланмаса, одатда улар қарама-қарши йўналишда ҳаракатланиши зарур;
- механик тозалаш қулай бўлган труба ичига унинг юзасида чўқинди ҳосил қиладиган суюқликни йўналтириш мақсадга мувофиқ;
- имкони борича иссиқлик элткичларнинг ҳаракат йўналишлари уларнинг табиий конвекциядаги йўналиши билан бир хил бўлиши шарт;
- иситкични ишга тушириш ва эксплуатация қилиш даврида унинг ичида газ ёки ҳаво йиғилиб қолмаслиги керак;
- иситкични таъмирлашга тайёрлаш даврида ундан иссиқлик элткичларни тўлик чиқариб юбориш зарур.

Иситкични сиғимли идишлар, насослар, реакторлар, масса алмашиниш қурилмалари билан труба қувурлари ёрдамида бирлаштиришнинг технологик схемаси ишлаб чиқилади.

3-босқич. Зарур технологик ва конструктив параметрларни аниқлаш. Ушбу босқичда қурилманинг тахминий ҳисоби қилинади, шу жумладан қуйидагилар:

- иссиқлик алмашиниш жараёнининг температура схемаси аниқланади;
- иссиқлик баланси тенгламаларидан иссиқлик элткичлар сарфи ва уларнинг қурилмага киришдаги ва чиқишдаги температуралари топилади;
- элткичларнинг ўртача температураси ва жараённинг ўртача температуралар фарқи ҳисобланади;
- аниқ иссиқлик алмашиниш турига мос иссиқлик ўтказиш коэффициентининг қиймати бўйича тахминий иссиқлик алмашиниш юзаси аниқланади;
- зарур ҳолатларда иссиқлик элткич ҳаракатига турбулент режимни таъминлаш учун бир йўлдаги трубалар сони ҳисобланади.

4-босқич. Стандарт иссиқлик алмашиниш қурилмани танлаш. Норматив хужжатлар асосида ҳисоблаб аниқланган параметрлар мос стандарт иссиқлик алмашиниш қурилмаси танланади ва унинг конструктив параметрлари ёзиб олинади. Зарур ҳолатларда бир нечта иситкич кетма-кет ёки параллел уланади.

5-босқич. Танланган қурилмани аниқловчи ҳисоби. Иссиқлик, гидравлик ва механик ҳисоблашлар бажарилади. Иссиқлик ҳисоблашлар даврида :

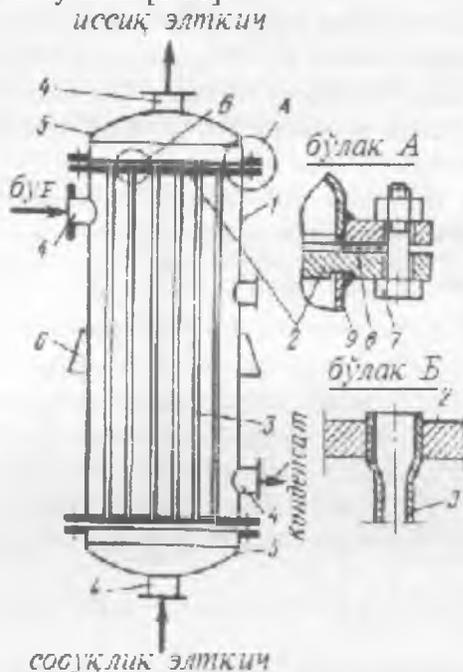
- ўртача температураларда иссиқлик элткичларнинг иссиқлик-физик хоссалари адабиётлардан топилади;
- иссиқлик ўтказиш коэффициенти ёки солиштирма иссиқлик оқимлар ҳисобланади;
- ҳисоблаб топилган иссиқлик алмашиниш юзасига нисбатан қанча заҳира юза бўлиши аниқланади, яъни:

$$F_{\text{ҳақиқий}} \geq k \cdot F_{\text{ҳисоб}} \quad (2.86)$$

6-босқич. Ҳисоб-тушунтириш хатини тузиш, иссиқлик алмашиниш юзасини лойиҳалаш ва курс лойиҳани аттестациядан ўтказиш.

2.13. Сиртий иссиқлик алмашиниш қурилмалари

Конструкциясига қараб ушбу турдаги қурилмалар қобик - труба, «труба ичида труба», змеевикли, спиралсимон, ювилиб турувчи, пластина, киррали, ғилофли, блок-графитли, шнекли ва ҳоказо бўлиши мумкин [1-26].



2.12-расм. Вертикал, бир йўлли қобик- труба иссиқлик алмашиниш қурилмаси.

1 - қобик; 2 - тешикли панжара; 3 - иситувчи трубалар; 4 - патрубк; 5 - қопқоқ; 6 - таянч; 7 - болт; 8 - кистирма; 9 - обечайка.

2.13.1. Қобик - труба иссиқлик алмашиниш қурилмаси

Ушбу қурилмалар мамлакат иктисодиятининг турли соҳаларида энг кенг тарқалган ва кўп ишлатиладиган туридир [32-35, 38]. Тешикли панжара 2 лар цилиндрик қобик 1 га пайвандлаш усулида маҳкамланади. Қурилма қобиғига болтли бирикма ёрдамида 2 та қопқоқ маҳкамланади. Иссиқлик элткичлар кириши ва чиқиши учун цилиндрик қобик 1 ва қопқоқ 5 ларда патрубклар ўрнатилган. Иссиқлик элткичлардан бири, масалан суюқлик, трубалар бўшлиғига йўналтирилса, у трубалар орқали ўтиб қопқоқнинг патрубкасидан чиқиб кетади. Бошқа иссиқлик элткич оқими эса, масалан буғ, трубалараро бўшлиққа йўналтирилади, иситувчи трубалар ташқи юзасига ўз иссиқлигини беради ва суюқ агрегат ҳолати (конденсат) га айланиб қобикнинг пастки патрубкасидан чиқазиб юборилади. Мухитлар орасидаги иссиқлик алмашиниш жараёни трубалар девори орқали амалга оширилади. Кўпинча, иситувчи трубалар пўлат, легирланган пўлат, мис, латунь, титан ёки бошқа материаллардан тайёрланиши мумкин.

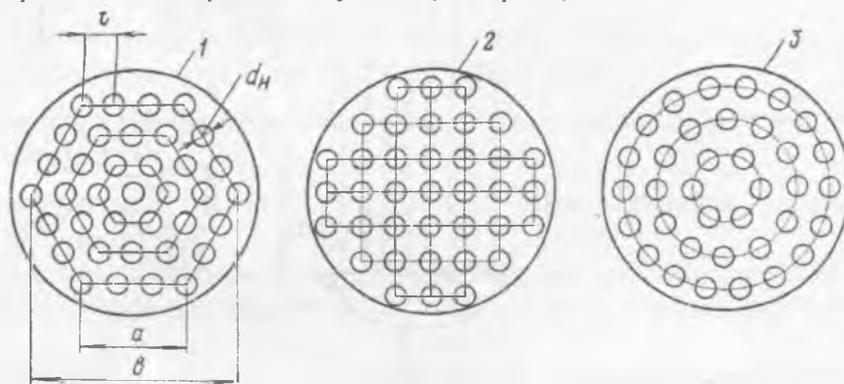
Агар, трубалар тебраниш, циклик қизишга, температуралар катта ўзгариши ёки уларнинг учлари иссиқлик таъсирида ўта исиб кетиш ҳоллари юз берадиган бўлса, унда трубаларнинг учи албатта тешикли панжарага пайвандланиш зарур. Пайвандлаш чоки чўктирилган, валик ва ариқчада валик, ҳамда ариқча ва бошқа кўринишларда бўлиши мумкин.

Одатда, қалин деворли трубаларни пайвандлаш мақсадга мувофиқдир. Агар, трубалар

кучланиш остида ишлатиладиган бўлса, портлатиб пайвандлаш тавсия этилади. Ушбу усулда трубаларни маҳкамлаш учун портлатиш заряд қуввати катта, тешикли панжаранинг ташки юзасини разенковка қилишни ва панжара ташқарисига труба учлари кўп чиқиб туриши керак. Бу усулда труба тешикли панжарага ўта мустаҳкам ҳолатда бириктирилади. Агар, труба банинг бир учи панжарага ушбу усулда портлатиб пайвандланса, иккинчи учи эса портлатиб развальцовка қилинса, энг юқори мустаҳкамликка эришса бўлади.

Ҳозирги кунда трубаларни тешикли панжарага маҳкамлашнинг энг замонавий, илғор технологияси - бу портлатиб вальцовка қилишдир. Бунда, портлатувчи заряд труба ичида, яъни учида жойлаштирилади. Сўнг эса, заряд капсуль ёрдамида портлатилади. Натижада, портлаш энергияси трубани радиал йўналишда деформация қилади ва тешикли панжара билан труба мустаҳкам бирикма ҳосил қилиб уланади. Бу усулдаги бирикма, развальцовка усулиникига қараганда анча мустаҳкамроқ бўлади. Портлатиб пайвандлаш усулини трубаларни таъмирлаш учун ҳам қўллаш мумкин. Трубаларни тешикли панжарага электрогидравлик маҳкамлаш ва бириктириш усули ҳам мавжуд.

Қобик - труба иссиқлик алмашиниш қурилмаларида труба тешикли панжарага куйидаги усулларда жойлаштирилиши мумкин (2.14-расм):



2.14-расм. Труба тешикли панжарасида трубаларни жойлаштириш схемаси.

а - тўғри олтибурчак томонлари ва чўккиларида;

б - квадрат томонлари ва чўккиларида; в - концентрик айланалар бўйлаб.

- тўғри олтибурчак чўкки ва кирралари ёки тенг ёнли учбурчак бўйлаб;
- концентрик айланалар бўйлаб;
- квадрат чўкки ва томонлари бўйлаб;
- шахматли кўринишда (бир ва ҳар хил кўндаланг кадамлари).

Ушбу усулларда трубаларни иссиқлик алмашиниш қурилмасида жойлаштириш, қурилманинг ихчам бўлиш шарт билан белгиланади. Ундан ташқари, ҳар бир қурилмага иложи бориға кўпроқ труба жойлаштиришга ҳаракат қилинади.

Кимё машинасозлигида тўғри олтибурчак томонлари ва чўккиларида трубаларни жойлаштириш кенг тарқалган. Бу усул учун, трубалар сонини аниқлашга куйидаги формула тавсия этилади:

$$n = 3a \cdot (a - 1) + 1 \quad (2.87)$$

бу ерда a - энг катта олтибурчак томонидаги трубалар сони; $b = 2a - 1$ - энг катта олтибурчак диагоналидаги трубалар сони.

Агар, трубалар тешикли панжарага развальцовка усулида маҳкамланса, унда трубаларни жойлаштириш қадами t ни, уларнинг ташқи диаметрига d_m қараб, ушбу ораликдан танланади:

$$t = (1,3 \dots 1,5) \cdot d_m \quad (2.88)$$

Пайвандлаб маҳкамлашда эса - $t = 1,25 \cdot d_m$.

Иссиқлик алмашиниш қурилмасининг диаметри куйидаги тенгламадан топилади:

$$D = t \cdot (b - 1) + 4d_m \quad (2.89)$$

Трубаларнинг узунлиги зарур иссиқлик алмашиниш юзаси F ва трубанинг ўртача

диаметри d_{yp} лардан келиб чиккан ҳолда ушбу формулада ҳисобланади:

$$l = \frac{F}{\pi \cdot n \cdot d_{yp}} \quad (2.90)$$

Қобик - трубаги иссиқлик алмашиниш қурилмаларида иссиқлик элткичларнинг йўналиши параллел ёки қарама - қарши бўлади. Иссиқ элткич қурилманинг юқори қисмидан трубалараро бўшлиққа, совук элткич эса, пастки қисмидан трубалар ичига юборлади. Натижада, буг иссиқлигини беради ва совийди, яъни конденсатга айланади ва пастга қараб ҳаракатланади. Температураси ортиши билан совук элткичнинг зичлиги камаяди ва у юқорига қараб кўтарилади. Агар, суюқликлар сарфи кўп бўлса, уларнинг тезлиги ҳам юқори ва иссиқлик алмашиниш жараёни интенсив бўлади. Ундан ташқари, суюқликларнинг қарама - қарши йўналишида уларнинг тезликлари бир хилда тақсимланиб, қурилманинг бутун кўндаланг кесимида иссиқлик алмашиниши ўзгармас бўлади.

2.13.2. Трубалар бўшлиғи тўсиқлари

Иссиқлик алмашиниш жараёнининг тезлигини ошириш учун икки ва ундан ортик йўлли иситкичлар қўлланилади.

Икки ва ундан ортик йўлли қурилмаларда трубаларни секцияларга ажратиш учун ёки суюқликнинг ҳаракат йўли сонига қараб қурилманинг қопқоғи билан труба тешикли панжарасининг орасига тўсиқлар ўрнатилади (2-18 жадвал). Бунинг натижасида суюқлик оқими учун йўллар сон, яъни иссиқлик алмашиниш юзаси ортади.

Шунга алоҳида эътибор бериш керакки, ҳар бир секциядаги трубалар сони бир хил бўлиши зарур. Икки ва унлан ортик йўлли қурилмаларда бир йўналишига қараганда, суюқликларнинг тезлиги йўллар сонига қараб пропорционал равишда ўзгаради.

2-18 жадвал

Қопқоқлар бўшлиғида тўсиқларни жойлаштириш схемаси

Тўсиқлар	Схема	Йўллар сони
Биринчи қопқоқда битта, иккинчисида эса бўлмайди		2
Ҳар бир қопқоқда биттадан бўлади.		4
Биринчи қопқоқда 3 та, иккинчисида эса 4 та бўлади.		6
Биринчи қопқоқда 4 та, иккинчисида эса 5 та бўлади.		8

Лекин, шуни унутмаслик керакки, йўллар сони ортиши билан қурилманинг гидравлик қаршилиги ҳам ортади ва тузилиши мураккаблашади.

Қопқоқ бўшлиғида ўрнатиладиган тўсиқларнинг калинлиги қопқоқ диаметрига

боғлиқ. Кам легиранган ва углеродли пўлатлардан тайёрланган тўсикларнинг қалинлиги 9...16 мм, мис ва никель қотишмалардан ясалганларники эса - 6...13 мм бўлади. Қопқоқ ва тўсикларнинг материали ҳар доим бир хил бўлиши шарт. Одатда, тўсиклар қопқоқларга пайвандланади ёки у билан бир бутун, яхлит қилиб қуюлади.

Интенсив иссиқлик алмашилини таъминлаш ва труба юзасида чўкинди ҳосил бўлиш тезлигини камайтириш учун элткичлар ҳаракат режими турбулент бўлиши керак, яъни қуйидаги шартлар бажарилиши лозим:

- трубалар бўйлаб ҳаракатланганда

$$Re_{mp} = \frac{w_{mp} \cdot d_{mp} \cdot \rho_{mp}}{\mu_{mp}} \geq 10000 \quad (2.91)$$

- трубаларни кўндаланг ювиб ўтганда

$$Re_{um} = \frac{w_{um} \cdot d_{um} \cdot \rho_{um}}{\mu_{um}} \geq 10000 \quad (2.91a)$$

Ушбу шартлар иситкичнинг труба ва трубалараро бўшлиқлар ўтиш кўндаланг кесим S_{mp} ва S_{um} юзаларини зарур қийматини белгилайди:

$$S_{mp} \leq \frac{G_{mp}}{\rho_{mp} \cdot w_{mp}} = \frac{G_{mp} \cdot d}{\mu_{mp} \cdot 10^4} \quad (2.92)$$

$$S_{um} \leq \frac{G_{um}}{\rho_{um} \cdot w_{um}} = \frac{G_{um} \cdot d}{\mu_{um} \cdot 10^3} \quad (2.93)$$

2.13.3. Трубалараро бўшлиқдаги тўсиклар.

Маълумки, иссиқлик алмашилини қурилмаларида биринчи муҳит трубалар ичида ҳаракат қилса, иккинчиси - трубалараро бўшлиқда. Агарда, трубалар ўрама кўндаланг ҳаракатланаётган иссиқлик (ёки совуқлик) элткич оқими билан ювилиб турилса, иссиқлик бериш бўйлама ҳаракатланаётганга қараганда, анча интенсив бўлади.

Трубалар дастасининг эгилиши ва тебранишини, ҳамда трубалараро бўшлиқдаги трубаларнинг кўндаланг оқим билан ювилиб туришини ташкил этиш мақсадида ва қобик ичида суюқлик ҳаракатининг тезликлари юқори бўлиши учун кўндаланг тўсиклар ўрнатилади.

Кимё машинасозлигида энг кўп қўлланиладиган бир томонли 1 ва 2 сегмент тўсиклар (2.15-расм), диск - халқа типидagi 3 ва 4 тўсиклар (2.15б-расм) ва икки томонли 5 ва 6 сегмент тўсиклардир (2.15в-расм). Ундан ташқари труба ўрамини ёпувчи, уч томонлама жойлаштириладиган ва бошқа турдаги сегмент тўсиклар ишлатилади.

2-19 жадвал

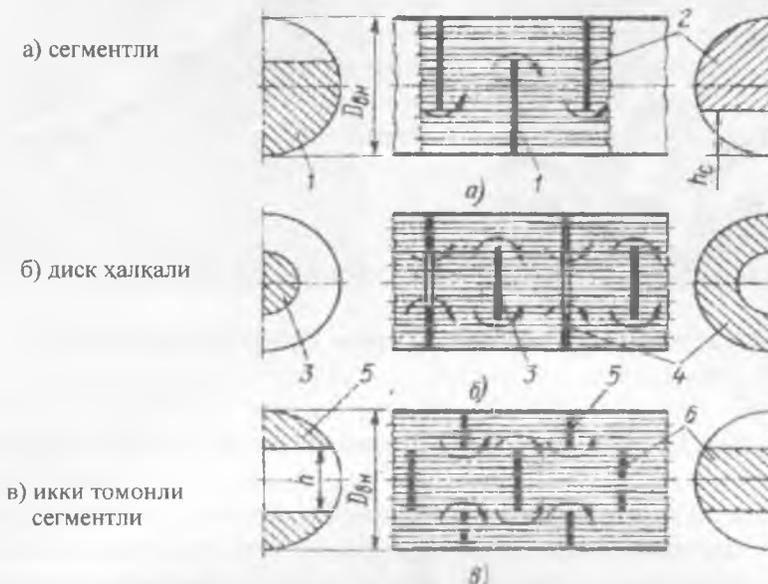
Қобикнинг ички диаметри $D_{вн}$, мм	<325	<355	<355(>1550)	>1550
Трубанинг таянчсиз узунлиги L , мм	<610	610...1524	>1524(<610)	>1524
Тўсиклар умумий қалинлиги $\Sigma\delta$, мм	3...4	4...9	9...10	19...20

Босим йўқотилиши Δp ни камайтириш мақсадида икки томонлама ва уч томонлама жойлаштириладиган сегмент тўсиклар қўлланилади. Бу икки турдаги тўсиклар Δp йўқотилишини 60...100% га пасайтириш имконини беради.

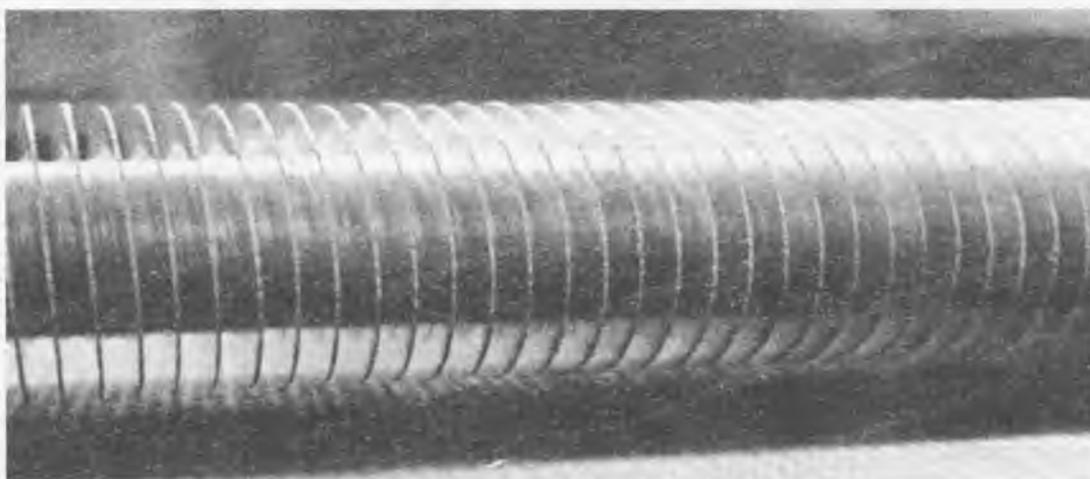
Тўсикдан кесиб олинган қисми орқали суюқлик бир бўлимдан иккинчисига оқиб ўтади. Унинг баландлиги h нинг қобик диаметри $D_{иқ}$ га нисбатан қуйидаги сон қийматларига тенг: бир томонлама сегмент тўсик учун $h/D_{иқ}=0,15...0,4$; икки томонлама учун $h/D_{иқ}=0,2...0,3$.

Қўндаланг тўсиклар бир каватли ёки бир неча перфорация қилинган листлардан йиғилган бўлиши мумкин. Одатда, битта листнинг қалинлиги $\delta=1,5...2$ мм бўлади.

Трубалараро бўшлиқда иссиқлик алмашилиш коэффициентининг қийматини ошириш учун трубаларнинг ташқи юзаси қиррали қилиб ясалади, яъни текис труба ўрнига қовурғаланган трубалар жойлаштирилади (2.16-расм).



2.15-расм. Қобик трубаи иссиқлик алмашилиш қурилмаларида қўлланиладиган қўндаланг тўсиклар турлари.

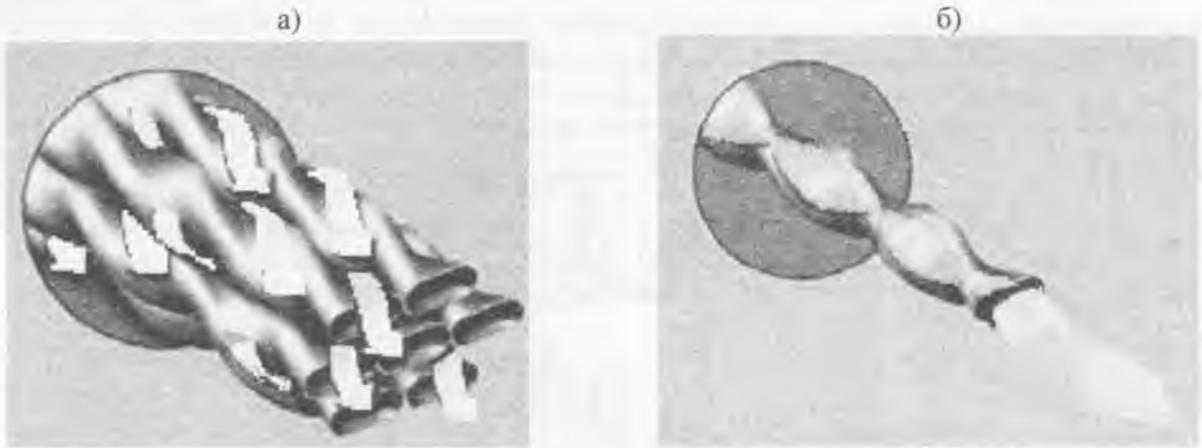


2.16-расм. Қовурғаланган иссиқлик алмашилиш трубаси.

Трубалараро бўшлиқда иссиқлик алмашилиш жараёнини интенсивлаш учун бурама иссиқлик алмашилиш трубаларидан фойдаланилади (2.17а, 2.17б-расмлар) [37].

2.17а-расмда трубалараро бўшлиқда элткичнинг ҳаракат йўналишлари стрелкалар ёрдамида тасвирланган. 2.17б-расмда эса труба ичида элткичнинг ҳаракати стрелкалар орқали кўрсатилган.

Бурама трубалардан ясалган иситкичлар газ аралашмаларини чуқур совитиш усулида ажратиш жараёнларини юқори босимда кенг қўламда қўлланилади. Бу турдаги иситиш қурилмалари температура кучланишларини туфайли ҳосил бўладиган деформацияларни ўз-ўзидан компенсация қила олиш хусусиятига эга.



2.17-расм. Бурама труба трубалараро (а) ва труба (б) бўшлик элементлари.

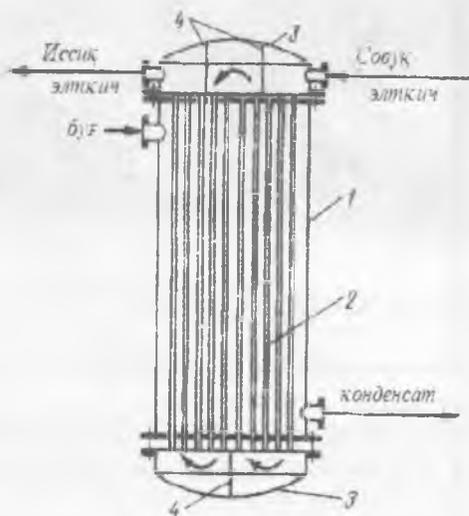
2.13.4. Кўп йўлли қобик трубаги иссиқлик алмашиниш қурилмаси

2.18-расмда тўрт йўлли қурилма тасвирланган. Трубалар бўшлиғи секцияланиши туфайли, секциядаги трубалар сони бутун қурилманинг қараганда камайди. Бу эса, суюқлик оқими ҳаракатланадиган қўндаланг кесим юзаси камайишига ва иссиқлик элткич тезлигининг ортishiга олиб келади [39].

Масалан, тўрт йўлли қурилмада, бир йўлликка қараганда суюқликнинг тезлиги тўрт марта кўп бўлади. Ушбу ҳол эса, трубалар бўшлиғида иссиқлик бериш коэффициентини ўсишига сабабчи бўлади.

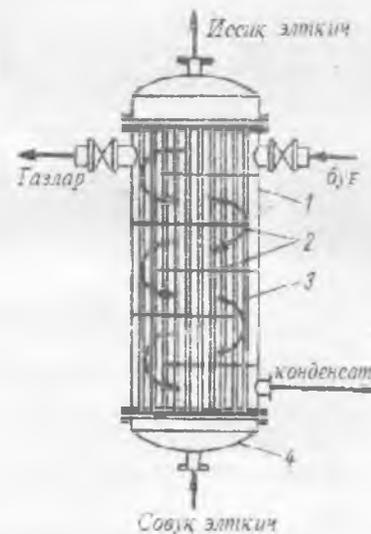
Шуни назарда тутиш керакки, ҳар доим термик қаршилиги юқори иссиқлик элткичининг тезлигини ошириш мақсадга мувофиқдир.

Трубалараро бўшлиқда суюқлик оқими тезлигини ва ҳаракат йўлини узайтириш мақсадида сегмент тўсиклар ўрнатилади (2.19-расм).



2.18-расм. Кўп йўлли иссиқлик алмашиниш қурилмаси (труба бўшлиғи бўйича).

1 - қобик; 2 - иситувчи труба;
3 - қопқок; 4 - тўсик.



2.19-расм. Кўп йўлли иссиқлик алмашиниш қурилмаси (трубалараро бўшлиқ бўйича).

1 - қобик; 2 - тўсик;
3 - иситувчи труба; 4 - қопқок.

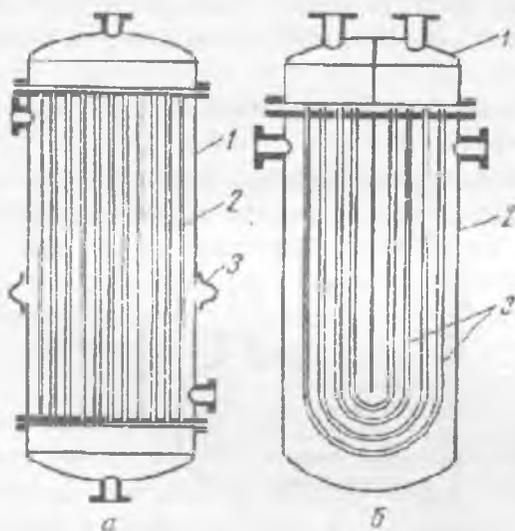
Труба ўрами учун оралиқ таянчлар вазифасини ҳам бажаради. Одатда, горизонтал қурилмалар кўп йўлли қилиб ясалади ва уларда суюқликлар тезлиги юқори бўлади. Бундай қилишдан мақсад, температура ва зичликлар фарқи остида суюқликларнинг қатламларга ажралиб, ҳамда ҳаракатсиз зоналар ҳосил қилмаслигини таъминлашдир.

Агар, иссиқлик алмашиниш қурилмаси қўзғалмас тешик панжара тузилиши, қобик ва трубалар температураларининг ўртача фарқи 50°C дан катта бўлса, қобик ва трубалар узайиши ҳар хил бўлади. Бу ҳол ўз навбатида тешикли панжарада катта кучланишлар ҳосил қилади ва панжарадаги трубалар зичланишини, пайванд чокларини бузади ва йўл қўйиб бўлмайдиган иссиқлик элткичлар аралашшига олиб келади. Шунинг учун, температуралар фарқи катта бўлганда, температура таъсирида узайишини компенсация қиладиган иссиқлик алмашиниш қурилма конструкциялари қўлланилади.

2.13.5. Линза компенсаторли иссиқлик алмашиниш қурилмаси.

Ушбу турдаги қурилмалар суюқликлар температура фарқи катта бўлганда ишлатилади. Линзали компенсаторлар. Горизонтал иссиқлик алмашиниш қурилмаларида ушбу сегмент тўсиқлар температура деформациясини бартараф қилади. Бу турдаги қурилмалар труба ва трубалараро бўшлиқлари босимлар $P \leq 6 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$ бўлганда ишлатилади.

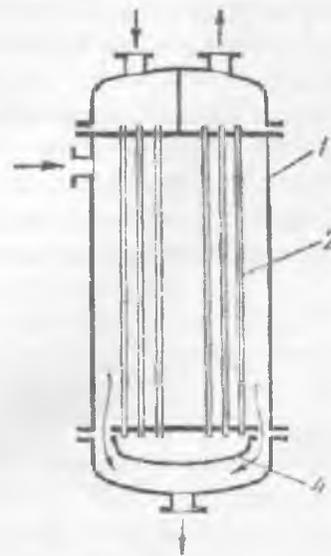
Линзали компенсатор иссиқлик алмашиниш қурилмалар қобиғига пайвандлаб қўйилади ва у эластик деформация остида сиқилади ёки узаяди. Бундай қурилмалар тузилиши содда ва ихчам. Ундан ташқари, вертикал қилиб ясалган линза компенсаторли қурилмалар кўп жой эгалламайди.



2.20-расм. Температура кучланишларини компенсация қилувчи иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг тузилиши.

А - линза компенсаторли: 1 - қобик; 2 - иситувчи труба; 3 - линзали компенсатор.

Б - U-симон труба: 1 - қобик; 2 - қобик; 3 - U-симон иситувчи трубалар.



2.21-расм. Ҳаракатчан қалпоқчли иссиқлик алмашиниш қурилмаси.

1-қобик; 2-иситувчи трубалар; 3-ҳаракатчан қалпоқча.

2.13.6. U-симон трубаи иссиқлик алмашиниш қурилмаси.

Бундай қурилмаларда битта тешикли труба панжараси бўлиб, U-симон трубанинг иккала учи унга маҳкамланади. Шунинг алоҳида айтиш керакки, трубаларнинг ўзи компенсацияловчи мослама функциясини бажаради (2.20б-расм). Қурилма тузилиши содда ва трубалар-

нинг ташқи юзасини тозалаш осон. Ундан ташқари, икки ва ундан ортиқ йўлли бўлгани учун иссиқлик алмашилиш жараёни интенсив бўлади. Трубаларнинг ички юзасини тозалаш қийин ва тешикли панжарада кўп миқдорда трубалар жойлаштириш мураккаб.

2.13.7. Ҳаракатчан қалпоқчали иссиқлик алмашилиш қурилмаси

Труба ва қобиғнинг катта силжишини таъминлаш зарур бўлган ҳолларда ҳаракатчан қалпоқчали иссиқлик алмашилиш қурилмаларидан фойдаланилади (2.21-расм).

Қурилманинг пастки тешикли труба панжараси ҳаракатчан бўлганлиги учун бутун трубалар ўрама қўзғалмас қобиғига нисбатан мустақил, эркин ҳаракат қила олади. Бу эса ҳавфли бўлган трубалар температура деформацияси, уларнинг тешикли панжара билан зичланишининг бузилиши олдини олиш имкониятини беради. Лекин, шуни қайд қилиш керакки, температура таъсирида узайиши компенсация қилиш, қурилмани мураккаблашиши ва оғирлашиши ҳисобига эришилади.

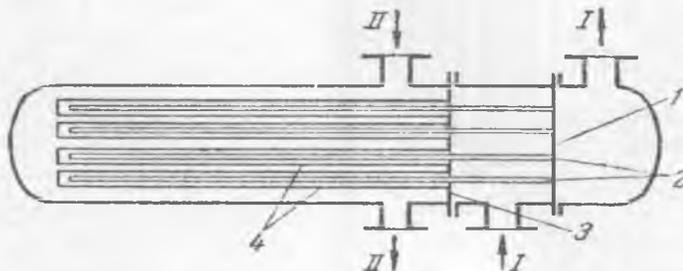
2.13.8. Қўшалок трубаи иссиқлик алмашилиш қурилмаси.

Қурилманинг бир томонида иккита тешикли труба панжараси ўрнатилган бўлади (2.22-расм).

Тешикли панжара I да кичик диаметрли иккала учи очик трубалар ўрама 2 маҳкамланса, панжара 3 да эса, катта диаметрли чап учи ёпик трубалар маҳкамланади. Ички труба ташқи трубаининг ўртасида жойлашиши шарт. Муҳитлардан бири I қурилманинг ички 2 ва ташқи 4 трубалари ҳосил қилган халқасимон бўшлиқ орқали ҳаракатланиб, труба 2 орқали трубалараро бўшлиқдан чиқариб юборилади. Иккинчи муҳит II эса, юқоридан пастга қараб қурилманинг трубалараро бўшлиғидан ҳаракат қилади ва труба 4 нинг ташқи юзасини ювиб чиқиб кетади.

Бундай қурилмаларда температура таъсирида трубалар бир - биридан бевосита исталган миқдорда узайиши мумкин.

Қўшалок трубаи иссиқлик алмашилиш қурилмаларининг афзалликлари: содда, трубалараро бўшлиқда юқори босимларни қўллаш мумкин ва қарама - қарши йўналишли қобиқ - трубаи қурилмага ўхшаб ишлайди.



2.22-расм. Қўшалок трубаи қобиқ - трубаи иссиқлик алмашилиш қурилмаси:

1, 3 - тешикли панжара; 2 - ички труба; 4-ташқи труба.

Камчиликлари: оддий қобиқ - трубаи иссиқлик алмашилиш қурилмасига нисбатан ўлчами катта ва нархи қиммат.

Қобиқ - трубаи иссиқлик алмашилиш қурилмалари суюқлик ва конденсацияланаётган буғ орасида иссиқлик алмашилиш учун қўлланилади. Одатда, суюқ фаза трубалар ичига йўналтирилади, буғ эса - трубалараро бўшлиққа.

Қобиқ - трубаи иссиқлик алмашилиш қурилмаларининг афзалликлари: ихчам, металл сарфи кам, U-симон трубаи қурилмадан ташқари ҳамма қурилмалардаги трубалар

ичини тозалаш нисбатан осон.

Камчиликлари: иссиқлик элткичлар тезлигини ошириш мураккаб (кўп йўлли қурилмалардан ташқари); трубалараро бўшлиқни тозалаш қийин; трубалараро бўшлиқни кузатиш ва таъмирлаш учун имкониятлар чегаранланган; развальцовка ва пайвандлашга мойил бўлмаган материаллардан, бу турдаги қурилмаларни яшаш мураккаб.

2.13.9. "Труба ичида труба" иссиқлик алмашиниш қурилмаси

Саноат миқёсида машинасозлик корхоналарида 4 типдаги стандарт иситкичлар ишлаб чиқаради [40]:

1. Бир оқимли ажралмас қурилмалар бўлиб, асосан лаборатория ва пилот ускуналарда қўлланилади;

2. Ажралувчан кичик унумдорликка эга иситкичлар лаборатория ва пилот ускуналарда мазут ва бошқа нефт махсулотларни ёки мойларни иситиш ва совитиш учун ишлатилади;

3. Бир оқимли ажралувчан қурилмалар бўлиб, тозалаш ускуналарида, шу жумладан нефт шламларини ёкишда, оқова сувларни қайта ишлаш, ҳамда ифлосланган махсулотларни иситиш учун қўлланилади;

4. Кўп оқимли ажралувчан қурилмалар бўлиб, катта ҳажмдаги (трубалар бўшлиғи бўйича 200 т/соат ва трубалараро бўшлиқ бўйича 300 т/соат) ишчи суюқликларни қайта ишлашда қўлланилади;

Ушбу турдаги қурилма бир нечта элементлардан таркиб топган бўлади (2.23-расм).

Ҳар бир элемент катта диаметрли ташқи труба 1 (одатда 25...159 мм) ва концентрик жойлаштирилган ички труба 2 (одатда 57...219 мм) лардан ташкил топган. Совуқлик элткич труба ичида ҳаракатланса, иссиқлик элткич трубалараро бўшлиқда ҳаракатланади. Иссиқлик алмашиниш ички трубанинг девори орқали амалга ошади.

Ушбу қурилмаларнинг труба ва трубалараро бўшлиғида юқори тезликларга (3,0 м/с гача) эришса бўлади. Агар, катта юзалар зарур бўлса, бир неча секциялардан батарея ҳосил қилиш осон ва мумкин.

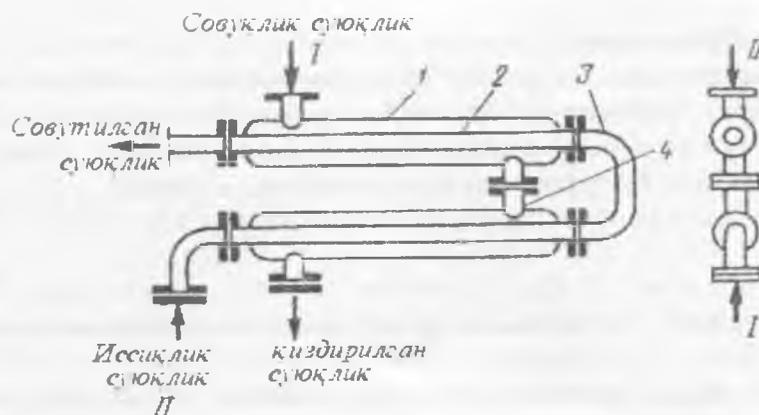
Бу турдаги қурилмаларда суюқликлар сарфи катта ва «суюқлик – суюқлик», «суюқлик – буғ» системаларида иссиқлик алмашиниш учун қўлланилади.

"Труба ичида труба" иссиқлик алмашиниш қурилманинг афзалликлари: тузилиши ва ясаилиши содда; суюқликлар тезликлари катта бўлгани учун иссиқлик ўтказиш коэффициенти юқори.

Камчиликлари: қўпол; металл сарфи кўп, трубалараро бўшлиқни тозалаш қийин.

Ажралувчан конструкцияли «труба ичида труба» типдаги иссиқлик алмашиниш қурилмаларида, температура ортиши билан ташқи трубаларга боғлиқ бўлмаган ҳолда, ички трубалар узайиши мумкин (2.23а,в-расм). Қурилманинг конструкцияси иссиқлик алмашиниш трубаларининг ички юзасини ифлослик ва қуйқалардан мунтазам равишда механик тозалаб туриш имконини беради. Ундан ташқари, бу қурилмаларда трубаларни алмаштириш жараёнини амалга ошириш учун уларни ечиб олиш осон ва ташқи юзасини тозалаш мумкин.

Кўп оқимли иссиқлик алмашиниш қурилмаларидаги (2.23 б-расм) тақсимлаш камераси 1 оқимларни труба 6 ларга бўлиб беради. Қобик-труба 4 ва труба-қобик 2 ларнинг тешикли панжараси орасида тақсимлаш камераси 3 жойлашган. Ушбу камера трубалараро бўшлиқда ҳаракатланаётган муҳит учун мўлжалланган. Кўп оқимли қурилмаларнинг ички ва ташқи трубалари иккита йўлли бўлади.



2.23-расм. "Труба ичида труба" типдаги, бир оқимли иссиқлик алмашиниш қурилмаси.

1 – ташқи труба; 2 - ички труба; 3 - калач; 4 – патрубкa.

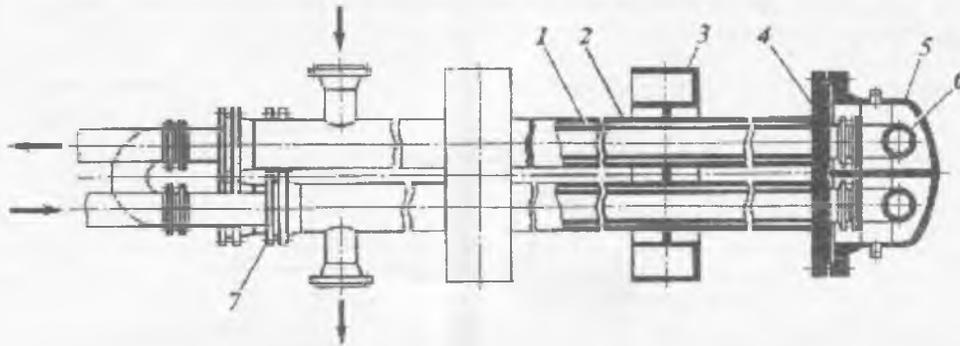
Бу турдаги қурилмаларда оқимларнинг ҳаракат тезлиги қобик-трубали қурилмаларникига караганда анча юқори. Шу сабабли иссиқлик ўтказиш коэффициенти ва труба юзасининг иссиқлик кучланиши катта бўлади. Ундан ташқари, иссиқлик алмашинувчи муҳитларни қарама-қарши йўналишда ҳаракат қилишини ташкил этиш осон.

2-20 жадвал

1 ва 2 оқимли бўлақларга ажралувчан ва ажралмас «труба ичида труба» иссиқлик алмашиниш қурилмасининг асосий параметрлари

Труба диаметри, мм	Параллел оқимлар	Трубалар сони	Қуйидаги труба узунликлари учун иссиқлик алмашиниш юзаси $F, м^2$						Кобик диаметри, мм
			1,5	3,0	4,5	6,0	9,0	12,0	
25x3	1	1*	0,12	0,24	0,36	0,48	-	-	57x4
		2	0,24	0,48	0,72	0,96	-	-	
		4	0,48	0,96	1,44	1,92	-	-	
38x3,5	1	1*	0,18	0,36	0,54	0,72	-	-	57x4, 76x4, 89x5
		2	0,36	0,72	1,08	1,44	-	-	
		4	0,72	1,44	2,16	2,88	-	-	
48x4	1	1*	0,23	0,45	0,68	0,90	-	-	76x4, 89x5, 108x4
		2	0,46	0,90	1,36	1,80	-	-	
		4	0,92	1,80	2,72	3,60	-	-	
57x4	1	1*	0,27	0,54	0,81	1,08	-	-	89x5, 108x4
		2	0,54	1,08	1,62	2,16	-	-	
		4	1,08	2,16	3,24	4,32	-	-	
76x4	1	1*	-	-	-	1,43	2,14	2,86	108x4, 133x4
		2	-	-	2,14	2,86	4,28	-	
89x5	1	1*	-	-	-	1,68	2,52	3,36	133x4, 159x4,5
		2	-	-	2,52	3,36	5,04	-	
108x4	1	1*	-	-	-	2,03	3,05	4,06	159x4,5, 219x6
		2	-	-	3,05	4,06	6,10	-	
133x4	1	1*	-	-	-	2,50	3,75	5,00	219x6
		2	-	-	3,76	5,00	7,50	-	
159x4,5	1	1*	-	-	-	3,00	4,50	6,00	219x6
		2	-	-	4,50	6,00	9,00	-	

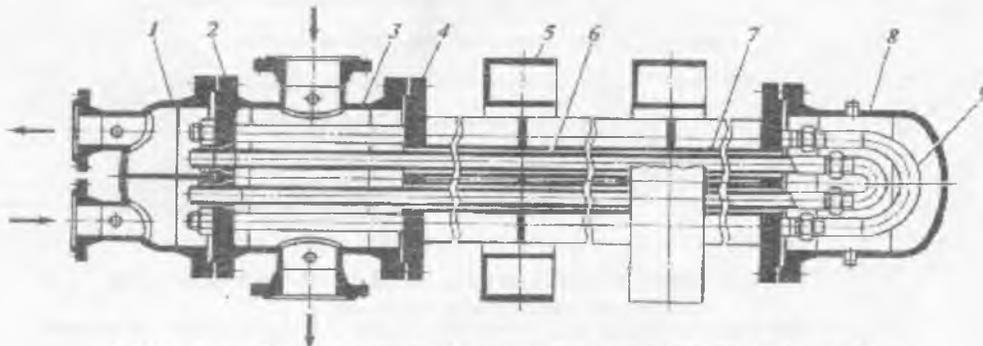
Бир ва кўп оқимли қурилмаларнинг трубаларида иссиқлик элткичлар таркибидаги агрессив ва механик ифлосликлар камроқ ўтириб қолади. Кўпчилик ҳолларда, «труба ичида труба» қурилмаларининг иссиқлик кўрсаткичлари қобик-трубали қурилмаларникига караганда анча юқори бўлади.



2.24а-расм. «Труба ичида труба» типда ажралувчан, бир оқимли иссиқлик алмашиниш қурилмаси.

1-иссиқлик алмашиниш трубаси, 2-труба-қобик; 3-таянч; 4-қобик-труба тешикли панжараси; 5-бурилиш камераси; 6-қўшалок труба;

Айрим ҳолларда, қурилманинг ички трубаларнинг ташқи юзаси қиррали қилиб ясалади. Натижада, иссиқлик алмашиниш юзаси 4...5 маротаба ортади. Одатда бу усулдан трубанинг бирорта муҳит ҳаракатланаётган томонида иссиқлик бериш коэффициентини ошириш қийин бўлганда (газ, қовушқок суюқлик ҳаракатида ёки ламинар режимда) фойдаланилади. Бундай ҳолларда, қиррали трубаларни қўллаш, узатилаётган иссиқлик миқдорини анчага ошириш имконини беради.



2.24б-расм. «Труба ичида труба» типдаги ажралувчан, кўп оқимли иссиқлик алмашиниш қурилмаси.

1-биринчи таксимлаш камераси; 2-трубалар тешикли панжараси; 3-иккинчи таксимлаш камераси; 4-труба-қобик тешикли панжараси; 5-таянч; 6-иссиқлик алмашиниш трубаси; 7-труба-қобик; 8-бурилиш камераси; 9-қўшалок труба.

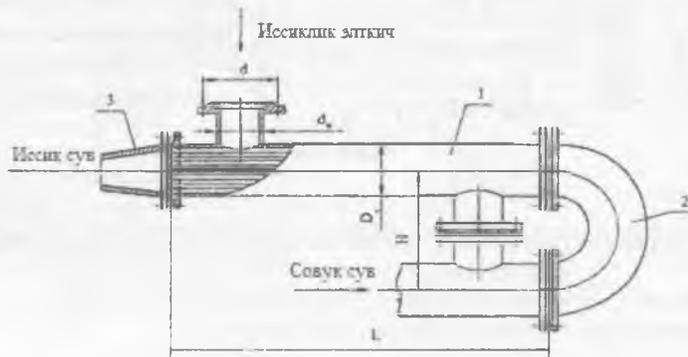
2-21 жадвал

Кўп оқимли булақларга ажралувчан «труба ичида труба» иссиқлик алмашиниш қурилмасининг асосий параметрлари

Параллел оқимлар	Трубалар сони	Қуйидаги труба узунликлари учун иссиқлик алмашиниш юзаси $F, \text{м}^2$			Оқимнинг қундаланг кесими, $f \cdot 10^4 \text{м}^2$	
		3,0	6,0	9,0	Труба ичида	Трубалараро бушлиқда
3	6	3	6	-	38	92
5	10	5	10	-	63	154
7	14	-	14	21	88	216
12	24	-	24	36	151	371
22	44	-	44	66	277	680

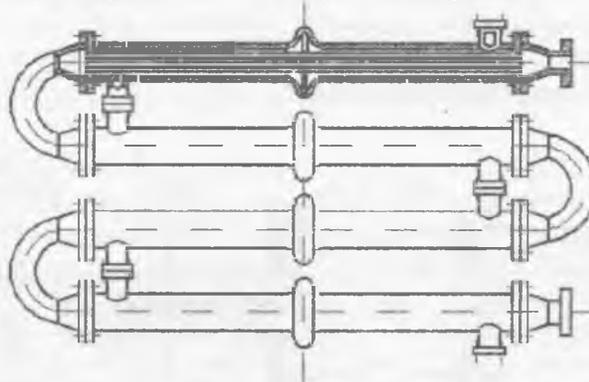
Секцияли иссиқлик алмашиниш қурилмалари труба ўрамининг узунлиги қобик диаметрига нисбатан 10 ва ундан ортиқ маротаба катта. Шунинг учун, бу турдаги қурилмаларда фақат элткичлар фақат иккита ҳаракат схемаси мавжуд: параллел ва қарама-қарши.

Стандарт секцияли иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг асосий ўлчамлари ва конструктив бажарилиши 2.25-расмда ва линза компенсаторли қурилма тури 2.26-расмда келтирилган.



2.25-расм. Секцияли иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг асосий ўлчамлари.

1-секция; 2-фланецли калач; 3-фланецли торайгич.



2.26-расм. Линза компенсаторли, секцияли труба ичида труба иссиқлик алмашиниш қурилмаси.

2-22 жадвал

Линза компенсаторли «труба ичида труба» иссиқлик алмашиниш қурилмасининг асосий параметрлари

Шартли белги	Ўлчамлари, мм					Юза, м ²	Труба сони, дона	Иссиқлик оқими, кВт	Секция массаси, кг
	L	D/D _c	d _n	d	H				
57-2000-P	2000	57/51	48	110	200	0,38	4	14	24
57-4000-P	4000					0,75		23,9	37
76-2000-P	2000	76/70	57	125	200	0,65	7	22,5	33
76-4000-P	4000					1,32		38,9	52
89-2000-P	2000	89/82	76	145	240	0,93	10	31,7	40
89-4000-P	4000					1,88		54,9	64
114-2000-P	2000	114/107	89	160	300	1,79	19	63,8	58
114-4000-P	4000					3,58		110	91
168-2000-P	2000	168/159	133	210	400	3,49	37	109	113
168-4000-P	4000					6,98		191	194
219-2000-P	2000	219/207	159	240	500	5,75	61	203	173
219-4000-P	4000					11,51		349	301
273-2000-P	2000	273/259	219	295	600	10,28	109	398	262
273-4000-P	4000					20,56		674	462
325-2000-P	2000	325/309	273	350	600	14,24	151	549	338
325-4000-P	4000					28,49		931	599

**Бир оқимли бўлақларга ажралмас «труба ичида труба»
иссиқлик алмашилиш қурилмасининг асосий элементларининг материали**

Элементнинг материал буйича ижроси	Қобик ва трубалар	Махсус учликлар (тройниклар)	Ниппель ва фланецли бирикмалар
M1	Пулат Ст.20		
M3	Ст.08X18Н10Т ёки 12X18Н10Т	Ст.12X18Н10Т	

2-24 жадвал

**Кичик ўлчамли «труба ичида труба»
иссиқлик алмашилиш қурилмасининг асосий қисмларининг материали**

Қисмнинг материал буйича ижроси	Трубалар		Тешикли панжаларлар	Камералар
	иссиқлик алмашилиш	қобик		
M1	Ст.20	Ст.20	Ст.16ГС	Ст.20
M2	Ст.08X18Н10Т			
M3	ёки 12X18Н10Т	Ст.08X18Н10Т ёки 12X18Н10Т	Ст.12X18Н10Т	Ст.08X18Н10Т ёки 12X18Н10Т
M4	Ст.15X5М	Ст.20	Ст.16ГС	Ст.20

2-25 жадвал

**Бир оқимли ажралувчан «труба ичида труба»
иссиқлик алмашилиш қурилмасининг асосий қисмларининг материали**

Қисмнинг материал буйича ижроси	Трубалар		Камера
	иссиқлик алмашилиш	қобик	
M1	Ст.20	Ст.20	
M2	Ст.08X18Н10Т ёки 12X18Н10Т		
M3	Ст.08X18Н10Т ёки 12X18Н10Т		
M4	Ст.15X5М		

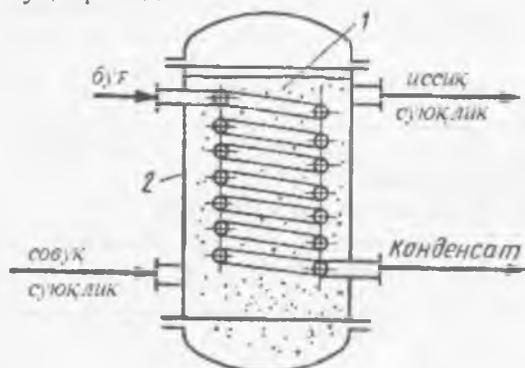
2-26 жадвал.

Материал основных узлов многопоточных теплообменных аппаратов

Материал буйича қурилма ижроси	Труба бўшлиғи			Трубалараро бўшлиқ			
	Иссиқлик алмашилиш	Труба панжараси	Таксимлаш камераси	Қобик трубаси	Труба панжараси	2-таксимлаш камераси	Бурилиш камераси
M1	Ст.20	Ст.16ГС	Ст. 20 или 16ГС	Ст.20	Ст. 16ГС		Ст. 20 ёки 16ГС
M2	Ст. 08X18 Ст. 08X18Н10Т ёки 12X18Н10Т Н10Т ёки 12X18Н10Т	Ст. 12X18Н10Т	Ст. 08X18Н10Т ёки 12X18Н10Т, икки қатламли пулат 16ГС+12X18Н10Т ёки ВС3сп+12X18Н10Т				
M4	Ст.15X5М		Ст. 15X5М, икки қатламли пулат 12МХ+08X13				

2.13.10. Змеевикли иссиқлик алмашиниш қурилмаси.

Змеевик шаклида эгилган труба цилиндрик қобикли идишга ўрнатилган бўлади (2.27-расм) [41]. Цилиндрик қобикли идиш 2 иситилиши зарур бўлган суюқлик билан тўлдирилади.



2.27-расм. Змеевикли иссиқлик алмашиниш қурилмаси.

Змеевиклар кўпинча 15...75 мм диаметри трубалардан ясалади. Цилиндрик идишнинг ҳажми катта бўлгани учун, суёқликнинг тезлиги кичик, яъни иссиқлик бериш коэффициентининг қиймати паст бўлади. Иссиқлик элткич одатда змеевик ичига юборилади. Бу турдаги қурилмалар ҳам микдордаги суёқликларни иситиш учун мўлжалланган.

Змеевикли иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг афзалликлари: тузилиши содда; нархи арзон; тозалаш ва таъмирлаш осон; юқори босим (0,2...0,5 МПа) қўллаш мумкин; кимёвий фаол суёқликларни иситиш ҳам мумкин; иситиш юзаси 10...15 м²; суёқлик ҳажми катталиги учун ишчи режимлар ўзгариши жараёнга сезиларли таъсир этмайди.

Ушбу турдаги қурилманинг камчиликлари: суёқликнинг тезлиги ва иссиқлик бериш коэффициенти кичик; труба ички деворини тозалаш қийин; $l/d \geq 200...275$ бўлса, змеевик пастада конденсат йиғилади, иссиқлик алмашиниш ёмонлашади ва гидравлик қаршилик ортиб кетади.

2-27 жадвал

Змеевикли иссиқлик алмашиниш қурилмасининг асосий параметрлари

Иссиқлик алмашиниш юзаси $F, \text{ м}^2$	Змеевик					Обечайка		
	труба диаметри $d, \text{ мм}$	Труба узунлиги, $L, \text{ м}$	Урам диаметри $d_{\text{ум}}, \text{ мм}$	Урам қадами $t, \text{ мм}$	Урамлар сони n	Масса $G, \text{ кг}$	Диаметр $D, \text{ мм}$	Баландлиқ $H, \text{ м}$
1	32x2,5	11,4	350	50	10	20,7	450	704,5
2	32x2,5	22,4	500	50	14	40,7	600	904,5
3	32x2,5	32,4	600	50	17	59	700	1048,5
5	32x2,5	54,5	750	50	23	99	850	1298
7	44,5x2,5	53,8	850	65	20	139	1000	1542
10	44,5x2,5	75,5	1000	65	24	195	1150	1792
13	44,5x2,5	98,5	1150	65	27	255	1300	1992
15	44,5x2,5	113,5	1200	65	30	294	1350	2192

2.13.11. Ювилиб турувчи иссиқлик алмашиниш қурилмаси

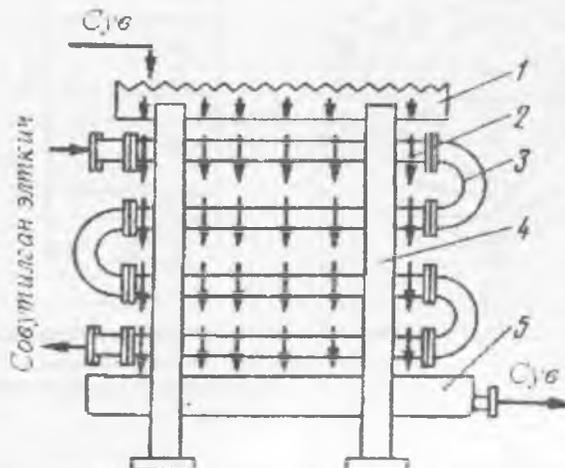
Бундай қурилмалар газ, суёқликларни совитиш ва буғларни конденсациялаш учун қўлланилади (2.28-расм).

Бу қурилма бир-бири устига жойлаштирилган труба 2 ва уларни бирлаштирувчи калач 3 лардан иборат. Трубалар ичидан совутилаётган иссиқлик элткич ҳаракатланади. Совутовчи сув четлари тишли тақсимловчи тарнов 1 га қуйилади ва ундан трубалар 2 га оқиб тушади. Сувнинг бир қисми труба юзасидан буғланиб кетади.

Сув бир трубани ювиб иккинчисига, ундан сўнг учинчисига ва ҳоказо тартибда ҳаракатланиб, охири исиган ҳолда йиғувчи тарновга оқиб тушади.

Ювилиб турувчи иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг афзалликлари: тузилиши содда; очик ҳавода ишлатиш мумкин; сув сарфи кам; трубаларни тозалаш осон.

Ушбу қурилманинг камчиликлари: қўпол; иссиқлик ўтказиш коэффициентини кичик; металл сарфи кўп.



2.28-расм. Ювилиб турувчи иссиқлик алмашиниш қурилмаси.

1 - таксимловчи тарнов; 2 - труба; 3 - калач; 4 - таянч;
5 - йиғувчи тарнов.

2.13.12. Спиралсимон иссиқлик алмашиниш қурилмаси.

Спиралсимон иссиқлик алмашиниш қурилмалари ҳам вакуум остида, ҳам ишчи муҳит босими 1 МПа ва температураси -20 дан $+200^{\circ}\text{C}$ бўлган шароитларда қўллаш учун мўлжалланган [42]. Бу қурилмаларда суюқлик-суюқлик, газ-газ, газ-суюқлик, буг ва буг-газ аралашмаларини конденсацияланади. Ушбу қурилмалар технологияда қўлланишига қараб 3 хил типда тайёрланади.

1-типтаги қурилмаларда суюқлик ва газлар орасида иссиқлик алмашиниш (1-ижро) ва бугларни конденсациялаш (2 ва 3-ижро) учун ишлатилади. Ушбу конструкцияли қурилмалар бир томонлама берк каналли бўлиб, очик томонлари ясси, текис қопқоқ билан ёпилган.

2-типтаги қурилмаларда қовушқоқлиги юқори бўлган суюқликларни иситиш ва совитиш учун (1-ижро), сульфат кислотани совитиш (2-ижро) ва бошқа ишчи муҳитларни, ҳамда зарур ҳолларда сов ҳаракатланган томонини механик тозалаш имкони, оқава сув ва ифлосланган муҳитларни иситиш учун (3-ижро) мўлжалланган.

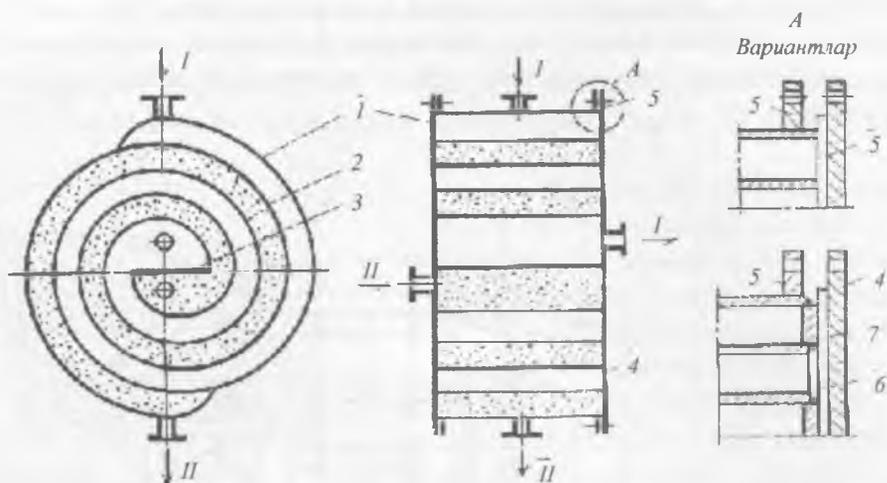
3-типтаги қурилмаларда нитрозли сульфат кислотани совитиш мўлжалланган.

Бу қурилмаларда иссиқлик алмашиниш юзаси иккита юпқа металл лист 1 ва 2 ларни спирал бўйлаб ўраш натижасида ҳосил бўлади (2.29-расм). Спиралларнинг ички учлари пластина-тўсиқ 3 ёрдамида бирлаштирилган.

Каналлар ён томони қистирма ва текис қопқоқ ёрдамида зичлаб ёпилган. Натижада бир - бирдан ажраб турувчи каналлар ҳосил бўлади ва уларда қарама - қарши йўналишда суюқликлар ҳаракатлантирилади. Каналларнинг эни металл лист эни билан белгиланади. Баландлиги эса ораликни белгиловчи бўлакча 7 нинг ўлчами билан аниқланади. Текис қопқоқ 4 лар фланец 5 га болтлар ёрдамида маҳкамланади.

Иссиқлик элткичлар кириши ва чиқиши учун текис қопқоқларнинг марказида ва спиралнинг ташқи учларида штуцерлар ўрнатилади.

Бу қурилма суюқлик ва газлар орасида иссиқлик алмашиниш учун ишлатилади. Агар, иссиқлик элткич таркибида қаттик заррачалар бўлган тақдирда ҳам ушбу қурилмалардан фойдаланиш мумкин, чунки тўғри тўртбурчак шаклдаги каналга тикилиб қолмайди.



2.29-расм. Спиралсимон иссиқлик алмашиниш қурилмаси.

1,2- металл листлар; 3- пластина-тусиқ; 4- қопқоклар; 5- фланец;
6- кистирма; 7- ораликни белгиловчи булакча.
I ва II- иссиқлик элткич.

Спиралсимон иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг афзалликлари: тузилиш ихчам; гидравлик қаршилиги нисбатан кичик; суюқликлар тезлиги юқори (1...2 м/с); иссиқлик ўтказиш коэффициентлари катта; кам жой эгаллайди.

Ушбу қурилма камчиликлари: ясаш, таъмирлаш ва тозалаш қийин; юқори босим ($\geq 1,0$ МПа) да ишлатиш мумкин эмас, чунки бу босимларда зичланишни таъминлаш қийин.

Спиралсимон иссиқлик алмашиниш қурилмасининг юзаси ҳисоблангандан сўнг, унинг конструктив ўлчамлари аниқланади.

Спираллар қадами ушбу боғлиқликдан топилади:

$$S = b + \delta \quad (2.94)$$

бу ерда $b=6...15$ мм; $\delta=2...8$ мм.

Спиралнинг ҳар бир ярим ўрамаи r_1 ва r_2 радиуслар бўйича қурилади. Биринчи ўрамлар учун:

$$r_1 = \frac{d}{2}; \quad r_2 = \frac{d}{2} + S \quad (2.95)$$

бу ерда d -ички спирал биринчи ўрамининг диаметри, мм; r_1 - биринчи ярим ўрам радиуси, $r_1=140...150$ мм; S - ўрамлар қадами, мм.

$$d = 2r + S \quad (2.96)$$

Спиралнинг узунлиги:

$$l_o = \pi(d - S) \cdot n + 2\pi \cdot S \cdot n^2 \quad (2.97)$$

Спирал ўрамларининг сони ушбу формуладан топилади:

$$n = \frac{S - d}{4S} + \sqrt{\left(\frac{S - d}{4S}\right)^2 + \frac{l_o}{2\pi \cdot S}} \quad (2.98)$$

бу ерда l_o - ўрамлар сони n та бўлганда спирал узунлиги.

Спиралсимон иссиқлик алмашиниш қурилмасининг ташқи диаметри:

$$D_m = d + 2n \cdot S + \delta \quad (2.99)$$

Спиралнинг баландлигини $h=376...750$ мм ораликдан қабул қиламиз.

Стандарт спиралсимон иссиқлик алмашиниш қурилмалари 2-28 жадвалдан танланади.

**Спиралсимон иссиқлик алмашиниш қурилмасининг асосий параметр
ва иссиқлик алмашиниш юзаларн (ГОСТ 12067-80)**

Иссиқлик алмашини ш юзаси $F, \text{ м}^2$	Канал эни $b, \text{ мм}$	Листнинг калинлиги $\delta, \text{ мм}$	Лист эни $L_n, \text{ м}$	Лист узунлиги $l, \text{ мм}$	Канал кунда- ланг кесим юзаси $f \cdot 10^4, \text{ м}^2$	Массаси $M, \text{ кг}$	Штуцер диаметр- лари $d, \text{ мм}$
10,0	12	3,5	0,4	12,5	48	1170	65
12,5		3,5	0,4	15,6	60	1270	65
16,0		3,5	0,5	16,0	60	1480	65
20,0		3,5	0,4	25,0	48	1770	100
20,0		4,0	0,7	14,3	84	1620	100
25,0		3,5	0,5	25,0	60	2270	100
25,0		4,0	0,7	17,9	84	1970	100
31,5		3,5	0,5	31,5	60	2560	100
31,5		4,0	0,5	22,5	84	2560	100
40,0		3,5	1,0	20,0	120	2760	100
40,0		4,0	0,7	28,6	84	3160	100
50,0		3,5	1,0	25,0	120	3460	150
50,0		6,0	1,1	22,7	138	3960	150
63,0		3,9	1,0	31,5	120	4260	150
63,0		6,0	1,1	28,6	138	4760	150
80,0		3,9	1,0	40,0	120	5450	150
80,0		6,0	1,1	36,4	138	5450	150
100,0		3,9	1,0	50,0	120	5960	150
100,0		6,0	1,25	40,0	150	5960	150

Канал кундаланг кесим юзаси етарли бўлмаса ишчи муҳит (буғ ёки газ) ни бир вақтнинг ўзида спиралга кундаланг бир нечта каналга (тип 1, ижро 2,3 ва тип 2, ижро 1) ёки бир нечта қурилма параллел ўрнатилади.

Иссиқлик алмашиниш қурилмасида ишчи муҳитнинг рационал тезлигини танлашда қуйидаги қийматларни инобатга олиш мақсадга мувофиқ:

Ишчи муҳит	Тезлик, м/с
Газсимон.....	15...30
Буғсимон	30...70
Сууюқлик (қовушқоклиги сувникига яқин)	1...3
Қовушқоклиги юқори сууюқлик (масалан, сульфат кислота)	<1
Қовушқоклиги жуда юқори сууюқлик (>10 Па·с).....	≤0,01

2.13.13. Пластинали иссиқлик алмашиниш қурилмаси.

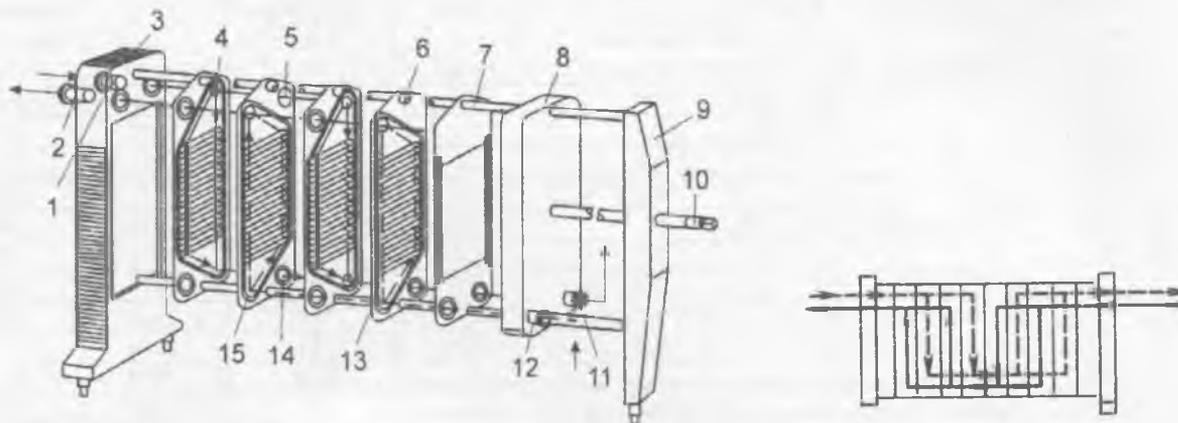
Ҳозирги кунда ажралувчан пластинали иссиқлик алмашиниш қурилмалари кенг қўламда қўлланилиб бошланди, чунки бундай иситкичларда иссиқлик тарқалиши жадал суръатларда кечади, тузилиши содда, тайёрлаш осон, ихчам, гидравлик қаршилиги кичик, монтаж қилиш ва ифлосликлардан тозалаш осон [43,44]. Ушбу иситкичлар қистирмалар орқали бирлаштирилган алоҳида пластиналардан, иккита четки камера, рама ва тортиб турувчи болтлардан таркиб топган (2.30-расм).

Пластиналар юққа девор (қалинлиги 0,7 мм) ли пўлат листлардан штампланади. Иссиқлик алмашиниш юзасини ошириш ва иссиқлик элткич оқимини турбулизация қилиш учун пластиналар гофриланади ёки қовурғаланади. Конструкцияни зичлаш учун пластиналарга думалоқ ёки махсус кундаланг кесимдаги резинали қистирма 5 лар ёпиштирилади. Иссиқлик элткич пластиналар бўйлаб ёки тешиқлар орқали кейинги каналга йўналтирилади.

Пластина дастаси қўзғалмас 3 ва сиқувчи плиталар 8 орасида йиғилади ва тортиб

турувчи штанга 7 ва винт 10 ёрдамида сикилади.

Пластиналарни зичлаш юқори босимга бардош бера оладиган қистирмалар ёрдамида амалга оширилади. Пластиналар орасидаги каналлар эни 3...6 мм бўлади.



2.30-расм. Пластинали иситкич схемаси.

- 1,2,11,12-штуцерлар; 3-қузғалмас плита; 4-тепа бурчак тешиги;
5-халқасимон резинали кистирма; 6-чегараловчи пластина; 7-штанга;
8-сиқувчи плита; 9-орка устун; 10-винт; 13- катта резинали кистирма;
14-пастки бурчак тешиги; 15-иссиқлик алмашиниш пластинаси;

Пластинали иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг ишлаш принципи 2.30б-расмда кўрсатилган. Расмдан кўриниб турибдики, суюқликларнинг ҳаракати қарама - қарши йўналишда. Шунини қайд этиш керакки, ҳар бир иссиқлик элткич пластинанинг бир томони бўйлаб ҳаракат қилади. Пластиналар орасида ҳосил бўлган каналларда ишчи суюқлик ҳаракатланганда, кичик энергетик сарфларда сунъий турбулизацияга учрайди ва оқибатда иссиқлик алмашиниш жараёнида иссиқлик тарқалиши 2...3 маротаба ортади.

Бу турдаги қурилмалар иситкич, совуткич, ҳамда пастеризация, стерилизация қилиш учун ҳам қўллаш мумкин.

2-29 жадвал

Пластинали иссиқлик алмашиниш қурилмасининг асосий параметр
ва иссиқлик алмашиниш юзалари (ГОСТ 15518-83)

Битта пластина юзаси f (м ²) ажралувчан пластинали қурилма юзаси F (м ²)														
$f=0,2$ м ²			$f=0,3$ м ²			$f=0,5$ м ²			$f=0,6$ м ²			$f=1,3$ м ²		
F	N	M	F	N	M	F	N	M	F	N	M	F	N	M
1	8	570	3	12	280	31,5	64	1740	10	20	960	-	-	-
2	12	590	5	20	315	50	100	2010	16	30	1030	-	-	-
5	28	650	8	30	345	63	125	2300	25	44	1130	-	-	-
6,3	34	670	10	36	365	80	160	2480	31,5	56	1220	200	154	4100
10	52	750	12,5	44	400	100	200	2755	40	70	1300	300	231	5200
12,5	66	800	16	56	440	140	280	3345	50	86	1400	400	308	6310
16	84	1340	25	70	485	160	320	4740	63	108	1530	-	-	-
25	128	1480	-	-	-	220	440	5630	80	136	1690	-	-	-
31,5	160	1600	-	-	-	280	560	6570	100	170	1900	-	-	-
40	204	1750	-	-	-	300	600	6810	140	236	2290	500	384	9950
-	-	-	-	-	-	320	640	7100	160	270	2470	600	462	11050
-	-	-	-	-	-	-	-	-	200	340	3920	800	616	12620
-	-	-	-	-	-	-	-	-	250	420	4400	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	300	504	4890	-	-	-
$P < 1,0$ МПа			$P < 1,0$ МПа			$P = 1,6 \dots 2,5$ МПа			$P < 1,0$ МПа			$P < 1,0$ МПа		
-20...+180°C			-20...+180°C			-20...+180°C			-20...+180°C			-20...+180°C		
$K_{np} = 1415$ Вт/м ² ·К			$K_{np} = 1981$ Вт/м ² ·К			$K_{np} = 2136$ Вт/м ² ·К			$K_{np} = 2271$ Вт/м ² ·К			$K_{np} = 1637$ Вт/м ² ·К		
N - пластиналар сони; M - қурилма массаси; K_{np} - келтирилган иссиқлик ўтказиш коэффициенти.														

Пластиналар орасидаги каналларда суюқлик тезликлари юқори бўлгани учун иссиқлик ўтказиш коэффициентини $K \leq 3800 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ гача эришиш мумкин. Ундан ташқари, бундай юқори иссиқлик ўтказиш коэффициентларни олишга сабабчи бўлган омиллардан бири, гофриланган пластина юзасининг суюқлик оқимини турбулизация қилиши ва деворнинг кичик термик қаршилигидир.

Пластинани иссиқлик алмашилиш қурилмаларининг афзалликлари: иссиқлик ўтказиш коэффициентини катта; гидравлик қаршилиги нисбатан кичик; тузилиши ихчам; суюқликлар тезлиги юқори; иссиқлик алмашилиш юзаси катта.

Бу турдаги қурилмалар камчиликлари: катта босимга бардош беролмайди; тайёрлаш қийин; суюқлик таркибидаги қаттиқ зарралар каналларни ёпиб қўйиш эҳтимоли бор.

2-30 жадвал

Пластиналарнинг асосий параметрлари (ГОСТ 15518-83)

т/р	Параметрлар	Пластина юзаси, м ²					
		f=0,2 м ²	f=0,3 м ²	f=0,5 м ²	f=0,6 м ²	f=1,0 м ²	f=1,3 м ²
1.	Пластина ўлчами, мм:						
	узуңлиги	960	1370	1370	1375	1900	1915
	эни	460	300	500	600	600	930
	қалинлиги*	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	1,0
2.	Канал эквивалент диаметри, мм	8,8	8,0	8,3	9,6	10,6	9,6
3.	Канал кўндаланг кесими, 10 ⁴ мм ²	17,8	11,0	24,5	43,5	36	42,5
4.	Канал келтирилган узуңлиги, мм	0,518	1,12	1,01	1,47	1,21	1,47
5.	Пластина массаси, кг**	2,5	3,2	5,8	12,0	15,0	12,5
6.	Штуцер шартли диаметри, мм	150/80	65	150	200/250	250/300	300/350
* - енгиллаштирилган вариантда пластина қалинлигини 0,5 мм нгача қамайтириш мумкин;							
** - қалинлиги 0,8 мм ли пластина учун.							

Пластинани иссиқлик алмашилиш қурилмасининг ишчи юзаси иссиқлик ўтказувчи юпқа штампланган гофриланган пластиналар тўпламидан иборат. Пластиналар ҳосил қилган каналларда ишчи элткич оқими жуда оз энергия сарфида сунъий турбулизацияга дучор бўлади. Табиийки, бундай иссиқлик алмашилиш юзаларида қобик трубади иссиқлик алмашилиш қурилмалари юзаларига қараганда жараённи 2...3 мартаба интенсивлаш имконини беради. Конструкциясига қараб пластинани иссиқлик алмашилиш қурилмалари 3 гуруҳга бўлинади:

- юзаси 1...800 м² бўлган ажралувчан иссиқлик алмашилиш қурилмалари – 0,002...1 МПа босим ва -20...+180°С температураларда самарали ишлатиб келинмоқда; ушбу қурилмалар портлаш хавфи бор муҳитларда қўллаш мумкин эмас.

- юзаси 12,5...320 м² бўлган қисман ажралувчан иссиқлик алмашилиш қурилмалари – 0,002...1,6 МПа босим ва -20...+200°С температураларда самарали ишлатиб келинмоқда.

- юзаси 1,5...320 м² бўлган ажралмас иссиқлик алмашилиш қурилмалари – 0,0002...4 МПа босим ва -70...+300°С температураларда самарали ишлатиб келинмоқда; ушбу қурилмалар иссиқлик алмашилиш юзасида қийин эрийдиган ифлосликлар қатламини ҳосил қилмайдиган ва кимёвий тозалашга мойил.

Пластинани иссиқлик алмашилиш қурилмалари ишчи юзасини назорат қилиш ва механик тозалаш учун турли хилдаги имкониятлар мавжуд: ажралувчан қурилмаларда бир пластина иккинчисидан кистирма билан зичланган ва тозалаш учун имконият бор; қисман ажралувчан қурилмаларда пластиналар жуфт-жуфт қилиб пайвандлангани учун фақат битта элткич томонодан амалга оширилиши мумкин; ажралмас қурилмаларда пластиналар пайвандланганлиги учун назорат қилиш ва механик тозалаш учун ҳеч қандай имконият йўқ. Бу турдаги қурилмалар кимёвий эриткичлар ёрдамида ювилади.

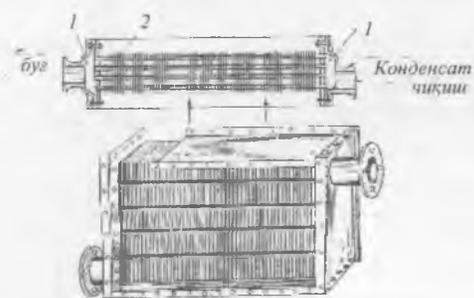
Ушбу турдаги қурилмалар кинематик қовушқоқлиги $2 \cdot 10^{-6} \dots 60 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ бўлган эритмаларни иситиш, совитиш, буғлатиш ва конденсациялаш учун қўллаш мумкин. Шунингдек алоҳида таъкидлаш лозимки, пластиналар шакли ва гофриланганлиги туфайли Рейнольдс

сони $Re \geq 50 \dots 200$ да оқимнинг тургундиги бузулади ва у турбулент режимга ўтиши кузатилади.

Пластиналар коррозияга бардош металллар 12X18H10T, 10X17H13M2T, котишма 06ХМ28МДТ, ҳамда титан котишма ВТ1-0, ВТ1-00 лардан тайёрланади.

2.13.14. Қиррали иссиқлик алмашиниш қурилмаси.

Бу турдаги қурилмаларда иссиқлик бериш коэффициентлари паст муҳит томонидаги, иссиқлик ўтказиш юзасини кўпайтириш имконияти бор (2.31-расм).



2.31-расм. Пластинали калорифер.
1 - қути; 2 - коворга.

Саноатда ишлатиладиган иссиқлик алмашиниш жараёнларида деворнинг икки томонидаги иссиқлик бериш коэффициентлари бир - биридан кескин фарқ қилади. Масалан, сув буғи ёрдамида ҳаво иситилганда, буғнинг деворга иссиқлик бериш коэффициенти тахминан $10000 \dots 15000$ Вт/(м²·К) ни ташкил этади. Демак, ушбу ҳолатда ҳаво томонидан юза миқдорини ошириш керак, яъни α паст томонидан.

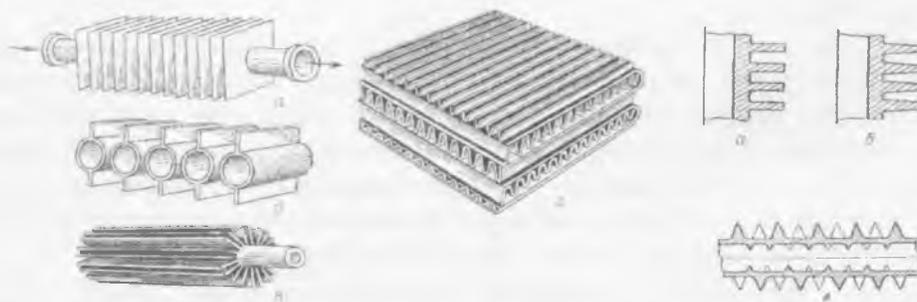
Трубалар юзасини ошириш мақсадида унинг ташқи юзасига думалоқ ёки тўртбурчак шаклидаги металл шайбалар пайвандланади. Трубали иссиқлик алмашиниш қурилмаларида кўндаланг ёки бўйлама коворгалар қўлланиши мумкин. Натижада, бу турдаги трубалар ўрнатилган қурилманинг иссиқлик юктамаси ортади. Маълумки, қиррали трубалар ясаладиган материалнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти юқори бўлиши керак.

Бундай трубаларнинг гидравлик қаршилиги кичик бўлиши учун қирралар юзаси иссиқлик элткич оқимининг йўналишига параллел бўлиши зарур. Ҳозирги кунда тўғри тўртбурчак ва трапеция шаклидаги кўндаланг кесимли қирралар энг кўп қўлланилади. (2.32-расм). Қиррали иссиқлик алмашиниш юзали элементлари ҳаво ва турли газларни иситадиган иссиқлик алмашиниш қурилмаларида ўрнатилади.

2.13.15. Ғилофли иссиқлик алмашиниш қурилмаси.

Бундай қурилмаларда иссиқлик алмашиниш жараёнлари (иситиш ёки совитиш) билан кимёвий жараён бир вақтда юз беради. Ғилофли қурилма тасвири 2.33-расмда келтирилган.

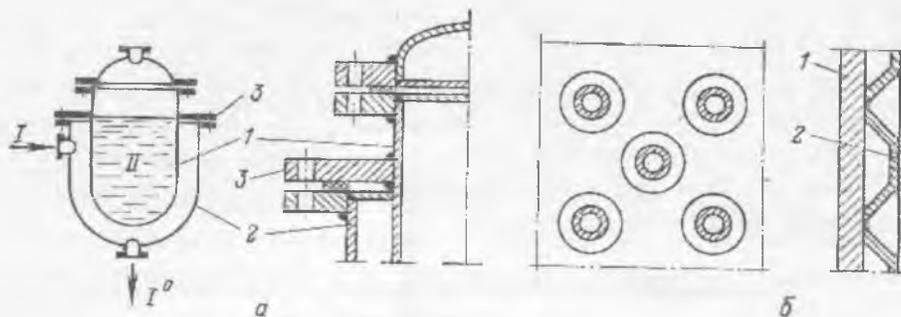
Бундай қурилмаларда иссиқлик алмашинишни юзаси сифатида реактор девори хизмат қилади. Фланец бирикма 3 ёрдамида кобик 1 га ғилоф 2 маҳкамланади..



2.32-расм. Қиррали иссиқлик алмашиниш юзалари.

а - тўғри тўртбурчак қиррали; б - трапеция шаклидаги қиррали; в - кўндаланг қирра; г - бўйлама, қиррали "юзгич"; д - бўйлама, қиррали; е - гофриланган қиррали; ж - учбурчак шаклидаги, қиррали.

Кобик ва ғилоф орасидаги бўшлиқда иссиқлик элткич I циркуляция килади. Қурилманинг ичида эса, элткич I_0 жойлаштирилади. Бу турдаги қурилмаларнинг иссиқлик алмашилиш юзаси $\leq 10 \text{ м}^2$ ва ғилофдаги босим 1,0 МПа дан ошмайди.

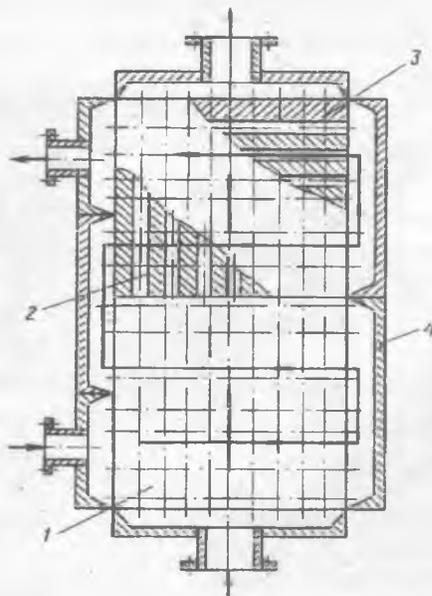


2.33-расм. Ғилофли иссиқлик алмашилиш қурилмалари
 а - паст босимлар учун; б - юқори босимлар учун;
 1 - кобик; 2 - ғилоф; 3 - фланеши бирикма;
 I, I' - иссиқлик элткичлар

Агар, босим 7,5 МПа дан ортса, ғилофда кўп миқдорда тешиқлар қилинади ва ғилоф листининг четлари периметри бўйича букланади ва қурилма кобиғига пайвандланади (2.33б-расм).

2.13.16. Блок-графитли иссиқлик алмашилиш қурилмаси.

Блок-графитли иситкичларда графитнинг юқори иссиқлик ўтказувчанлик [100 Вт/(м·К) гача] ва суюқлик таъсирида емирилмаслиги туфайли графитли иссиқлик алмашилиш қурилмалари саноатнинг барча соҳаларида ишлатиладиган иситкичларга нисбатан кенг тарқалган бўлиб, унинг афзалликлари исбот талаб қилмайди.



2.34-расм. Блок-графитли иссиқлик алмашилиш қурилмаси.
 1 - графитли блок; 2 - вертикал каналлар; 3 - горизонтал каналлар; 4 - кобик.

Бу турдаги иссиқлик алмашиниш қурилмаларинг асосий элементи параллелепипед шаклидаги графитли блокдир. Унда иссиқлик элткичлар учун бир-бири билан кесишмайдиған тешиқлар ясалған (2.34-расм). Қурилма бир ёки бир неча тўғри тўртбурчакли блокдан йиғилади.

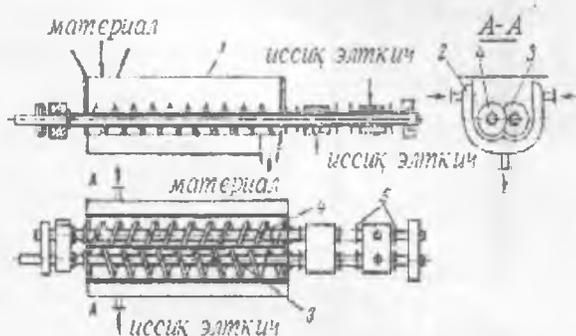
Ён томонидаги металл плиталар ёрдамида ҳар бир блокда иссиқлик элткичнинг икки йўлли горизонтал каналларда ҳаракати ташкил этилади. Ўлчами 350x515x350 мм³ бўлған блоклардан йиғилған иссиқлик алмашиниш қурилмасининг вертикал каналлари бўйича элткич бир ёки икки йўлли ҳаракат қилиши мумкин. Вертикал йўлларнинг сони қурилманинг пастки ва юқори қопқоқларининг конструкциясига боғлиқдир. Графитли иссиқлик алмашиниш қурилмасининг ишчи босимнинг қиймати $2,9 \cdot 10^5$ Па дан ошмаслиги керак. Блок-графитли қурилмаларни муҳитлардан бири коррозия фаол бўлған ҳолларда ишлатиш мумкин. Агарда, иккала муҳит ҳам коррозия-фаол бўлса, унда ён томондаги плиталар махсус графит вклатишлар билан ҳимоя қилинади.

2-31 жадвал

Блок-графитли иссиқлик алмашиниш қурилмасининг асосий параметр ва иссиқлик алмашиниш юзалари

F, м ²	Блоклар сони, дона	Блокдаги каналлар сони		
		горизонтал*, дона	вертикал	
			диаметр, мм	сони, дона
350x515x350 мм ли блоклар				
5,4	2	126	28	84
7,2	2	180	12	252
10,8	4	126	28	84
14,4	4	180	12	252
16,2	6	126	28	84
21,6	6	180	12	252
350x700x350 мм ли блоклар, 2 та вертикал йўлли				
14,6	4	126	28	108
19,6	4	180	12	324
21,9	6	126	28	108
29,4	6	180	12	324
350x700x350 мм ли блоклар, 4 та вертикал йўлли				
13,4	4	126	28	96
19,0	4	180	12	324
20,1	6	126	28	96
28,5	6	180	12	324

2.13.17. Шнекли иссиқлик алмашиниш қурилмаси.



2.31-расм. Шнекли иссиқлик алмашиниш қурилмаси. 1 -қобик; 2 -филоф; 3, 4 - шнеқлар; 5 - ичи бўшлиқларнинг сальники.

Юқори қовушокли суюқлик ва иссиқлик ўтказувчанлиги кичик бўлған сочилувчан материалларни иситиш даврида, жараёни интенсивлаш учун қурилма деворига тегиб турған муҳит юзасини доимий равишда янгилаб туриш керак. Бунинг учун, бир пайтнинг ўзида шнек ёрдамида материални механик аралаштириш ва узатиб туриш мақсадга мувофиқдир (2.31-расм).

Қурилма қобиғининг бир учидан материал юкланади ва бир - бирига қараб айланаётған 3 ва 4

шнеқлар ёрдамида аралаштирилади. Аралаштириш билан бирга материални қурилманинг бошқа учига узатади. Айрим ҳолларда, иссиқлик алмашиниш жараёнини интенсивлаш учун шнеқнинг ичи бўш қилиб тайёрланади ва улар орқали иссиқлик элткич юборилади.

2.14. Ҳаво билан совутиладиган иссиқлик алмашиниш қурилмаси

Технологик маҳсулотларни қобиқ-трубали ёки ювилиб турувчи қурилмаларда совитиш ва конденсациялаш учун совук сувни қўллаш ҳар доим ҳам самара бермайди. Бунга сабаб, сув сарфининг катталиги ва эксплуатацион сарфларнинг юқорилигидир. Ҳаво билан совутилувчи қурилмаларни конденсатор-совуткич сифатида қўллаш бир қатор афзалликларга эга: таъмирлаш ва эксплуатацион сарфлар кам; сувни тозалаш ва узатиш учун сарфлар йўқолади; труба ташқи девори тозалаш керак эмас; совитиш жараёнини ростлаш осонлашади ва ҳ. Горизонтал, ҳаво билан совутилувчи қурилма пайвандланган каркасли 1 бўлиб, унда иссиқлик алмашиниш секциялари 2 ўрнатилган (2.36 - расм). Секция, кўндаланг қовурғали трубалардан таркиб топган. Каркасинг пастки қисмига диффузор 3 ва марказига ўқли вентилятор 5 ли коллектор 6 ўрнатилган. Редуктор 9 ва электр двигатель 7 ли вентилятор алоҳида рамага маҳкамланган. Вентилятор томонидан узатилаётган ҳаво қовурғали трубалардан ясалган секциядан ўтиб, труба ичида ҳаракатланаётган муҳитни совитади ва конденсациялайди [31].

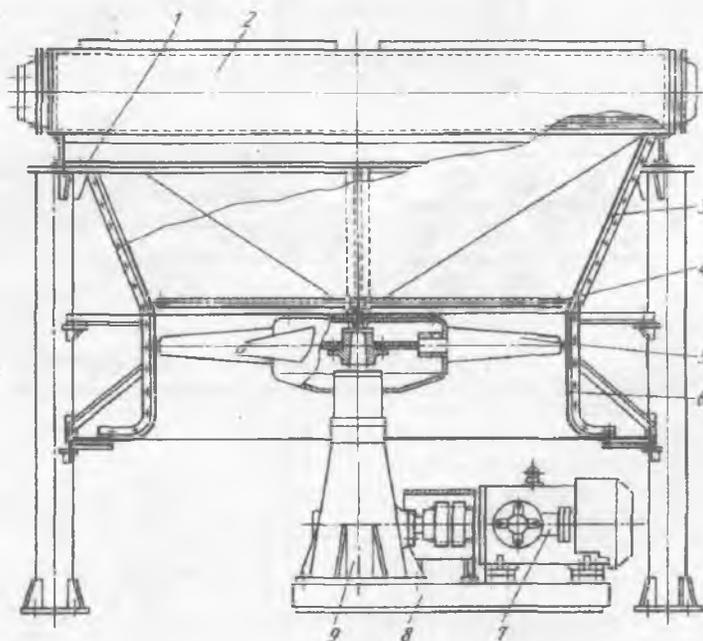
Қурилма самарадорлигини ошириш учун унда унда сув пурковчи форсунка 4 лар ўрнатилган. Ёз фаслида атроф муҳит температураси юқори бўлганда бу мосламалар автоматик равишда сув пуркай бошлайди.

Қиш фаслида (паст температура даврида) вентилятор ўчирилиши мумкин. Бунда, совитиш ва конденсация жараёни табиий конвекция ҳисобига содир бўлади.

Ундан ташқари, вентилятор паррақларининг қиялик бурчагини ўзгартириш йўли билан ҳаво сарфини ростлаб, иссиқлик алмашиниш жараёнини интенсивлаш мумкин. Бунинг учун, ушбу турдаги қурилмаларнинг секциялари тепасига паррақларни масофада буриш механизми ва жалюзлар мавжуд.

Қишда, конденсацияланаётган суюқлик музлаб қолиш ҳавфи бор. Шунинг учун иссиқлик алмашиниш секцияси остига ҳавони иситиб берувчи қовурғали трубалардан ясалган змеевик ҳам ўрнатилиши мумкин.

Иссиқлик алмашиниш секцияси тешикли панжара 1 да саккиз қатор қилиб ўрнатилган труба 3 лардан таркиб топган (2.36а - расм).



2.36-расм. Ҳаво билан совутиладиган горизонтал қурилма.
1,8-каркас; 2-секция; 3-диффузор; 4-сув пуркагич; 5-ўқли
вентилятор; 6-коллектор; 7-электр юриткич; 9-редуктор.

Трубалар тешикли панжарага пайвандлаб ёки развальцовка қилиб маҳкамланади. Секциялар бир ёки кўп йўлли бўлиши мумкин. Труба ўрамининг каттик бўлишини таъминлаш учун секция пўлат каркас 4 га ўрнатилади. Бу турдаги қурилма трубаларида, юпқа қовурга труба ташқи деворига қилиш мақсадга мувофиқ, чунки труба ташқи юзасидаги иссиқлик бериш коэффициенти ички юзасиникидан бир неча баробар кичик. Қовургалаш оқибатида труба ташқи юзаси ортади ва у ҳаво томонидаги паст иссиқлик беришни компенсация қилади.

Ҳаво билан совитиладиган қурилма вентиляторларининг ишчи парраги диаметри 7 м гача бўлади. Одатда ишчи ғилдирак алюминий ёки стеклопласт каби материаллардан, диффузор эса, 2 мм пўлат листлардан тайёрланади. Қурилма трубаларнинг асосий кўрсаткичи - қовургаланиш коэффициенти K_{op} ва у қуйидаги формуладан топилади:

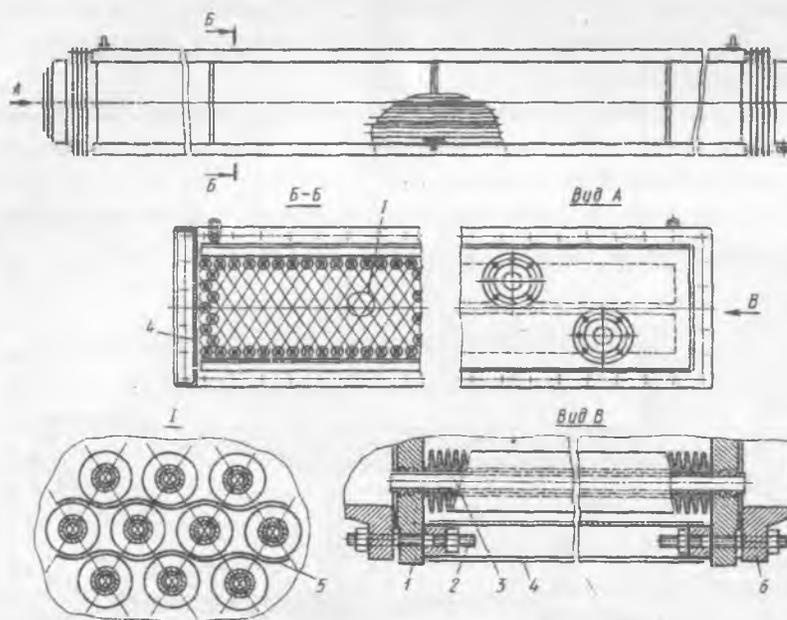
$$K_{op} = \frac{F_o}{F_u} \quad (2.100)$$

бу ерда F_o - қовурғали труба юзаси, m^2 ; F_u - оддий текис труба юзаси, m^2 .

2-32 жадвалда қовурғали трубалар асосий параметрлари келтирилган.

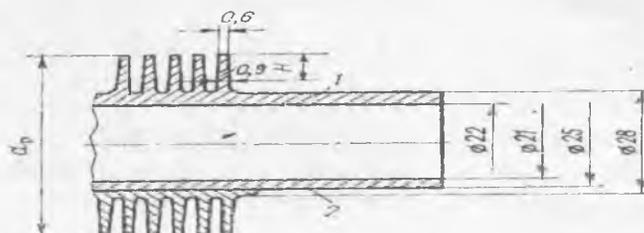
2-32 жадвал

Қовургалаш коэффициенти, K_{op}	Қовурга ташқи диаметри, d_p	1 м труба узунлигида қовурғалар сони	1 м трубанинг ташқи юзаси, m^2		Қовурга баландлиги, H , мм
			қовурғаларсиз, F_{ni}	қовурғали, F_{no}	
9,0	49	286±5	0,088	0,792	6
14,6	36	333±5	0,088	1,284	10



2.366-расм. Иссиқлик алмашишиш секцияси.

1-тешикли панжара; 2-шпилька; 3-труба; 4-каркас; 5-алюминий кистирма; 6-қопқок.



2.36в-расм. Қовурғали труба.

1-монометаллик; 2- биметаллик.

2-33 жадвалда ҳаво билан совитиладиган қурилмаларнинг асосий кўрсаткичлари келтирилган.

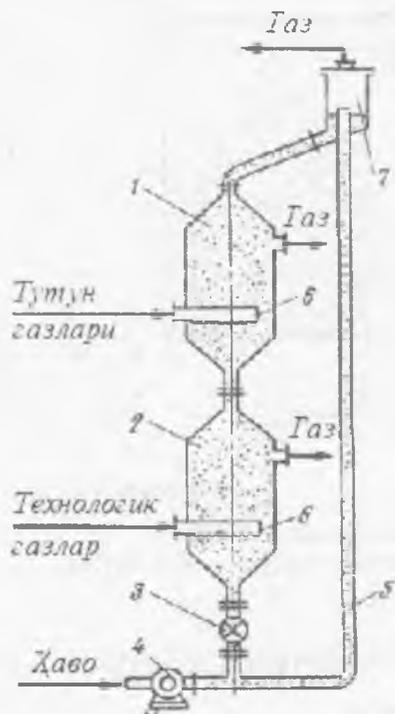
2-33 жадвал

Қурилма тури	Иссиқлик алмашиниш юзаси $F, \text{ м}^2$	Секциялар сони, z_c	Секциядаги қаторлар сони n_c	Труба узунлиги, $L, \text{ м}$	Қовурғаланиш коэффициентини, $K_{об}$	Вентилятор диаметри, м	Вентилятор сони, дона	Вентилятор узатмаси қуввати	
								ВЗ	НВЗ
АВМ	105÷840	1	4;	1,5-3,0	9; 14; 6;	0,8	1,2	22;	10
АВГ		3	6;	4; 8	20; 22			30;	18
АВГ-В	840÷3500	8	8		7; 8; 5;			37;	25
АВГ-ВВ	630÷1270		5;		15			40	
АВГ-Г	7060÷26870	12	4;	8	9; 14; 6;		4	37;	
АВЗ	265÷9800	6	6;	6	20; 22			5	
					8				
								90	
АВЗ-Д	3540÷13100			8		2,8	2	22;	10
				30;				18	
								37;	25
								40	

Эслатма: М-кичик габаритли; Г-горизонтал; В-ковушок суюқликлар учун; ВВ-ковушоқлиги юкори суюқликлар учун; Т-уч контурли (секциялар устма-уст қўйилади); З-секциялар зикзаксимон жойлаштирилади; Д-иккита вентиляторли; ВЗ-портлашга қарши химояси бор электр юриткичли; НВЗ-портлаш ҳавфи бор электр юриткичли.

2.15. Регенератив иссиқлик алмашиниш қурилмалари

Регенератив иссиқлик алмашиниш қурилмалари иккита секциядан ташкил топган бўлади. Биринчисида иссиқлик элткичдан оралик материалга иссиқлик узатилса, иккинчисида эса - оралик материалдан технологик газга узатилади. 2.37-расмда циркуляцион ҳаракатланувчи донадор қатламли узлуксиз ишлайдиган регенератив иссиқлик алмашиниш қурилмаси келтирилган.



2.37-расм. Циркуляцион ҳаракатланувчи донадор қатламли қурилма.

1,2 - иссиқлик алмашиниш қурилмаси; 3 - шлюзли тамба; 4 - газодувка; 5 - пневмотранспорт линияси; 6 - газ таксимлагич; 7 - сепаратор.

Қурилма асосан иккита иситгичдан тузилган бўлиб, ҳар бир иситгичнинг пастки қисмида газ оқимини бир меъёрда узатиш учун таксимлагич 6 ўрнатилган. Иситгичдан

донадор материални узлуксиз равишда ўтиш учун шлюзли тамба 3 хизмат қилади.

Иккинчи иситгичдан чиқаётган совутилган донадор материал пневмотранспорт линия сига тўкилади. Ундан сўнг, ҳаво ёрдамида бункер - сепараторга узатилади ва у ерда заррачалар чўктирилади ва яна қайтадан биринчи иситгичга юборилади.

2.16. Аралаштирувчи иссиқлик алмашиниш қурилмалари

Бир хил йўлли, ҳўл конденсатор бўғни сув ёрдамида конденсациялаш учун мўлжалланган (2.38-расм). Конденсаторга совутувчи сув сополю орқали киритилади. Сувни пуркаш натижасида сув ва бўғ орасидаги иссиқлик алмашиниш юзаси сезиларли даражада ошади. Бўғни сув билан ўзаро таъсири, бўғни конденсацияланишига олиб келади. Конденсатор ичидан конденсат, сув ва конденсацияланмаган газлар махсус насос ёрдамида сўриб олинади.

Жараённинг моддий баланси қуйидаги тенглама билан ифодаланади:

$$D \cdot i + W \cdot c_c \cdot t_{cb} = (D + W) \cdot c_c \cdot t_{cox} \quad (2.101)$$

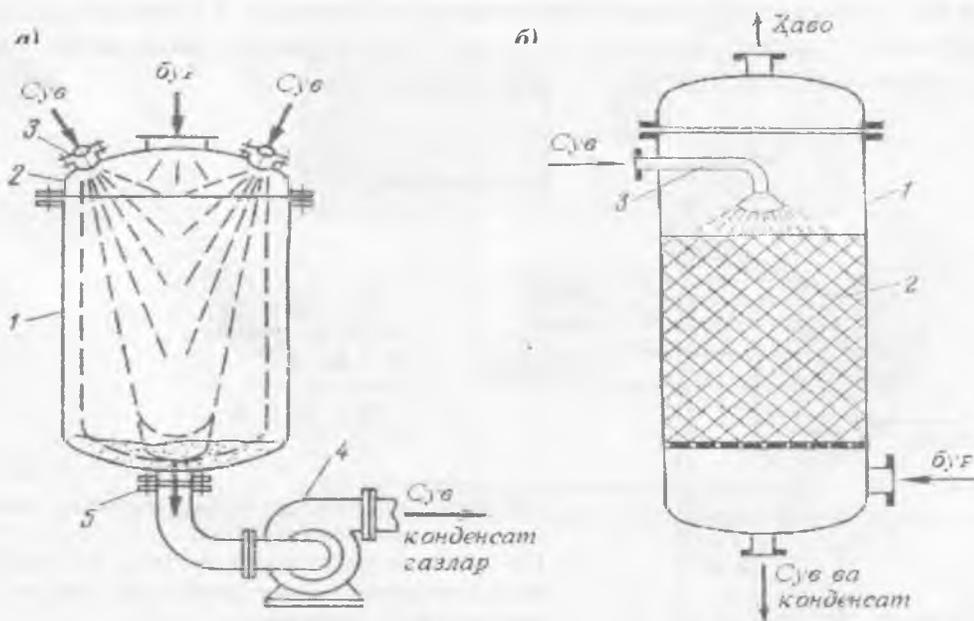
бундан:

$$W = \frac{D \cdot (i - c_c \cdot t_{cox})}{c_c (t_{cox} - t_{cb})} \quad (2.102)$$

бу ерда D - конденсацияланаётган бўғ массавий сарфи, кг/соат; i - конденсацияланаётган бўғ энтальпияси, кЖ/кг; W - совутувчи сув массавий сарфи, кг/соат; c_c - сувнинг иссиқлик сизими, кЖ/(кг·К); t_{cb} ва t_{cox} - сувнинг бошланғич ва охири температураси, °С.

Аралаштирувчи конденсатордан сўриб олинаётган ҳавонинг массавий сарфи (кг/соат):

$$G_c = 25 \cdot 10^6 (D + W) + 0,01 \cdot D \quad (2.103)$$



2.38-расм. Бир хил йўлли ҳўл (а) ва насадкали (б) конденсатор .

а) 1-қобик; 2-қопқок; 3-пурковчи сополю; 4-махсус насос; 5-штуцер.

б) 1-қобик; 2-насадка; 3-сув пуркагич.

Ҳавонинг температураси конденсатордан чиқаётган совутувчи сувнинг температурасига тенг деб қабул қилинади, яъни $t_{хаво} = t_{cox}$.

Қарама - қарши йўлли қуруқ конденсаторда бўғ ва совутувчи сувнинг ўзаро таъсири қарама - қарши йўналишда ўтади (2.39-расм).

Совутувчи сув конденсаторнинг юқори қисмидаги тешикли тарелкаси 2 га юборилса, буғ эса - пастдаги тарелка остига. Сув тарелкадан тарелкага тешиклари ва четидан ингичка оқимча кўринишида оқиб ўтади. Сув билан суюқликнинг ўзаро таъсири конденсаторнинг тарелкалараро бўшлиғида юз беради. Ҳосил бўлган конденсат барометрик труба 3 орқали совутувчи сув билан йиғгич 4 га туширилади.

Ҳаво эса, ушлагич орқали вакуум - насос ёрдамида сўриб олинади. Шунинг учун ҳам бу турдаги конденсаторларни **барометрик конденсатор** деб аталади.

Барометрик конденсаторда конденсациялаш жараёни вакуум остида олиб борилади. Курилмадаги абсолют босим 0,01...0,02 МПа бўлади.

Атмосфера ва барометрик конденсаторларда босимлар фарқини тенг ҳолатда ушлаб туриш барометрик труба 3 даги суюқлик устуни h_3 хизмат қилади.

Барометрик трубанинг баландлиги ушбу ифодадан аниқланади:

$$H_{Tr} = h_3 + h_d + 0,5 \quad (2.104)$$

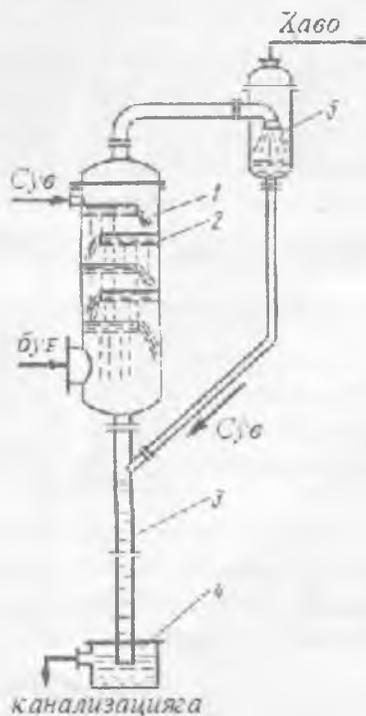
бу ерда $h_3 = 103,3 \cdot B$ (B - конденсатордаги вакуум, МПа); h_d - динамик напор ҳосил қилиш учун зарур суюқлик устунининг баландлиги, $h_d = (w^2/2g) \cdot (2,5 + \lambda \cdot H_{mp}/d)$: w - трубадаги суюқлик тезлиги, $w = 1...2$ м/с; λ - гидравлик қаршилик коэффициентини; d - труба диаметри, $d = \sqrt{[0,004(D+W)]} / 3600\pi w$, м; D ва W - конденсаторга кираётган буғ ва сувнинг массавий сарфлари, кг/соат; $0,5$ - буғ кираётган штуцерни сув билан тўлиб кетмаслиги олдини олувчи баландлик, м

Барометрик конденсатор ўлчамлари барометрик труба диаметрига боғлиқ бўлиб, ёрдамчи жадвал ва адабиётлардан аниқланади.

Вакуум - насосни танлаш учун сув ва буғ таркибидаги ҳаво, ҳамда фланецли бирикмалар ёрдамида орасидан сўрилаётган ҳаво миқдорини билиш зарур.

Ҳавонинг сарфи (2.103) тенгламадан ҳисоблаб топилади, температураси эса ушбу ифодадан:

$$t_{\text{хаво}} = t_{\text{сб}} + 0,1 \cdot (t_{\text{соx}} - t_{\text{сб}}) + 4 \quad (2.105)$$



2.39-расм. Барометрик конденсатор.

1 - қобик; 2 - тарелка; 3 - барометрик труба; 4 - йиғгич; 5-ушлагич.

2.17. Иссиқлик алмашиниш қурилмаларини танлаш

Иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг конструкциясини танлашда қуйидагиларни инобатга олиш керак: қурилма технологик жараёнга мос бўлиши зарур; юқори самарали, тежамкор ва ишлаш пайтида ишончли, ҳамда металл сарфи кам бўлиши зарур; ишчи муҳитларда қурилма материали емирилишга бардошли бўлиш керак [44].

Иссиқлик элткичлар қурилма орқали катта тезликда ўтса, иссиқлик ўтказиш коэффициентининг юқори қийматларига эришса бўлади. Бундай юқори қийматларни олиш учун иссиқлик алмашиниш юзаси тоза бўлиши керак.

Агар, суюқликлар бирортасининг тезлиги оширилса, иккинчи суюқлик томонидаги иссиқлик бериш коэффициенти кўпаяди. Лекин, иссиқлик ўтказиш коэффициентининг сезиларли даражада кўпайиши учун девор ва ундаги ифлосликларнинг термик қаршилиги кичик бўлиши керак. Масалан, агар трубалараро бўшлиқдаги иссиқлик бериш коэффициенти трубалар бўшлиғиникидан жуда паст бўлса, трубалар ичида оқаётган суюқлик тезлигининг ўсиши иссиқлик ўтказиш коэффициентига унча таъсир қилмайди. Бу ҳолда трубалараро бўшлиқдаги иссиқлик бериш коэффициентини ошириш зарур, яъни у ерга сегмент тўсиқлар ўрнатиш мақсадга мувофиқдир.

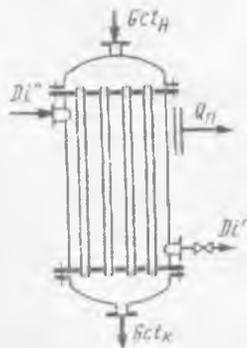
Қайси муҳитни труба ичига, қайси бирини трубалараро бўшлиққа йўналтириш муаммосини ҳал этишда қуйидаги қоидаларга амал қилиш керак:

- юқори иссиқлик ўтказиш коэффициентига эришиш учун иссиқлик бериш коэффициенти кичик бўлган муҳитни труба ичига йўналтириш зарур;
- кимёвий фаол, коррозия муҳитларни труба ичига юбориш зарур, чунки бунда фақат труба, тешикли панжара ва копкоқлар тегишли легирланган металлдан ясалади, яъни қобик, сегмент тўсиқ ва бошқалар оддий, углеродли пўлатдан тайёрланиши мумкин;
- атроф муҳитга иссиқлик йўқотилишини камайтириш учун температураси юқори муҳитни труба ичига юбориш мақсадга мувофиқдир;
- чўкма ҳосил қиладиган муҳитларни трубалар юзаси осон тозаланадиган бўшлиққа йўналтириш тавсия этилади;
- босими юқори бўлган муҳитни труба ичига йўналтириш зарур, чунки қобикдан кўра трубалар босимни яхши ушлайди.

Иссиқлик алмашиниш қурилмасининг конструкцияси техник-иктисодий ҳисоблашлар асосида танланади. Бунда, тайёрлаш учун кетган асосий (капитал) ва йиллик эксплуатацион сарфлар таққосланади. Айрим ҳолларда, эксплуатацион сарфлар тежалиши ҳисобига сарфлар тез қопланса, асосий сарфларни кўпайтириш ҳам мумкин.

Технологик жараёнлар учун иссиқлик алмашиниш қурилмаси лойиҳаланаётганида, ҳисоблашнинг асосий мақсади, қурилманинг иссиқлик алмашиниш юзаси ва габарит ўлчамларини аниқлашдир.

Ҳисоблаш, биринчи навбатда қурилманинг иссиқлик балансини тузишдан бошланади.



2.40-расм. Моддий баланс тузишга оид.

Сўнг, иссиқлик балансидан узатилган иссиқлик миқдори топилади. Масалан, сув буғи ёрдамида бирор муҳит t_6 дан t_{ox} температурагача иситилаётган бўлса, иссиқлик баланс ушбу кўринишда ёзилади (2.40-расм).

$$Gct_o + Di'' = Gct_{ox} + Di' + Q_{uyk} \quad (2.106)$$

$$Q = Gc (t_{ox} - t_6) + Q_{uyk} = D (i'' - i') + Q_{uyk} \quad (2.107)$$

бу ерда $D = Q / (\kappa'' - \kappa')$ - иситувчи буғ сарфи.

Иссиқлик ўтказиш коэффициенти ушбу формуладан ҳисобланади:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_1^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (2.108)$$

бу ерда α_1 ва α_2 иссиқлик бериш коэффициентлари 2 - бобдаги тегишли критериал тенгламалардан аниқланади. Жараённи ўртача ҳаракатга келтирувчи кучи қуйидаги тенгламалардан топилади:

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{\Delta t_{\text{max}} + \Delta t_{\text{min}}}{2} \quad \text{ёки} \quad \Delta t_{\text{ср}} = \frac{\Delta t_{\text{max}} + \Delta t_{\text{min}}}{2,3 \lg \frac{\Delta t_{\text{max}}}{\Delta t_{\text{min}}}} \quad (2.109)$$

Иссиқлик алмашиниш юзаси иссиқлик ўтказишнинг асосий тенгласидан аниқланади:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{\text{ср}}} \quad (2.110)$$

Иситкичдаги трубалар сонини эса, ушбу тенгламадан аниқлаш мумкин:

$$n = \frac{4 \cdot F}{\pi d_T^2 l} \quad (2.111)$$

бу ерда d_T - трубалар ташки диаметри, м; l - труба узунлиги, м.

Тешикли панжарада трубалар жойлаштириш ушбу бобда кўриб чиқилган усуллардан бирида амалга оширилади.

Қобик - трубаги иссиқлик алмашиниш қурилмасининг диаметрини ушбу формулада ҳисоблаб топиш мумкин:

$$D = (1,3 \dots 1,5) \cdot (b-1) \cdot d_T + 4d_T \quad (2.112)$$

Иссиқлик алмашиниш қурилмасининг гидравлик қаршилиги Дарси - Вейсбах формуласидан топилади:

$$\Delta p = \left(\lambda \frac{l}{d} + \sum \xi \right) \frac{\rho w^2}{2} \quad (2.113)$$

бу ерда λ - гидравлик қаршилиқ коэффициентини; l - труба узунлиги, м; d - труба диаметри, м; ξ - маҳаллий қаршилиқ коэффициентларининг йиғиндиси; w - муҳит тезлиги, м/с; ρ - муҳит зичлиги, кг/м³.

Иситкичнинг технологик жараён учун ярқоқлигини билиш учун текширув ҳисоблаши ўтказилади. Бунинг учун қуйидаги бошланғич маълумотлар зарур: F - иссиқлик алмашиниш юзаси; Q - иссиқлик юклама; муҳитларнинг қурилмага кириш ва чиқишдаги температуралари; w - муҳит тезлиги ва физик параметрлари.

2.18. Иссиқлик алмашиниш жараёнларини интенсивлаш

Халқ хўжалиги турли соҳаларининг жадал суръатлар билан ривожланиши иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг кенг миқёсда қўлланиши ва уларга қўйиладиган талабларни ортиши билан характерланади. Шу билан бирга бу турдаги қурилмаларнинг габарит ўлчамлари ва массасини камайтириш энг долзарб муаммо бўлиб ҳисобланади. Ундан ташқари, айрим ҳолларда температуралар фарқини ва девор температурасини пасайтириш зарур бўлади.

Худди шундай муаммолар иссиқлик алмашиниш қурилмаларини ишлатадиган кимё, озиқ - овқат, энергетика, нефть, металлургия ва бошқа саноат корхоналари олдида турибди.

Юқорида қайд этилган муаммоларни ҳал этиш йўли - бу каналларда иссиқлик алмашиниш жараёнини интенсивлашдир. Интенсивлаш усулини танлаш бир қатор шартлар билан белгиланади. Улардан энг асосийлари:

1. Иссиқлик алмашиниш қурилмасининг габарит ўлчамлари ва массасини камайтириш;
2. Иссиқлик алмашиниш жараёнини интенсивлаш учун руҳсат этилган энергетик сарфлар ва уни амалга ошириш учун бор энергия тури;

3. Иссиқлик бериш интенсивланадиган оқимнинг гидродинамик таркиби. Иссиқлик оқими зичлигининг тақсимланиш ёки иссиқлик элткичда температуралар майдони;

4. Иссиқлик алмашиниш қурилмасининг тайёрлаш технологиясига мойиллиги, ҳамда эксплуатация даврида қулайлиги ва ишончлилиги.

Ундан ташқари, қурилма конструкцияси ва жараёнининг таҳлили, иссиқлик элткични узатиш учун рухсат этилган энергия сарфини аниқлаш имконини беради. Одатда, энергия сарфи деганда насоснинг қуввати назарда тутилади.

Шунинг учун, қурилма орқали иссиқлик элткични узатишда босимлар йўқотилишининг йиғиндиси ўзгармас бўлганда, унинг габарит ўлчамларини камайтиришни таъминлайдиган интенсивлаш усуллари яратилиши керак.

Маълумки, ҳамма турбулент оқимларни интенсивлаш усулларида иссиқлик беришни жадаллаштириш учун оқим қўшимча сунъий турбулизация қилинади. Лекин, шу билан бирга гидравлик қаршилик коэффициенти ҳам ошади. Шунинг учун, интенсивлаш даражасини билиш учун интенсивлаш усулида олинган натижаларни, текис трубада олинган тажриба маълумотлар билан таққослаш мақсадга мувофиқ. Бунинг учун Nu/Nu_T нисбатдан фойдаланиш мумкин.

Турбулент оқимнинг гидродинамик таркибини ва ундан иссиқлик алмашинишни ўзига хос хусусиятларини билиш, оқимнинг қайси соҳасида турбулент тебранишларни интенсивлаш зарурлигини аниқлашга ёрдам беради. Кўпгина олимларнинг маълумотларига биноан, одатда труба девори яқинидаги суюқликлар ҳаракатини жадаллаштириш кераклигини ҳеч ким инкор қилмайди.

Одатда, турбулентлик интенсивлигини ошириш энергетик сарфлар ўсиши билан боғлиқ, яъни гидравлик қаршилик коэффициенти ортади. Шунинг учун, λ_m ни бутун оқимда эмас, балки девор яқинида ошириш мақсадга мувофиқ. Шунга алоҳида эътибор бериш керакки, яратилган интенсивлаш усули иссиқлик алмашиниш қурилмаларини ясаш технологиясини тубдан бузмаслиги керак ва катта серияда ишлаб чиқаришга мойил бўлиши зарур. Бу ерда на фақат ясаш ва йиғиш технологияси назарда тутилган, балки оддий қурилмага нисбатан нархи ҳам ҳисобга олинган бўлиши керак. Ундан ташқари, яратилган интенсивлаш усули қурилма мустақамлигининг, ишончлилигини ва унинг эксплуатацион характеристикаларини пайсатирмаслиги керак. Труба каналларида иссиқлик алмашиниш жараёнини интенсивлаш бўйича ҳамма ишлар таҳлили қуйидаги хулосаларга олиб келди:

1. Сунъий равишда ташкил этилган уюрмавий тузилишли оқим турбулентлигини ҳосил қилиш энг самарали воситадир.

2. Трубада бўртиқ-ботик типдаги силлиқ кўндаланг тўсиқлар ясалиши оқибатида ҳосил бўлган уюрмавий оқим турбулентлиги тўсиқлар ўлчами ва шаклига катта боғлиқдир.

3. Иссиқлик алмашиниш жараёнини интенсивлаш учун турбулизатор шакли ўткир киррали (учбурчак, тўғри тўртбурчак ва ҳ.) бўлмаслиги керак, чунки бу шаклли тўсиқларнинг гидравлик қаршилиги катта.

Демак, турбулизаторлар шакли аста-секин ортиб, кейин эса камаювчи, силлиқ шаклли бўлиши гидравлик қаршилик кўрсаткичинини кескин ортиб кетмаслигини таъминлайди.

Суюқлик ва газларнинг оқими труба ичида ҳаракати даврида девор атрофидаги юпка, чегаравий қатламни сунъий равишда турбулизация қилиши керак. Унлан ташқари, ушбу девор атрофидаги юпка қатламни сунъий равишда турбулизация қилиш учун дискрет жойлашган кўндаланг бўртиқ турбулизаторлар қўллаш мақсадга мувофиқ.

Бир хил баландликдаги силлиқ ва тўғри тўртбурчак шаклдаги бўртиқ тўсиқларнинг таҳлили ва у ердаги босимларни ўлчаш шуни кўрсатдики, биринчисида девор яқинидаги юпка қатламнинг турбулизацияси энг минимал гидравлик қаршиликларда эришилади. (2.41 – расм).

Ҳозирги кунда, проф. Зокиров С.Г. ва бошқалар томонидан яратилган, ташки томонида кўндаланг ботик ариқча ва ички томони силлиқ бўртиқ тўсиқли иссиқлик алмашиниш юзаси энг самарали интенсивлаш труба деб ҳисобланади (2.42-расм). Бу турдаги трубаларни «накатка» усулида ясаш технологияси содда ва осон, нархи эса текис трубаинг бир неча фазини ташкил этади [1-3, 5. 37, 45, 47].



2.41-расм. Силлик (а) ва тўғри тўртбурчак (б) шаклидаги бўрттик тўсиқларда оқим турбулентлигининг тузилиши.

"Накатка" қилиш усулида тайёрланган иссиқлик алмашилиш қурилмаси текис трубалардан қурилма ясаш технологиясидан фарқ қилмайди. Лекин, самарадор трубали иссиқлик алмашилиш қурилмасидаги накаткали трубаларнинг умумий узунлиги, текис трубали қурилманикидан кам бўлади, яъни камроқ сарф бўлади.

Шунинг учун ҳам, ушбу усулда жараёни интенсивлаш қурилманинг габарит ўлчамлари ва массасини 1,5...2,0 марта камайтириш имконини берибгина қолмай, балки унинг нархини ҳам арзонлаштиришга эришилди.

Ушбу усулда $Pr = 2...80$ бўлган суюқликлар учун гидравлик қаршилик 2,7...5,0 марта ўсганда, иссиқлик бериш коэффициентини 2,0...2,6 марта орттиришга эришса бўлади. Ҳаво учун эса, гидравлик қаршилик 2,8...4,5 марта ошганда иссиқлик бериш коэффициенти 2,8...3,5 марта кўпаяди.

"Накатка" қилинган трубалар иссиқлик алмашилиш жараёнининг самарадорлигини оширади ва бир қатор афзалликларга эга:

- трубаинг ички ва ташқи томонларида иссиқлик алмашилиш самарадорлигини бир вақтда амалга ошириш мумкин;

- юқори иссиқлик алмашилишни самарадорлигига эришилади;

- бу турдаги турбулизаторли трубаларни саноат миқёсида тайёрлаш осон.

Юқорида келтирилган девор яқинидаги чегаравий қатламнинг турбулентлигини жадаллаштирадиган турбулизаторлардан ташқари бошқа интенсивлаш усуллари ҳам кимё ва нефт машинасозлигида қўлланилади.

Бошқа усуллар ўртасида иссиқлик элткичларни труба ичида бураб, спиралсимон ҳаракатлантириш усули алоҳида ўрин тутди. Бунинг учун 2.42...2.44 расмларда ва 2-34 жадвалларда келтирилган мосламалардан фойдаланилади.

а) трубаинг бир қисми ёки бутун узунлигига винтсимон (буралган лента, шнек) турбулизаторлар ўрнатилади;

б) трубага иссиқлик элткични тангенциал йўналишда узатиш (2.40-расм);

в) трубага киришда ёки трубаларнинг керакли жойларига куракчали уюрмалаштиргичлар ўрнатиш (2.43-расм);

г) иситкичга бурама-спирал кўринишидаги трубалар ўрнатиш (2.44-расм).

Бу усулда иссиқлик беришни интенсивлаш бир қатор омиллар таъсирида рўёбга ошади:

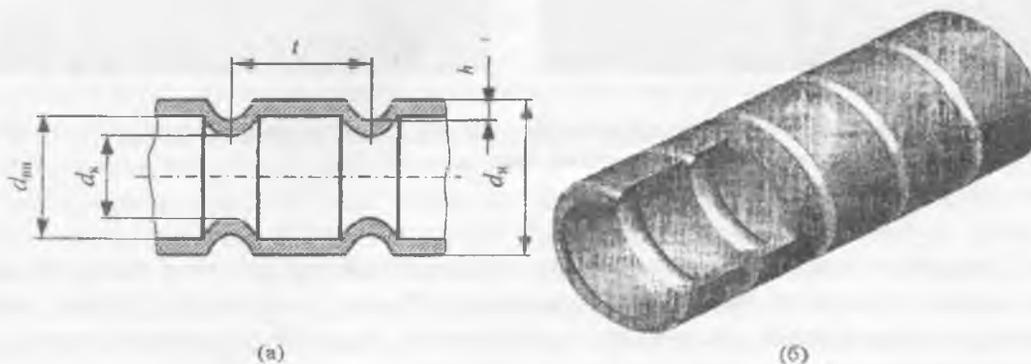
- текис трубалар билан бир хил ўртача сарфда уюрмалантиргичли трубаларнинг девори яқинида тезлик градиенти ва турбулентли кучланишлар юқори бўлади;

- марказдан қочма куч таъсирида зичлиги юқори совуқ суюқлик девор атрофига, труба марказида эса - зичлиги кичик иссиқ суюқлик йиғилади. Суюқликнинг қатламларга ажралиш эффекти иситиш жараёнида иссиқлик беришни интенсивлайди;

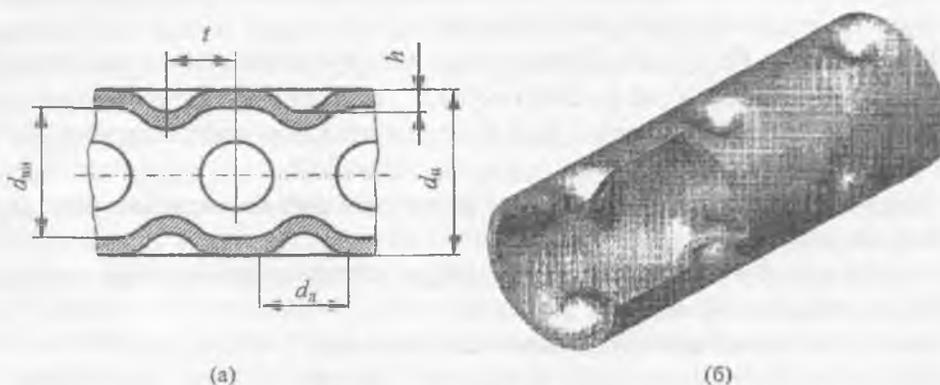
- винтсимон элементларни қўллаш киррали юзалар эффектини беради. Бу усулда иссиқлик бериш коэффициенти 30...40% ортади, гидравлик қаршилик эса 1,5...2,5 марта кўпаяди.

Турбулент ва ўтиш режимларида девор яқинидаги қатлам зонасини интенсивлаш ке-

рак, чунки чегаравий қатламнинг иссиқлик ўтказувчанлиги кичик. Ундан ташқари, бу ерда «девор - суюқлик» системасининг 60...70% температура напори мужассамланган, яъни иссиқлик оқимининг зичлиги максималдир.



2.42-расм. Ҳалқасимон турбулизаторли трубанинг кўндаланг кесими (а) ва унинг уч ўлчамли модели (б).



2.42а-расм. Сферик чуқурчали трубанинг кўндаланг кесими (а) ва унинг уч ўлчамли модели (б).

Яна бир самарали интенсивлаш усули проф. Дзюбенко Б.В., проф. Дрейцер Г.А. ва бошқалар томонидан яратилган [37]. Бу самарадор труба бўлиб уни бураш йўли билан ҳосил қилинади ва унинг кўндаланг кесим юзаси эллипсоид шаклида бўлади (2.44-расм).

Бурама трубалардан ясалган қурилмаларда иссиқлик алмашилиш ҳам трубалар ичида, ҳам трубалараро бўшлиқда интенсивлашади. Агар, трубалар бураш қадами $S/d = 6...15$ бўлса, қурилма ҳажмини текис трубали қурилмага нисбатан 1,5...2 баробар камайтириш мумкин. Демак, қурилманинг массаси ва металл сарфи ҳам кам бўлади.

Бу турдаги трубалар винтсимон каналлари чегарасида тезликнинг айланувчан ташкил этувчисининг тангенциал узилиши рўй беради ва бу ҳол оқимни турбулизация ҳолатига олиб келади. Оқим ядросига қараганда, труба девори яқинида суюқлик оқими уюрмавий ҳаракатланади. Бурама трубалар биринчи навбатда девор яқинидаги суюқлик қатламини турбулизация қилиш учун қўлланилади [53,54].

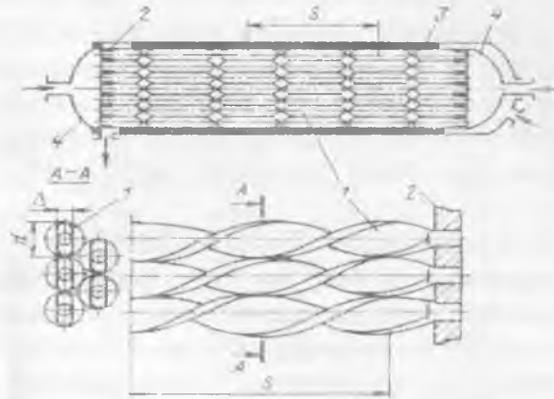
Агар $S/d \approx 12$ бўлса, турбулент режимда трубалараро бўшлиқда иссиқлик алмашилиш ва гидравлик қаршилиқ бир хил даражада ортади. Ўтиш соҳаси $Re = 10^3...10^4$ да эса, гидравлик қаршилиқдан иссиқлик алмашилишнинг ўсиш даражаси кўпроқ бўлади.

Иссиқлик алмашилиш жараёнини интенсивлашнинг яна бир самарали усули - бу труба ташқи юзасида қўшимча қиррали юзалар ҳосил қилишдир. Ушбу усулда, иссиқлик бериш коэффициентини паст бўлган муҳит албатта труба ичига йўналтирилиши керак. Пластина қиррали иссиқлик алмашилиш юзаларнинг баъзи бирлари 2-34 жадвалга келтирилган.

Иссиқлик алмашиниш юзасига механик таъсир усуллари, ҳамда электр, ультратовуш ва магнит майдонларининг таъсири, шу кунгача ҳали етарли ўрганилмаган.



2.43-расм. Аксиал - куракчали уюрмалантиргич.
а) профили; б - ясси куракчали.



2.44-расм. Суюқлик оқими бурама йўналишда ҳаракатлантирувчи иссиқлик алмашиниш қурилмаси. 1 - бурама трубалар; 2 - труба тешикли панжараси; 3 - кобик; 4 - копкак.

2-34 жадвал

Самарадор иссиқлик алмашиниш трубалари

Иссиқлик алмашиниш жараёнини интенсифлаш усуллари	Схема	Иссиқлик алмашиниш жараёнини интенсифлаш усуллари ва мосламалари	Схема
Бурама лента		Ташки томонида винтсимон қўндаланг ботик ариқча ва ички томонида силлик буртик тўсиқли труба	
Узлуксиз, шнекли лента		Бурама труба	
Конфузор-диффузор типдаги халқасимон канал		Ташки томонида дискрет жойлаш-тирилган ботик ариқча ва ички томонида буртик тўсиқли труба	
Диафрагма қўринишидаги турбулизатор		Диск қўринишидаги турбулизатор	
Сим ковурғали		Узлуксиз спиралли труба	

Иссиқлик алмашиниш жараёнини интенсифлаш натижасида иссиқлик ўтказиш коэф-

фициентининг ортиши иссиқлик алмашилиш юзалари тоза бўлганда, иситувчи буғ ва иситилаётган суюқликлар ва девор ўртасидаги иссиқлик бериш коэффициентлари билан белгиланади. Кўпинча ишлатиладиган иссиқлик элткичларнинг физик - кимёвий хоссалари, босими, температураси ва иссиқлик бериш коэффициентлари бир - биридан кескин равишда фарк қилади. Масалан, буғдан деворга иссиқлик бериш коэффициентининг қиймати $\alpha = 4000 \dots 15000$ Вт/(м²·К), ковшок суюқликлар учун эса - $\alpha \leq 200$ Вт/(м²·К). Кўришиб турибдики, жараёни интенсивлаш α коэффициентини кичик бўлган иссиқлик элткич томонидан қилиш зарур, яъни ковшок суюқлик томонидан ўтказилиши даркор. Агар, иссиқлик бериш коэффициентини иккала муҳит учун тахминан бир хил қийматга эга бўлса, интенсивлаш иккала тарафдан ўтказилиши мумкин. Лекин, қурилмани эксплуатацион ва техник имкониятлари инобатга олиниши зарур.

Одатда иссиқлик бериш жараёнини интенсивлаш, гидравлик қаршиликларни енгиш учун сарфланадиган, ўсиб боровчи энергия билан боғлиқдир. Шунинг учун, иссиқлик бериш жараёнини интенсивлашни характерловчи энг асосий кўрсаткичлардан бири - бу қурилманинг энергетик самарадорлигидир. Гидравлик қаршилик ўсиши билан иссиқлик беришнинг ортиши бир хил даражада бўлиши мақсадга мувофиқдир.

Иссиқлик алмашилиш жараёнини интенсивлашнинг қуйидаги усуллари мавжуд:

- девор яқинидаги чегаравий қатлам оқимини интенсивловчи ғадир - будур ва мураккаб шаклдаги юзалар барпо этиш;

- труба ичига оқимни турбулизация қилувчи шнек ва мосламалар ўрнатиш;- иссиқлик элткичга электр, магнит ва ультратовуш майдонларини таъсир эттириш;

- девор яқинидаги чегаравий қатламни ҳаракатдаги оқим тезлигининг тебранишини ёки уюрмални ҳаракатини ташкил этиш ва уни бурама, спиралсимон траектория бўйича йўналтириш;

- қиррали конструкция яшаш йўли билан иссиқлик алмашилиш юзасини ошириш;

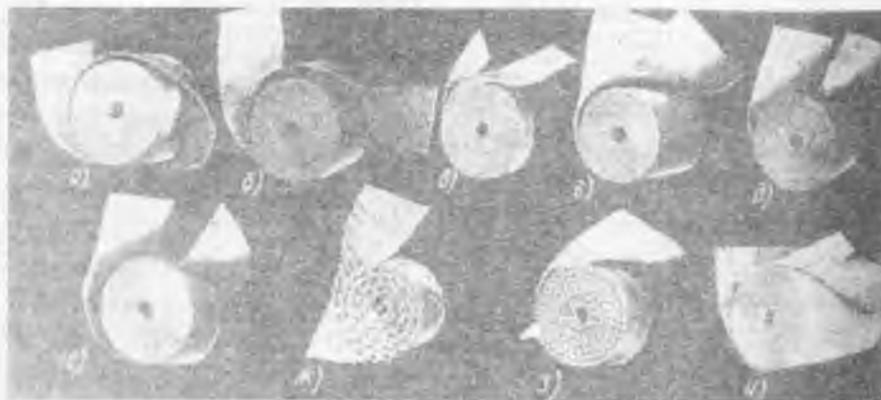
- иссиқлик алмашилиш юзасини айлантириш ва тебранма ҳаракатлантириш каби механик таъсир эттириш;

- қўзғалмас ёки мавҳум қайнаш қатламларида донадор насадкаларни қўллаш;

- иссиқлик элткич таркибига қаттиқ заррача ёки газ пуфакчаларини қўшиш.

Аник шароит учун интенсивлашнинг у ёки бу усуллари қўллашнинг имконияти ва мақсадга мувофиқлиги унинг техник имконияти ва самарадорлиги билан белгиланади. Трубалар ичида иссиқлик беришни интенсивлаш учун қўлланиладиган айрим мосламалар схемаси 2-34 жадвалда келтирилган.

Регуляр насадкалар юқори самарадор регенераторли насадка юзаларга тегишли булиб, ковшурланган иккита алюминий листдан спирални ураш йўли билан ясалади (2.45-расм) [48].



2.45- расм. Насадка турлари (2-35 жадвал)
а-и - 3, 8, 11, 12, 17, 21, 23, 26 насадка типлари.

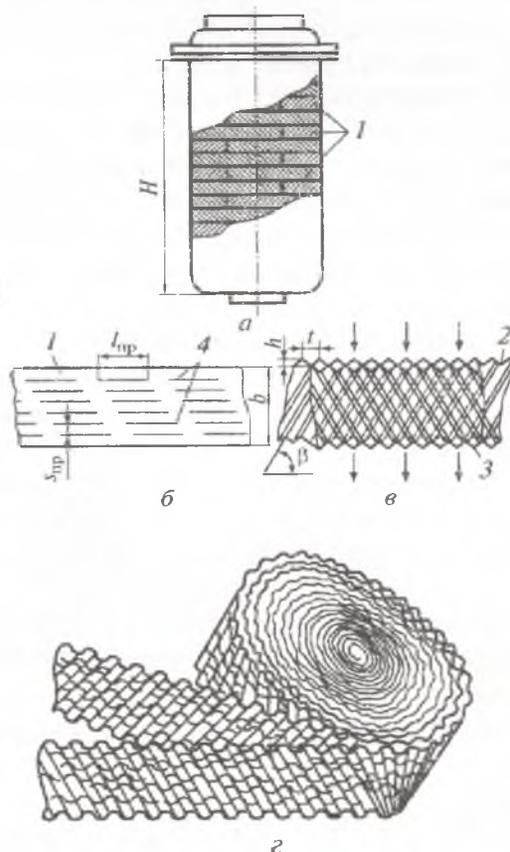
Ушбу усулда ясалган дисклар билан хавони ажратиш ва бошка қурилмалар жихозланади. Бундай насадкалар характеристикалари: солиштирма юза; буш хажм ва бошкалар конструктив параметрларга караб кенг куламда узгаради.

2.45-расмда шу турдаги насадкаларнинг асосийлари ва 2-35 жадвалда уларнинг геометрик характеристикалари келтирилган.

2-35 жадвал

Насадка типи	Конструктив параметрлар					Геометрик характеристикалар			
	Ковургалаш бурчаги β , град	Ковургалаш қадами l , мм	Ковурга баландл. h , мм	Лента қалин. δ , мм	Диск баландл. b , мм	Ҳажмий масса G , кг/м ³	Солишт. юза S , м ² /м ³	Буш ҳажм ϵ , м ³ /м ³	Эквивал. диаметр, d_e , мм
3	45	3,14	1,35	0,4	50	910	1700	0,66	1,52
8	90/60	3,14	1,35	0,4	50	935	1750	0,65	1,48
11	60	3,14	1,35	0,4	20	890	1670	0,668	1,60
12	60	3,14	1,35	0,4	80	890	1670	0,668	1,60
17	90/75	3,14	1,2/0,8	0,4	50	1145	2140	0,571	1,07
21	60	8,0	3,3	0,4	50	413	774	0,845	4,36
23	60	4,78	2,3	0,9	50	985	835	0,63	3,02
26	60	3,14	1,35	0,4	115	890	1670	0,668	1,60

Иссиқлик алмашилиш жараёнларини интенсивлаш учун регенератив насадкали иссиқлик алмашилиш юзаларини ҳам қўллаш мумкин (2.46-расм).



2.46-расм. Ҳавони ажратиш қурилма регенераторларининг дискли насадкалари.
а- регенератор; б-лента; в-иккита тўлқинсимон лентадан ҳосил бўлган канал; г-насадка
дискли; 1- дискли насадка лентаси; 2,3-лента ботик ва буртик жойлари; 4-тирқиш; β -бурчак.

Дискли насадкалар гидродинамикаси жуда мураккаб. Диск каналларига кирган оқим жуда куп оқимчаларга булинади ва куп маротаба уз йуналиши ва тезлигини узгартиради, ҳамда хар бир коимча ядроси тулкинланиб уюрмаланади. Бундай системаларда гидравлик каршиликларнинг асосий ташкил этувчиси бу ишкаланиш ва махаллий каршиликлардир. Махаллий каршиликлар каналларнинг торайиши ва кенгайиши, бурилиши ва киришдаги бурчак ва кирралардан суюклик оқиб утиши туфайли юз беради.

Суюклик ҳаракати даврида ушбу мослама оқимни турбулизация қилади ва натижада жараён интенсивлашади. Оқим таркиби ва босим майдонларининг таҳлили шуни кўрсатадики, энг кучли турбулизация омили силлик бўртикликнинг олди қисми ҳисобланади. У ерда ҳосил бўлаётган уорма оқимнинг турбулентлик даражасини (иссиқлик алмашиниш интенсивлигини) оширади. Лекин, шу билан бирга гидравлик каршилиқ ҳам ортади. Шунинг учун, саноат қурилмаларида бўртикликлар шакли силлик бўлиши мақсадга мувофиқдир.

Ушбу мосламада ламинар, утиш ва турбулент сохалардаги гидродинамик хоссаларини ифодалаш учун гидравлик каршилиқ коэффициентини ξ ушбу формуладан ҳисоблаш мумкин:

$$\xi = \frac{8 \cdot g \cdot \varepsilon^3 \cdot \Delta P}{s_n \cdot \rho \cdot w^2} \quad (2.116)$$

бу ерда ε - насадка бўш ҳажми, $\text{м}^3/\text{м}^3$; s_n - солиштирма юза, $\text{м}^2/\text{м}^3$; ρ - газ зичлиги, $\text{кг}/\text{м}^3$; w - оқим тезлиги, $\text{м}/\text{с}$.

2.19. Перспектив иссиқлик алмашиниш қурилмалари

Маълум қурилмага қараганда, янги иссиқлик алмашиниш қурилмаси юққори иссиқлик ўтказиш коэффициентли, емирилишга бардош, металл ва иссиқлик элткични узатишга энергия сарфи кам каби кўрсаткичларга эга бўлиши зарур.

Бундай иссиқлик алмашиниш қурилмаларини лойиҳалаш усулларида бири - иссиқлик беришни чегаралайдиган, суюклик юпка қатламини бузадиган юзали қурилмалар яратишдир. 2.47-расмда самарадор пластина-спиралсимон иссиқлик алмашиниш қурилмаси келтирилган.

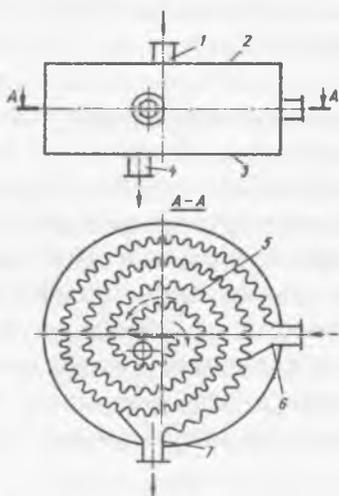
Гофриланган листлардан ясалган каналларда сунъий равишда ҳосил қилинган гофрлар ёки макро ғадир-будурликлар дискрет жойлашган бўлади ва улар девор юзасидаги суюклик чегаравий қатламни бузади ва иссиқлик алмашиниш жараёнини интенсивлайди. Ундан ташқари, каналлар спиралсимон бўлгани учун суюклик оқимлари ҳаракати даврида марказдан қочма кучлар пайдо бўлади. Бу омил ҳам жараённи жадаллашига олиб келади.

Германия фирмаси «Бавария Анлагенбау» томонидан «Бабекс» типдаги иссиқлик алмашиниш қурилмасида ҳам иссиқлик элткичнинг чегаравий қатлами бузилади ва жараён интенсивлашади (2.48-расм). Бу қурилма қобик-трубали ва пластина-иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг энг яхши хусусиятларини ўз ичида мужассамлаган.

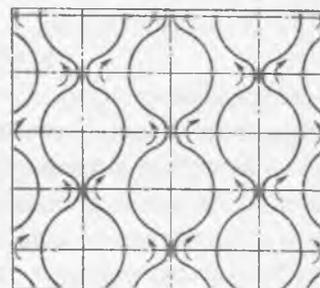
Иссиқлик алмашиниш юзалари 0,2...1,0 мм қалинликдаги штампланган металл листлардан иборат. Металл листда ярим доира шаклидаги ариқчалар штамповка усулида қилинади. Штамповка қилинган листлар симметрик ҳолатда кетма-кет йиғилиб маҳкамланади ва натижада трубалар ва трубалараро бўшлиқлар ҳосил бўлади. Суюклик гофрларнинг ташки томонидан оқиб ўтиши пайтида тўлкинсимон ҳаракатланади. Листлар (1500 ва ундан ортик) йиғилиб блок ҳосил қилади ва унинг юзаси 7200 м^2 гача бўлиши мумкин.

Қурилманинг трубалар бўшлиғи 8,4 МПа, трубалараро бўшлиғи эса, 10,5 МПа гача бўлган босимларга бардош бера олади. Иссиқлик элткичларнинг температураси $130...760^\circ\text{C}$ ораликда бўлиши мумкин.

Маълумки, кимёвий технология жараёнларида кимёвий агрессив иссиқлик элткичлар қўлланилади. Шунинг учун, қурилма яшада легирланган ва махсус материаллардан фойдаланилади. Қобик-трубали иссиқлик алмашиниш қурилмаларида жараённи жадаллаштиришнинг асосий муаммоси - бу иссиқлик алмашиниш юзасининг қарама - қарши томонларидаги термик каршиликларни тенглаштириш ёки бир-бирига яқинлаштиришдир. Бунга эришиш учун иссиқлик алмашиниш юзаси F оширилади ёки иссиқлик элткичнинг оптимал гидродинамик режими ташкил этилади.



2.48-расм. «Бабекс» типдаги иссиқлик алмашиниш қурилмасининг комбинациялашган трубалар ўрамини.



2.47- расм. Пластинали спиралсимон иссиқлик алмашиниш қурилмаси. 1,4,6,7-штуцерлар; 2,3-текис копқоклар; 5 - гофриланган лист.

Бу турдаги труба қурилмаларда, ҳаттоки ламинар режимда ҳам, иссиқлик бериш коэффициентини оддий трубаларникига қараганда 20...100% га ортиқ бўлади. Агар, ушбу қурилма трубаларида дискрет ясалган ботиқ ариқча ва ички томонида силлик, бўртик тўсиқлар жойлашиш қадами $t/D = 0,25...1,0$, $d/D = 0,88...0,94$ ва $Re \geq 10^4$ бўлганида жараён интенсивлиги $Nu/Nu_{тек} = 1,8...3,2$ марта ортади, гидравлик қаршилик эса - $\xi/\xi_{тек} = 1,8...7$ баробар ўсади.

Фторопласт каби материалларнинг кашф этилиши билан емирилишга бардош кимёвий иссиқлик алмашиниш қурилмаларини яратиш имкони пайдо бўлди. Бундай қурилмалар диаметри 2...5 мм ли трубалардан тайёрланади. Қурилмалардаги босим $P = 1,0$ МПа ва иссиқлик элткичлар орасидаги температуралар фарқи 200°C гача бўлиши мумкин. Одатда, фторопластан ясаладиган қурилмалар қобик-труба қурилишга тузилишли бўлади (2.48-расм).

Эгилувчан полимер трубалар ўрамининг учлари тешикли панжарага пайвандланади (2.49а-расм). Фторопласт труба қурилмалари сульфат кислота, хлорли органик ва тиббиёт маҳсулотларини ишлаб чиқаришда қўлланилади.



2.49-расм. Фторопласт труба қурилмалари иссиқлик алмашиниш элементлари.

Самарадор қобик-труба қурилмалари иссиқлик алмашиниш қурилмаларини яратишни яна бир усули - бу тешикли панжара қалинлигини иссиқлик алмашиниш девори ёки унга яқин қалинликда қилишдир (2.48б-расм). Бундай ҳолатларда, температуралар фарқи катта бўлишига қарамасдан, труба ва тешикли панжара маҳкамланиши жойида кучланишлар ҳосил бўлмайди. Натижада, линза компенсатор, U-симон труба ёки ҳаракатчан қалпоқчали конструкциялар қилишга ҳожат қолмайди. Ундан ташқари, электромагнит майдонининг (ўта юқори частотаси СВЧ) нурланиш энергиясидан иссиқлик энергия манбаи сифатида фойдаланишнинг келажаги порлоқдир.

ИССИҚЛИК АЛМАШИНИШ ҚУРИЛМАЛАРИНИ ҲИСОБЛАШ НАМУНАЛАРИ

2.20. Ҳаво билан совутиладиган қурилма ҳисоби

Технологик маҳсулотларни қобик-трубали ёки ювилиб турувчи қурилмаларда совитиш ва конденсациялаш учун совук сувни қўллаш ҳар доим ҳам самара бермайди. Бунга сабаб, сув сарфининг катталиги ва эксплуатацион сарфларнинг юқорилигидир. Ҳаво билан совутувчи қурилмаларни конденсатор-совуткич сифатида қўллаш бир катор афзалликларга эга: таъмирлаш ва эксплуатацион сарфлар кам; сувни тозалаш ва узатиш учун сарфлар йўқолади; труба ташқи девори тозалаш керак эмас; совитиш жараёнини ростлаш осонлашади ва ҳ. Бу турдаги қурилмаларда совутувчи элткич сифатида ўкли вентилятор ёрдамида атмосфера ҳавоси ҳайдалади. Совуклик элткичнинг йўналиши қовурғаланган трубаларга нисбатан кўндаланг бўлади (2.36в - расм).

Иссиқлик алмашилиш юзасининг компоновкасига караб, ҳаво билан совутиладиган қурилмалар икки гуруҳга бўлинади (2-37 жадвал): горизонтал АВГ; зигзагсимон АВЗ.

Ҳаво билан совутиладиган қурилма вентиляторларининг ишчи парраги диаметри 7 м гача бўлади. Одатда ишчи ғилдирак алюминий ёки стеклопласт каби материаллардан, диффузор эса, 2 мм пўлат листлардан тайёрланади.

Қурилма трубаларнинг асосий кўрсаткичи – қовурғаланиш коэффициенти K_{op} ва у куйидаги формуладан топилади:

$$K_{op} = \frac{F_o}{F_u} \quad (2.117)$$

бу ерда F_o – қовурғали труба юзаси, м²; F_u – оддий текис труба юзаси, м².

2-36 жадвалда қовурғали трубалар асосий параметрлари келтирилган.

2-36 жадвал

Қовурғалаш коэффициенти, K_{op}	Қовурға ташқи диаметри, d_p	1 м труба узунлигида қовурғалар сони	1 м трубанинг ташқи юзаси, м ²		Қовурға баландлиги, H , мм
			қовурғасиз, F_{no}	қовурғали, F_{po}	
9,0	49	286±5	0,088	0,792	6
14,6	36	333±5	0,088	1,284	10

2-37 жадвалда ҳаво билан совутиладиган қурилмаларнинг асосий кўрсаткичлари келтирилган.

2-37 жадвал

Қурилма тури	Иссиқлик алмашилиш юзаси F , м ²	Секция сони, z_c	Секциядаги каторлар сони n_c	Труба узунлиги L , м	Қовурғаланиш коэффициенти, K_{op}	Вентилятор диаметри, м	Вентилятор сони, дона	Вентилятор узатмаси куввати		
								ВЗ	НВЗ	
АВМ	105...840	1	4;	1,5-3,0	9; 14; 6;	0,8	1,2	22;	10	
АВГ		3	6;	4; 8	20; 22			30;	18	
АВГ-В	840...3500	8	8	8	7; 8;	2,8	4	37;	25	
АВГ-ВВ								5;	5; 15	40
АВГ-Г	7060...26870	12	4;	8	9;	5	1	37;	40	
АВЗ	265...9800	6	6;	6				14;		40;
АВЗ-Д	3540...13100	8	8	8	6;	2,8	2	75;	10	
								90		18
								22;		25
					22			30;		
					22			37;		
								40		

Эслатма: М-кичик габаритли; Г-горизонтал; В-қовушок суюкликлар учун; ВВ-қовушоклиги юқори суюкликлар учун; Т-уч контурли (секциялар устма-уст қўйилади); З-секциялар зигзагсимон жойлаштирилади; Д-иккита вентиляторли; ВЗ-портлашга карши химояси бор электр юриткичли; НВЗ-портлаш ҳавфи бор электр юриткичли.

Босими $P=0,06$ МПа ва сарфи $G=13,6$ т/соат бўлган углеводородни конденсациялаш ва сўнг совитиш учун ҳаво билан совутиладиган қурилмахисоблансин ва стандарт қурилма танлансин. Углеводороднинг қурилмадан чиқишдаги температураси $t=45^{\circ}\text{C}$. Қурилма Қўнғирот шаҳрида ўрнатилган.

Е ч и ш: трубалар ичида суюқлик ҳаракати идеал сиқиб чиқариш қурилмалари ишлаш принципига ўхшаш бўлгани учун, уни икки зонага бўлиш мумкин: конденсация ва конденсат совитиш. Конденсация зонасининг бутун узунлиги бўйича температура ўзгармас ва абсолют босим $P=0,1+0,06=0,16$ МПа да температураси $t_1=110^{\circ}\text{C}$ ни ташкил этади.

$t_1=110^{\circ}\text{C}$ да конденсатнинг хоссалари:

- зичлик - $\rho_1=760$ кг/м³;
- қовушқоқлик - $\mu_1=3\cdot 10^{-4}$ Па·с;
- солиштирма иссиқлик сиғим - $c_1=2450$ Ж/(кг·К);
- иссиқлик ўтказувчанлик - $\lambda=0,13$ Вт/(м·К);
- конденсацияланиш солиштирма иссиқлиги - $r_1=3,19\cdot 10^5$ Ж/кг.

Совитиш зонасидаги конденсат температураси:

$$t_{\text{ўр}} = \frac{110 - 45}{\ln \frac{110}{45}} = 72,7^{\circ}\text{C}$$

Ушбу температурада конденсат хоссалари.

- зичлик - $\rho_1=780$ кг/м³;
- қовушқоқлик- $\mu_1=7,3\cdot 10^{-4}$ Па·с;
- солиштирма иссиқлик сиғим - $c_1=2150$ Ж/(кг·К);
- иссиқлик ўтказувчанлик - $\lambda_1=0,14$ Вт/(м·К).

Ёз фасли учун Қўнғирот шаҳридаги ўртача температура $29,3^{\circ}\text{C}$.

$$\theta_1=29,3+2,7=32^{\circ}\text{C}$$

Қурилмадан чиқаётган ҳаво температураси - $\theta_2=60^{\circ}\text{C}$. Конденсацияланиш ва совитиш зоналарида элткичлар орасидаги температуралар тақсимланиши:

$$\frac{t_1=110^{\circ}\text{C} \leftrightarrow t_2=110^{\circ}\text{C} \quad t_1=110^{\circ}\text{C} \rightarrow t_2=45^{\circ}\text{C}}{\theta_1=32^{\circ}\text{C} \rightarrow \theta_2=60^{\circ}\text{C} \quad \theta_2=60^{\circ}\text{C} \leftarrow \theta_1=32^{\circ}\text{C}} \\ \Delta t_{\text{ка}}=78^{\circ}\text{C} \quad \Delta t_{\text{ку}}=50^{\circ}\text{C} \quad \Delta t_{\text{ка}}=78^{\circ}\text{C} \quad \Delta t_{\text{ку}}=50^{\circ}\text{C}$$

Унда, ўртача температуралар фарқи.

$$\Delta t_{\text{ўр}} = \frac{78 + 50}{2} = 64^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{ўр}} = \frac{50 - 13}{\ln \frac{50}{13}} = 27,4^{\circ}\text{C}$$

Совитиш зонасида элткичлар аралаш йўналишларда ҳаракатлангани учун

$$p = \frac{60 - 32}{110 - 32} = 0,36; \quad R = \frac{110 - 45}{60 - 32} = 2,32;$$

ва $E_r=0,73$

Бу ҳолатда

$$\Delta t_{\text{ўр}} = 27,4 \cdot 0,73 = 20^{\circ}\text{C}$$

Конденсацияланиш ва совитиш зоналари учун тахминий иссиқлик ўтказиш коэффициенти $K=200$ Вт/(м²·К) деб қабул қиламиз.

Конденсация зонасидаги иссиқлик оқими

$$Q_1 = G_1 \cdot r_1 = \frac{13600}{3600} \cdot 3,19 \cdot 10^5 = 1170000 \text{ Вт}$$

Конденсация зонаси учун иссиқлик алмашилиш юзаси

$$F_1 = \frac{Q_1}{K \cdot \Delta t_{\text{ур}}} = \frac{1170000}{200 \cdot 64} = 91,4 \text{ м}^2$$

Совитиш зонаси учун иссиқлик алмашиниш юзаси

$$F_2 = \frac{Q_2}{K \cdot \Delta t_{\text{ур}}} = \frac{520000}{200 \cdot 20} = 130 \text{ м}^2$$

Умумий иссиқлик алмашиниш юзаси

$$F = F_1 + F_2 = 91,4 + 130 = 221,4 \text{ м}^2$$

АВТ типдаги 3 секцияли қурилма танлаймиз [8]. Ҳар бир секция юзаси

$$F_c = \frac{F}{3} = \frac{221,4}{3} = 73,8 \text{ м}^2$$

Юза бўйича тахминан 25% ли захира билан 2-38 жадвалдан қуйидаги секцияни танлаймиз:

$F_c=98 \text{ м}^2$; $L=8 \text{ м}$; $n_c=6$; $n_x=141$; $z_x=1$; $K_{op}=9$; Труба – монометаллик.

2-38 жадвал

Ковурғаланиш коэффициенти, K_{op}	Секциядаги труба қаторлари сони, n_c	Йуллар сони, z_x	Бир қатордаги трубалар сони, n_x	Труба ташқи томони юзаси, $F_n, \text{м}^2$				
				Ковурғаланмаган труба узунлиги, м		Ковурғаланган труба узунлиги, м		
				4	8	4	8	
9	4	1	94	33	66	295	590	
		2	27					
		4	24; 23					
9	6	1	141	49	98	440	880	
		2	71; 70					
		3	47					
	8	8	1	188	65	130	582	1162
			2	94				
			4	47				
14,6	4	1	82	28	57	415	830	
		2	41					
		3	21; 20					
	6	6	1	123	42	85	632	1265
			2	61; 62				
			3	41				
	8	8	1	164	57	114	850	1700
			2	82				
			4	41				
		8	21; 20					

Аниқловчи ҳисоб.

Ҳавонинг ўртача температураси

$$\theta = t_{\text{ур}} - t_{\text{ур}2} = 72,7 - 20 = 52,7^\circ \text{C}$$

Ушбу температурада ҳавонинг хоссалари

$$\rho_x = \frac{1,29 \cdot 273}{273 + 53} = 1,08 \text{ кг/м}^3$$

- ковушқоклик коэффициенти- $\mu_x=2 \cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}$;
- солиштирма иссиқлик сифим- $c_x=1000 \text{ Ж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$;
- иссиқлик ўтказувчанликкоэффициенти- $\lambda_x=0,028 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$;

Ҳавонинг умумий сарфи

$$V_x = \frac{Q_1 + Q_2}{\rho_x \cdot c_x \cdot (\theta_2 - \theta_1)} = \frac{1690000}{1,08 \cdot 1000 \cdot (60 - 32)} = 55,9 \text{ м}^3/\text{с}$$

2-39 жадвал

n_c	Босим p (МПа) бўлганда δ_p (мм) кийматлари					
	0,6	1,0	1,6	2,5	4,0	6,4
4	20	25	32	39	50	62
6	25	32	39	50	62	78
8	30	39	50	60	76	96

Тешикли панжара қалинлиги $\delta_p=39$ мм (4-10 жадвал) бўлганда трубалараро бўшлик кўндаланг кесими юзаси:

$$f_{\text{трап}} = z_c \cdot b \cdot (L - 2\delta_p) \cdot f_c = 2 \cdot 1,26 \cdot (8 - 2 \cdot 0,039) \cdot 0,34 = 6 \text{ м}^2$$

бу ерда $b=1,26$ м – секциядаги бўш кенглик; f_c – секция нисбий эркин кўндаланг кесим ($f_c=0,34$, $K_{op}=9$ да: $f_c=0,38$, $K_{op}=14,6$ да).

Трубалар ўраи энг тор кўндаланг кесимидаги ҳаво тезлиги:

$$w_{\text{трап}} = \frac{55,9}{6} = 9,32 \text{ м/с}$$

Ҳаво учун Прандтль критерийси:

$$Pr = \frac{1000 \cdot 2 \cdot 10^{-5}}{0,028} = 0,714$$

$K_{op}=9$ да ҳаводан трубага иссиқлик бериш коэффициентини

$$\begin{aligned} \alpha_2 &= c_2 \cdot \lambda_x \cdot \left(\frac{w \cdot \rho_x}{\mu_x} \right)^{0,65} \cdot Pr^{0,35} = \\ &= 0,5 \cdot 0,028 \cdot \left(\frac{9,32 \cdot 1,08}{2 \cdot 10^{-5}} \right)^{0,65} \cdot 0,714^{0,35} = 65 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К} \end{aligned}$$

Унда $\alpha_{np} = c_1 \cdot \alpha_2 = 0,83 \cdot 65 = 54 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$

бу ерда $K_{op}=9$ да; $c_1=0,83$ ва $c_2=0,5$; $K_{op}=14,6$ да $c_1=0,65$ ва $c_2=0,48$.

Конденсацияланаётган углеводород бугидан горизонтал деворга иссиқлик бериш:

$$\alpha_1 = 0,72 \cdot 4 \sqrt{\frac{r \cdot \rho^2 \cdot \lambda^3 \cdot g}{\mu \cdot \ell \cdot \Delta t_{\text{кон}}}} = 0,724 \sqrt{\frac{3,19 \cdot 10^5 \cdot 760^2 \cdot 0,013^3 \cdot 9,81}{3 \cdot 10^{-4} \cdot 0,022 \cdot \Delta t_{\text{кон}}}} = \frac{5940}{\Delta t_{\text{кон}}^{0,25}}$$

Бу формуладаги $\Delta t = t_2 - t_\delta$, бўлгани учун, иссиқлик ҳисоби конденсацияланаётган бут девори температураси t_δ куйидаги формуладан топилади.

$$q = \alpha_1 \cdot (t_1 - t_{g1}) = \frac{t_{g1} - t_{g2}}{r_{иф1} + \frac{\delta_g}{\lambda_g} + r_{иф2}} = (t_{g1} - \theta_{yp}) \cdot \alpha_{np} \cdot K_{op}$$

бу ерда ифлосликлар термик қаршилиги $r_{иф1}=4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ – углеводородлардан; $r_{иф2}=3 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ – ҳаводан. Аллюминий деворнинг $\delta_\delta=3$ мм да термик қаршилиги $\lambda_\delta=203 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$.

Унда

$$\frac{\delta_g}{\lambda_g} = \frac{0,003}{203} = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$$

Конденсация зонасидаги ўртача температура

$$\theta_{yp} = t_1 - \Delta t_{yp1} = 110 - 64 = 46^\circ \text{C}$$

Ушбу кўрсаткичларда, $\alpha_{np}=54 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ ва $K_{op}=9$ ларни инобатга олиб

$$q = 5940 \cdot \Delta t_{кон}^{0,25} = \frac{\Delta t_g}{7,15 \cdot 10^{-4}} = 436,5 \cdot \Delta t_2$$

бу ерда $\Delta t_1 = t_1 - t_{o1}$, $\Delta t_o = t_{o1} - t_{o2}$, $\Delta t_2 = t_{o2} - \theta_{yp}$.

Ушбу тенглама буйича q нинг маълумотлари 2-40 жадвалда келтирилган.

2-40 жадвал

$\Delta t_{o1},$ $^\circ\text{C}$	$\Delta t_1,$ $^\circ\text{C}$	$q = 5940 \cdot \Delta t_1^{0,75}$	$\Delta t_o = 7,15 \cdot 10^{-4} \cdot q_1$	$t_{o2} = t_{o1} - \Delta t_o$	$\Delta t_2 = t_{o2} - \theta_{yp}$	$q = 436,5 \cdot \Delta t_2$
105,5	4,5	18350	13,1	92,4	48,4	21100
105,0	5	19860	14,2	90,8	46,8	20400

Жадвалнинг охириги қаторидан қуйидагини оламиз.

$$q_{yp} = \frac{19860 + 20400}{2} = 20130 \text{ Вт} / \text{м}^2$$

Конденсация зонаси учун зарур иссиқлик алмашиниш юзаси

$$F_1 = \frac{Q_1}{q_{yp}} = \frac{1170000}{20130} = 58 \text{ м}^2$$

Совитиш зонасида турбулент режим ($Re > 10^4$) деб қабул киламиз. Унда, углеводороднинг трубадаги тезлиги

$$w = \frac{Re \cdot \mu_2}{d_x \cdot \rho_2} = \frac{10000 \cdot 7,3 \cdot 10^{-4}}{0,022 \cdot 760} = 0,437 \text{ м} / \text{с}$$

Бу ерда, монометаллик труба учун $d_x=22$ мм деб қабул қилинган. Углеводородларнинг ҳажмий сарфи

$$V_2 = \frac{3,78}{760} = 0,005 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Углеводород турбулент режимда бир йўлдаги трубалар сони

$$n_x = \frac{0,005}{0,785 \cdot 0,022^2 \cdot 0,437} = 30 \text{ дона}$$

$F_c=98 \text{ м}^2$ да 2-38 жадвалдан $z_x=6$ ва $u_x=24$ ли секция танлаймиз ва труба ичида углеводород тезлигининг аниқ тезлигини топамиз.

$$w = \frac{0,005}{0,785 \cdot 0,022^2 \cdot 24} = 0,548 \text{ м/с}$$

Re ва Pr критерийларини ҳисоблаймиз.

$$Re = \frac{0,548 \cdot 760 \cdot 0,022}{7,3 \cdot 10^{-4}} = 12550$$

$$Pr = \frac{2150 \cdot 7,3 \cdot 10^{-4}}{0,14} = 11,2$$

Иссиқлик алмашиниш интенсивлиги

$$Nu = 0,012 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} = 0,021 \cdot 12250^{0,8} \cdot 11,2^{0,43} = 112$$

Иссиқлик бериш коэффициентини (углеводороддан деворга)

$$\alpha_1 = \frac{112 \cdot 0,14}{0,022} = 713 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Девор термик қаршилиги $\Sigma r_d=7,15 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ бўлганда, совитиш зонасидаги умумий иссиқлик бериш коэффициентини куйидагига тенг

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + r_{g1} + \frac{\delta_g}{\lambda_g} + r_{g2} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{713} + 7,15 \cdot 10^{-4} + \frac{1}{54,9}} = 239,5 \approx 240 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Совитиш зонасининг аниқлаштирилган иссиқлик алмашиниш юзаси:

$$F_2 = \frac{Q_2}{K_2 \cdot \Delta t_{\text{ср}2}} = \frac{520000}{240 \cdot 20} = 108,3 \text{ м}^2$$

Умумий иссиқлик алмашиниш юзаси

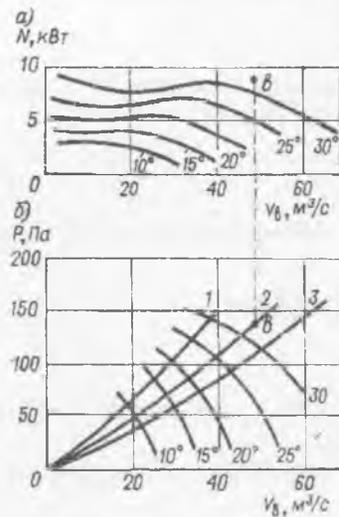
$$F = F_1 + F_2 = 58 + 108,3 = 166,3 \text{ м}^2$$

Унда, битта секция учун зарур иссиқлик алмашиниш юзаси

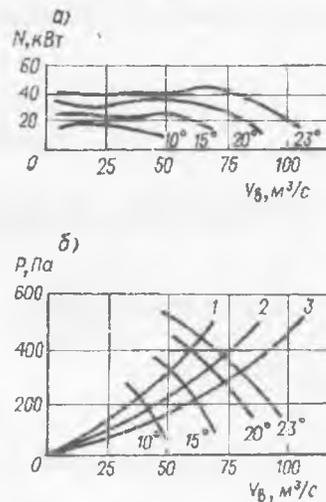
$$F_c = \frac{F}{3} = \frac{166,3}{3} = 55,4 \text{ м}^2$$

Аниқловчи ҳисоб асосида (2-38 жадвалдан) битта секция юза $F_c=66 \text{ м}^2$, секциядаги трубалар катори $n_c=4$, йўллар сони $z_x=4$ ли АВГ типисидаги қурилмани танлаш мумкин.

Вентиляторни танлаш учун 2.50 ва 2.51-расмлардан фойдаланамиз.



2.50-расм. Айланиш частотаси $3,55 \text{ с}^{-1}$ да АВГ ва вентиляторларнинг аэродинамик характеристикалари а-истеъмол қуввати; б-АВГ қаршилиги (қатор сони 1 да – 8; 2 да – 6; 3 да – 4)



2.51-расм. Айланиш частотаси $7,5 \text{ с}^{-1}$ да АВГ ва вентиляторларнинг аэродинамик характеристикалари а-истеъмол қуввати; б-АВГ қаршилиги (қатор сони 1 да – 8; 2 да – 6; 3 да – 4).

Вентиляторни танлаш: 2.50-расмдаги 2-чизикда ҳаво сарфи $V_x=48,5 \text{ м}^3/\text{с}$ да нукта «б» ни топамиз ва унинг яқинида парраги 30° бўлган вентилятор характеристикаси ўтади. Бу кўрсаткичларда, айланиш частотаси $n=3,55 \text{ с}^{-1}$ да узатма қуввати $N=7,5 \text{ кВт}$ бўлиши керак. 2-41 жадвал тавсиялари асосида $N=10 \text{ кВт}$ ли электр юриткич танлаймиз.

2-41 жадвал

АВ туридаги ҳаво билан совутиладиган иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг асосий параметрлари

Қурилма тури	Исс.алм. юзаси $F_u, \text{ м}^2$	Секция сони z_c	Секцияда труба сони n_c	Труба узунлиги $L, \text{ м}$	Ковургал. сони K_{op}	Вентилят. диаметри, м	Вертилятор сони	Юриткич қуввати, кВт	
								ВЗ	НВЗ
АВМ	105-840	1	4;	1,5-3	9; 14;	0,8	1,2	22;	10;
АВГ		3	6;		6;20;			2,8	
			8	4;	22	37;			
АВГ-В	840-3590			8	7;8;			40	25
АВГ-ВВ	630-1270	8	5		5;15;				
АВГ-Г	7060-26870	12	4;	8	9;		4	37;40;	40
			6;		14;			75;90	
АВЗ	265-9800	6	8	6	6;	5,0	1		
АВЗ-Д	3540-13100			8	20;	2,8	2	22;30;	10;
					22			37;30	18;
									25

Юқорида ўтказилган ҳисоблашлар асосида

$$АВГ \frac{9-Ж-6-М1-НВЗ}{4-4-8}$$

Типидаги қурилма танлаймиз, яъни горизонтал ҳаво билан совутиладиган қурилма, ковуругаланиш коэффициентини $K_{op}=9$, шартли босим $P=0,6 \text{ МПа}$, монометаллик труба (М1), портлаш ҳавфи бор электр юриткичли (НВЗ) вентилятор, секцияда 4 қатор труба ва труба узунлиги 8 м, йўллар сони 4 та.

2.21. Змеевикли иситкич ҳисоби

μ - ксилолни иситиш учун змеевикли иссиқлик алмашилиш қурилмаси ҳисоблансин ва лойиҳалансин.

Бошланғич маълумотлар:

- намоқоб сарфи - $G=1,6$ т/соат;
- қурилмага киришдаги температураси - $t_1=16^\circ\text{C}$;
- қурилман чиқишдаги температураси - $t_2=80^\circ\text{C}$;

Иссиқлик элткич – сув буғи.

- сув буғининг босими - $P=0,2$ МПа;

Пулатдан ясалган змеевик 53x2 мм ли трубадан ясалган.

Ечиш. Сув буғининг босимига унинг конденсацияланиш температураси $t_3=119,6^\circ\text{C}$ тўғри келади. Ушбу температура ўзгармас бўлгани учун ўртача температуралар фарқини қуйидаги формуладан аниқлаш мумкин:

$$\Delta t_{\max} = t_3 - t_1 = 119,6 - 16 = 103,6^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{\min} = t_3 - t_2 = 119,6 - 80 = 39,6^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{ур}} = \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{2,3 \lg \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}}} = \frac{103,6 - 39,6}{2,3 \lg \frac{103,6}{39,6}} = 66,6^\circ\text{C}$$

μ -ксилолнинг ўртача температураси:

$$t_{\kappa} = t_{\text{кояю}} - \Delta t_{\text{ур}} = 119,6 - 66,6 = 53^\circ\text{C}$$

Қурилманинг иссиқлик юкламаси:

$$Q = G \cdot c \cdot (t_{\text{кояю}} - t_1) = \frac{2400}{3600} \cdot 1840 \cdot (80 - 16) = 78500 \text{ Вт}$$

бу ерда $c=1840$ Ж/(кг·К) – μ - ксилолнинг ўртача солиштирма иссиқлик сизими.

Энди, труба девори ва ундаги ифлосликлар термик қаршилигини аниқлаймиз:

$$\sum \frac{\delta}{\lambda} = r_{31} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + r_{32} = 0,00017 + \frac{0,002}{46,5} + 0,00017 = 0,0004 \text{ (м}^2 \cdot \text{К) / Вт,}$$

бу ерда r_{31} , r_{32} – ксилол ва сув буғи томонларидан девор ифлосликларининг термик қаршилиги (2-16 жадвал).

$(Pr/Pr_0)^{0,25}=1$ эканлигини инобатга олиб, μ - ксилол учун иссиқлик бериш коэффициентини ушбу формуладан ҳисоблаймиз:

$$Nu = 0,5 \cdot (Pr \cdot Gr)^{0,25} = 0,5 \left(\frac{g \cdot d^3 \cdot \rho^2 \cdot \beta}{\mu^2} \right)^{0,25}$$

$$\Delta t_k^{0,25} = 0,5 \cdot \left(\frac{9,81 \cdot 0,053^3 \cdot 837^2 \cdot 1,15 \cdot 10^{-3}}{(0,43 \cdot 10^{-6})^2} \right)^{0,25}$$

$$\Delta t_k^{0,25} = 36,6 \cdot \Delta t_k^{0,25}$$

бу ерда $\rho=837 \text{ кг/м}^3 - 53^\circ\text{C}$ да ксилолнинг зичлиги; $\mu=0,43 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с}$ - μ - ксилолнинг динамик ковшоклик коэффициенти; $Pr=4,5$ - μ - ксилол учун Прандтль критерийси.

$$\beta = \frac{v_2 - v_1}{v_1 \cdot \Delta t} = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_1 \cdot (119,6 - 53)} = 1,15 \cdot 10^3 \text{ K}^{-1}$$

бу ерда β - μ - ксилолнинг уртача хажмий кенгайиш коэффициенти.

μ - ксилол учун иссиқлик бериш коэффициенти:

$$\alpha_k = \frac{Nu \cdot \lambda}{d} = \frac{36,6 \cdot 0,1258}{0,053} \cdot \Delta t_k^{0,25} = 88,4 \cdot \Delta t_k^{0,25}$$

бу ерда $\lambda=0,128 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ - 53°C температурада μ - ксилолнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти.

μ - ксилолнинг учун иссиқлик бериш коэффициенти конденсацияланаётган бугникига караганда анча кичик бўлгани учун, ҳисоблашлар қилмасдан буг конденсацияланиши учун $\sim 10000 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$ деб қабул қиламиз

Юкорида олинган маълумотлар асосида қуйидаги тенгламалар системасини ёзамиз:

$$q = \alpha_n \cdot \Delta t_n = \frac{\Delta t_\delta}{\sum r_\delta} = \alpha \cdot \Delta t_k^{0,25}$$

$$\Delta t_{yp} = \Delta t_n + \Delta t_\delta + \Delta t_k$$

$$\Delta t_n = t_{конд} - t_{\delta 1}; \quad \Delta t_\delta = t_{\delta 1} - t_{\delta 2};$$

Юкоридаги формулага параметрларнинг сон қийматларини қўйиб, ушбу натижани оламиз:

$$10000 \cdot \Delta t_n = \frac{\Delta t_\delta}{0,0004} = 88,4 \cdot \Delta t_k^{0,25}$$

$$66,6 = \Delta t_n + \Delta t_\delta + \Delta t_k$$

Тенгламалар системасини ечиб ушбу натижага келамиз:

$$0,0442 \cdot \Delta t_k^{0,25} + \Delta t_k \cdot 66,6 = 0$$

Охирги тенгламани график усулдан фойдаланиб ечсак қуйидаги қийматни топамиз:

$$\Delta t_k = 59,3^\circ\text{C}$$

Унда

$$q = \alpha_k \cdot \Delta t_k = 88,4 \cdot 59,3^{1,25} = 14550 \text{ Вт/м}^2$$

Зарур иссиқлик алмашиниш юзаси ушбу формуладан аниқланади:

$$F = \frac{Q}{q} = \frac{52300}{14550} = 3,62 \text{ м}^2$$

Змеевик узунлиги:

$$L = \frac{F}{\pi \cdot d_{\text{вр}}} = \frac{3,62}{3,14 \cdot 0,051} = 22,6 \text{ м}$$

Захира билан керакли змеевик узунлиги:

$$L_z = 1,15 \cdot L = 1,15 \cdot 22,6 = 26 \text{ м}$$

5% иссиқлик йўқотилишини инобатга олган ҳолда иситувчи буг сарфини топамиз:

$$G_0 = \frac{1,05 \cdot Q}{r \cdot x} = \frac{1,05 \cdot 78500}{2208 \cdot 10^3 \cdot 0,95} = 0,0392 \text{ кг/с}$$

бу ерда $r=2208 \cdot 10^3 \text{ Ж/кг}$ – буг ҳосил қилиш иссиқлиги; $x=0,95$ – иситувчи бугнинг куруклик даражаси.

Ушбу турдаги иситкичларни эксплуатация қилиш шуни кўрсатдики, буғли змеевикларнинг нормал ишлаши учун бугнинг тезлиги 30 м/сдан ошмаслиги керак ва L/d нисбати формулада келтирилгандан кичик бўлиши керак:

$$\frac{L}{d} = C \cdot \frac{6}{\sqrt{\Delta t_{\text{вр}}}}$$

бу ерда коэффициент C конденсацияланаётган буг босимига боғлиқ ва $P=0,2 \text{ МПа}$ учун тахминан 190 [50].

Бугнинг бошланғич тезлигини текшираимиз:

$$w_{\text{нач}} = \frac{G_0}{\rho_0 \cdot 0,785 \cdot d^2} = \frac{0,0392}{1,107 \cdot 0,785 \cdot 0,049^2} = 18,78 \text{ м/с}$$

бу ерда $\rho_0=1,107 \text{ кг/м}^3$ –бугнинг зичлиги.

Рухсат этилган L/d нисбат максимал қиймати:

$$\left(\frac{L}{d}\right)_{\text{max}} = 190 \cdot \frac{6}{\sqrt{66,6}} = 140$$

Демак, змеевикнинг узунлиги қуйидагидан ошмаслиги керак:

$$L = 140 \cdot d = 140 \cdot 0,049 = 69 \text{ м}$$

Параллел ишлаётган змеевиклар сонини $n=4$ деб қабул қиламиз.

Унда, ҳар бир змеевик узунлиги L_c қуйидагига тенг:

$$L_c = \frac{26}{4} = 6,5 \text{ м}$$

2.22. Қобик-трубали бугланиш қурилмасининг ҳисоби

Ушбу турдаги қурилмалар ректификацион колоннага узатилалиган буг аралашмасини ҳосил қилиш учун хизмат қилади. Одатда, технологик схемаларда бундай қурилмалар қайнатгич деб номланади. Оддий қобик-трубали иситкич ва совуткичларни ҳисоблашладан фарқи шундаки, иссиқлик элткичнинг агрегат ҳолати ўзгариб туриш билан кечадиган иссиқлик алмашилиш жараёнида иссиқлик бериш коэффициенти α ни аниқлаш ўзгачалиги билан ажралиб туради.

Газ фракциялаш ускунаси керосинининг углеводородлар билан аралашмасини иситиш учун стандарт қобик-трубали бугланиш қурилмаси ҳисоблансин ва лойиҳалансин.

Бошланғич маълумотлар:

- углеводородлар аралашмасининг сарфи - $G_2=80,305$ т/соат;
- бошланғич температураси - $t_1=98^\circ\text{C}$;
- охири (қайнаш) температураси - $t_2=104,43^\circ\text{C}$;
- босими - $P_2=2,5$ МПа.

Иссиқлик элткич – керосин.

- бошланғич температураси - $t_3=275^\circ\text{C}$;
- охири температураси - $t_4=150^\circ\text{C}$;
- босими - $P_1=2,8$ МПа.

Иссиқлик элткичларнинг ўртача температурасини аниқлаймиз:

углеводород учун

$$\Delta t_{\text{ур1}} = 98 + 104,43 = 101,215^\circ\text{C}$$

керосин учун

$$\Delta t_{\text{ур2}} = 275 + 150 = 212,5^\circ\text{C}$$

Жараёни ҳаракатга келтирувчи ўртача температуралар фарқини ҳисоблаймиз:

$$\Delta t_{\text{ка}} = 275 - 104,43 = 170,57^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{ки}} = 150 - 98 = 52^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{\Delta t_{\text{ка}} - \Delta t_{\text{ки}}}{2,31g \frac{\Delta t_{\text{ка}}}{\Delta t_{\text{ки}}}} = \frac{170,57 - 52}{2,31g \frac{170,57}{52}} = 99,81^\circ\text{C}$$

Углеводород томонидаги труба деворининг температурасини ушбу усулда топамиз:

$$t_{\text{см1}} = t_1 = \frac{\Delta t_{\text{ср}}}{2} = 212,5 - \frac{99,81}{2} = 162,6^\circ\text{C}$$

Қурилма иссиқлик юқламасини 5% йўқотилишлар инobatга олган ҳолда аниқлаймиз:

$$Q = 1,05 \cdot [G_2 r_2 + G_2 c_p (t_{2н} - t_{2к})] =$$

$$= 1,05 \cdot \left[\left(\frac{80305}{3600} \right) \cdot 78,71 \cdot 10^3 + \left(\frac{80305}{3600} \right) \cdot 14,149 \cdot 10^3 \cdot 6,4 \right] = 3964562 \text{ Вт}$$

бу ерда $r_2=78,71 \cdot 10^3$ Ж/кг - углеводород буг хосил килиш иссиқлиги; $c_p=14,149 \cdot 10^3$ Ж/(кг К) - уртача температура ($t_{ур}$) да углеводород солиштирма иссиқлик сифими.

Иситувчи элткич керосиннинг сарфи:

$$G_1 = \frac{Q}{c_1(t_{1н} - t_{2к})} = \frac{3964562}{2863,91(275 - 150)} = 11,07 \text{ кг/с}$$

бу ерда $c_1=2863,91$ Ж/(кг·К) – $t_{ур}=212,5^\circ\text{C}$ температурада керосиннинг солиштирма иссиқлик сифими.

Тахминий иссиқлик алмашилиш юзасининг максимал қийматини аниқлаш учун иссиқлик ўтказиш коэффициентининг тахминий қиймати $K_{max}=400$ Вт/(м²·К) ни танлаб оламиз (2–15 жадвалдан).

$$F_{оп} = \frac{Q}{K_{оп} \cdot \Delta t_{сп}} = \frac{3964562}{400 \cdot 99,81} = 99,3 \text{ м}^2$$

2-42 жадвалдан U-симон труба (тип ИУ) қобик-труба бугланиш қурилмасини танлаймиз:

- қобик диаметр - 1000 мм;
- трубалар диаметри - 20x2 мм,
- трубалар буйича 1 та йул кундаланг кесими - 0,031 м²,
- иссиқлик алмашилиш юзаси - 120 м².

Аниқловчи ҳисоб

Трубаларда керосин тезлиги w_1 ва Рейнольдс сони Re ни топамиз:

$$w_1 = \frac{V_1}{F_{оп}} = \frac{0,016}{0,031} = 0,516 \text{ м/с}$$

бу ерда V_1 – керосиннинг ҳажмий сарфи:

2-42 жадвал

U-симон труба ва ҳаракатчан қалпоқчали қобик труба бугланиш қурилмасининг иссиқлик алмашилиш юзалари

Қобик диаметри $D_{анн}$, мм	Труба ташқи диаметри, мм	Трубалар буйича йуллар сони	Иссиқлик алмашилиш юзаси, м ²		Қуйидаги девор калинликларида трубалар буйича 1 та йул кундаланг кесими, м ²		
			ИП	ИУ	2 мм	2,5 мм	2 мм
					ИП		ИУ
800	20	2	-	80	-	-	0,021
	25		38	-	0,014	0,013	-
1000	20	2	-	120	-	-	0,031
	25		62	-	0,023	0,020	-
1200	20	2	-	176	-	-	0,045
	25		98	-	0,036	0,033	-
1600	20	2	-	304	-	-	0,077
	25		175	-	0,063	0,058	-
1800	20	2	-	477	-	-	0,12
	25		295	-	0,106	0,102	-
	20	4	-	-	-	-	-
	25		278	-	0,067	0,061	-
2000	20	2	-	584	-	-	0,146
	25		353	-	0,129	0,120	-
	20	4	-	-	-	-	-
	25		335	-	0,056	0,050	-

**U-симон трубаши ва ҳаракатчан қалпоқчали қобик трубаши бугланиш
қурилмалари асосий қисмларининг материали**

Материал буйича қурилма ижроси	Таксимлаш камераси ва қобик	Труба	Труба тешикли панжараси
M1	СтЗсп ёки 16ГС	Ст.10 ёки Ст.20	16ГС
M4		15X5M ёки 12X8	15X5M
B1	Икки қатламли пўлат 16ГС+08X13 ёки СтЗсп +08X13	08X13	20X13
B2	Икки қатламли пўлат 16ГС+12X18Н10Т ёки СтЗсп +12X18Н10Т	08X18Н10Т ёки 12X18Н10Т, 10X18Н10Т	12X18Н10Т
B3	Икки қатламли пўлат 16ГС+10X17Н13М2Т ёки СтЗсп +10X17Н13М2Т	10X17Н13М2Т	

$$V_1 = \frac{G_1}{\rho_1} = \frac{11,07}{690} = 0,016 \text{ м/с}$$

бу ерда $\rho_1 = 675 \text{ кг/м}^3$ – керосин зичлиги;

$$Re_1 = \frac{w_1 \cdot d_s \cdot \rho_1}{\mu_1} = \frac{0,516 \cdot 0,016 \cdot 675}{0,26 \cdot 10^{-3}} = 21480$$

бу ерда $\mu_1 = 0,260 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ – $t_{\text{тур}}$ да керосиннинг динамик ковушқоқлик коэффициентини.

$Re_1 > 10^4$ бўлгани учун – суёқлик ҳаракат режим турбулент.

Биринчи яқинлашиш. Труба канали учун иссиқлик бериш коэффициентини ҳисоблаш.

Турбулент режимда иссиқлик алмашилиш интенсивлиги ушбу формуладан аниқланади:

$$Nu = 0,023 Re^{0,8} Pr^{0,4} \left(\frac{Pr}{Pr_{co}} \right)^{0,25}$$

бу ерда

$$Pr = \frac{c \cdot \mu_1}{\lambda} = \frac{2863 \cdot 0,260 \cdot 10^{-3}}{0,0893} = 8,3; \quad Pr_{co} = \frac{2679 \cdot 0,338 \cdot 10^{-3}}{0,0954} = 9,49;$$

бу ерда c – керосиннинг солиштирма иссиқлик сизими, Ж/(кг·К); λ – керосиннинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентини, Вт/(м·К) (численные значения μ_1 , c , λ ларнинг сон қийматлари керосин ва труба деворининг ўртача температураларида олинган).

$$Nu = 0,023 \cdot 21480^{0,8} (8,3)^{0,4} \left(\frac{8,3}{9,49} \right)^{0,25} = 151,4;$$

унда иссиқлик бериш коэффициентини

$$\alpha_2 = \frac{151,4 \cdot 0,0893}{0,016} = 845 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Трубалараро бўшлиқ учун иссиқлик бериш коэффициентини ҳисоблаш.

Пуфакчали кайнаш режимда иссиқлик бериш коэффициентини ушбу формуладан топилади:

$$\alpha_2 = 0,075 \cdot \left[1 + 10 \cdot \left(\frac{p}{\rho_n} - 1 \right)^{\frac{2}{3}} \right] \cdot \left(\frac{\lambda_2^2 \cdot \rho}{\mu_2 \cdot \sigma_2 \cdot T_{кин}} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot \left(\frac{Q}{F_{op}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Сон қийматларни формулага қўйсақ, ушбу натижани оламиз:

$$\alpha_2 = 0,075 \cdot \left[1 + 10 \cdot \left(\frac{407,71}{74,5} - 1 \right)^{\frac{2}{3}} \right] \cdot \left(\frac{0,074945^2 \cdot 407,71}{0,057 \cdot 10^{-3} \cdot 1,51 \cdot 10^{-3} \cdot 377,43} \right)^{\frac{1}{3}} \times \\ \times \left(\frac{3964562}{99,3} \right)^{\frac{2}{3}} = 16947 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

бу ерда $\lambda_2 = 0,074945 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – углеводород иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти; $\rho = 407,71 \text{ кг}/\text{м}^3$ – углеводород зичлиги; $\rho_n = 74,5 \text{ кг}/\text{м}^3$ – буғ зичлиги; $\sigma_2 = 1,51 \cdot 10^{-3} \text{ Н}/\text{м}$ – углеводород сиртий таранглик коэффициенти; $T_{кин} = 377,43 \text{ К}$ – углеводород кайнаш температураси; $\mu_2 = 0,057 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ – углеводород динамик ковушқоқлик коэффициенти; $Q/F_{op} = q$. (Углеводороднинг ҳамма иссиқлик-физик хоссалари $t_{кин} = t_2 = 104,43^\circ \text{C}$ температурада олинган).

Иссиқлик ўтказиш коэффициенти:

$$K' = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum r + \frac{1}{\alpha_2}}$$

бу ерда девор ва ундаги ифлосликлар термик қаршилиги:

$$\sum r = r_{cm} + r_{uf1} + r_{uf2} = \frac{0,002}{46,5} + 0,00081 + 0,00091 = 9,44 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

бу ерда $r_{cm} = \delta_{cm} / \lambda_{cm}$; δ_{cm} – труба деворининг қалинлиги, м; $\lambda_{cm} = 46,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – углеводородли пулат иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти (2-17 жадвал).

$$r_{uf1} = 0,00081 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}; \quad r_{uf2} = 0,00091 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}; \quad (2-17 \text{ жадвал}).$$

$$K' = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{845} + 9,44 \cdot 10^{-4} + \frac{1}{16947}} = 457 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Аввал қабул қилинган солиштирма иссиқлик оқими ва труба деворининг температурасининг тахминий қийматларини аниқлаштирамиз:

$$q = K' \cdot \Delta t_{cp} = 457 \cdot 99,81 = 45613 \text{ Вт}/\text{м}^2 \quad \text{аввал} \quad q = \frac{Q}{F_{op}} = 39925 \text{ Вт}/\text{м}^2$$

$$t'_{cm} = t_1 - \frac{q}{\alpha_1} = 212,5 - \frac{45613}{845} = 158,5^\circ \text{C}, \quad \text{аввал} \quad t_{cm1} = 162,6^\circ \text{C}$$

q ва t_{cm1} ларнинг қийматлари салмоқли фарқланади, шунинг учун аниқлаштиришни давом эттирамиз.

Иккинчи яқинлашиш. Солиштирма иссиқлик оқими ва труба деворининг температурасининг янги қийматлари учун иссиқлик ўтказиш коэффициентини қайта ҳисоблаймиз.

Углеводород учун иссиқлик бериш коэффициентининг аниқлаштирилган қиймати:

$$\alpha_2' = \alpha_2 \cdot \left(\frac{q'}{q}\right)^{\frac{2}{3}} = 16947 \cdot \left(\frac{45613}{39925}\right)^{\frac{2}{3}} = 18496 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Керосин учун иссиқлик бериш коэффициентининг аниқлаштирилган қиймати:

$$\alpha_2' = \alpha_1 \cdot A = 845 \cdot 0,99 = 837 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

бу ерда $Pr_{cm}' = \frac{c_1 \cdot \mu_1}{\lambda} = \frac{2646 \cdot 0,341 \cdot 10^{-3}}{0,093} = 8,9$.

$$\left(\frac{Pr}{Pr_{cm}'}\right)^{0,25} = \left(\frac{8,3}{8,9}\right)^{0,25} = 0,98; \quad A = \frac{(Pr/Pr_{cm}')^{0,25}}{(Pr/Pr_{cm}')^{0,25}} = 0,99;$$

Иссиқлик ўтказиш коэффициенти:

$$K'' = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{837} + 9,44 \cdot 10^{-4} + \frac{1}{18496}} = 456 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Солиштирма иссиқлик окими ва труба деворининг температурасининг қийматлари аниқлаштирамиз ва аввалги қийматлари билан солиштирамиз:

$$q^* = K'' \cdot \Delta t_{cp} = 456 \cdot 99,81 = 45513 \text{ Вт}/\text{м}^2 \quad \text{аввал} \quad q = K'' \cdot \Delta t_{cp} = 456 \cdot 99,81 = 45513 \text{ Вт}/\text{м}^2$$

$$t_{cm}'' = 212,5 - \frac{45513}{837} = 158,1^\circ \text{C} \quad \text{аввал} \quad t_{cm}' = 158,5^\circ \text{C}$$

қи t_{cm}'' ларнинг деярли жуда яқин қийматларини олдик, бу эса $K''=456 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ га тенг иссиқлик ўтказиш коэффициентини якуний қиймат деб қабул қилишни ва ҳисобланган иссиқлик алмашиниш юзасини топишимиз мумкин:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{3964562}{456 \cdot 99,81} = 87,1 \text{ м}^2$$

2-42 жадвалдан U-симон труба (тип ИУ) қобик-труба бугланиш қурилмасини танлаймиз:

- | | |
|---|--------------------------|
| - қобик диаметр | - 1000 мм; |
| - трубалар диаметри | - 20x2 мм, |
| - трубалар бўйича 1 та йўл кўндаланг кесими | - 0,031 м ² , |
| - иссиқлик алмашиниш юзаси | - 120 м ² . |

Иссиқлик алмашиниш юзаси бўйича захира:

$$\frac{F - F_p}{F_p} 100 = \frac{120 - 87,1}{87,1} 100 = 37,7\%.$$

Қурилманинг материал бўйича ижроси М1 (2-43 жадвал), қобикдаги шартли босим 2,5 МПа, труба ичида – 4 МПа ([7], табл. 3.10).

2.23. Конденсатор ҳисоби

Бошланғич маълумотлар: Конденсаторлар нефть ва газни қайта ишлаш саноатларида, айниқса ректификацион қурилмаларда, кенг қўламда қўлланилади ва уларни одатда дефлегматорлар деб аталади. Юқорида қайд қилгандек, исигкич ва совуткичлардан штуцерларнинг диаметри, яъни буғ кирадиган штуцер диаметри катталиги билан фаркланади. Аммо, технологик ҳисоблашлар салмоқли ажралиб туради.

Ечиш: Этилен қаторидаги углеводородларни совитиш учун стандарт конденсатор ҳисоблансин ва лойиҳалансин.

Бошланғич маълумотлар:

- углеводородлар сарфи $- G_1 = 3,0$ т/соат;
- конденсаторга киришдаги температура $- t_1 = -22^\circ\text{C}$;
- конденсатордан чиқишдаги температура $- t_2 = -28^\circ\text{C}$;
- босим $- P_1 = 2,5$ МПа.

Совуқлик элткич – этан.

- конденсаторга киришдаги температура $- t_3 = -43^\circ\text{C}$;
- конденсатордан чиқишдаги температура $- t_4 = -30^\circ\text{C}$;
- босим $- P_2 = 1,8$ МПа.

Углеводородларнинг трубалараро бўшлиқдаги ҳаракати идеал сиқиб чиқаришга яқин. Унда, трубалараро бўшлиқни 2 та – конденсация ва совитиш зоналарига бўлиш мумкин. Конденсация зонасида температура ўзгармас ва углеводородларнинг конденсаторга киришдаги температурасига тенг, чунки у босим 2,5 МПа даги конденсацияланиш температурасига яқин.

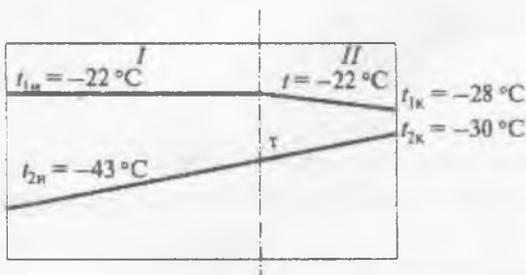
Конденсаторнинг иссиқлик юқламаси:

$$Q = Q_1 + Q_2 = r \cdot G_1 + G_1 \cdot (H_{1k} - H_{2k})$$

бу ерда Q_1 - конденсацияланиш даврида ажралиб чиқаётган иссиқлик, Вт; Q_2 - суюқ конденсатни совитиш даврида ажралиб чиқаётган иссиқлик, Вт; $r = 301,46$ кЖ/кг – конденсацияланиш иссиқлиги; G_1 - углеводородларнинг массавий сарфи, кг/с; $H_{1k} = 333,99$ кДж/кг – Н зонасининг бошида суюқ конденсат энтальпияси; $H_{2k} = 292,3$ кЖ/кг – қурилмадан чиқишдаги конденсат энтальпияси.

$$Q = 301,46 \cdot 0,833 + 0,833(333,99 - 292,3) = 285,83 \text{ кВт} = 285830 \text{ Вт}$$

бу ерда $Q_1 = 251,11$ кВт = 251110 Вт; $Q_2 = 34,73$ кВт = 34730 Вт.



2.52-расм. Конденсатор узунлиги бўйича температураларнинг тақсимланиш схемаси: I – конденсация зона; II – совитиш зонаси.

Эганнынг зарур массавий сарфи:

$$G_2 = \frac{Q}{c_p(t_4 - t_3)} = \frac{285,83}{3,3(-30 + 43)} = 6,66 \text{ кг/с}$$

бу ерда $c_3 = 3,3$ кЖ/(кг·К) - ўртача температурада этаннинг солиштирма иссиқлик сизими [26].

I-зона иссиқлик баланси:

$$Q_1 = c_3 \cdot G_2 (t_4 - \theta)$$

бундан $\theta = t_4 - \frac{Q_1}{G_2 c_3} = -30 - \frac{251,11 \cdot 10^3}{6,66 \cdot 3,3 \cdot 10^3} = -41,5^\circ\text{C}$.

Ўртача температуралар фарки:

I-зонада

$$\Delta t_{\min} = -22 - (-30) = 8^\circ\text{C};$$

$$\Delta t_{\max} = -22 - (-41,5) = 19,5^\circ\text{C};$$

$$\Delta t_{\text{ур}} = \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{\ln \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}}} = \frac{19,5 - 8}{\ln \frac{19,5}{8}} = 12,9^\circ\text{C}$$

II-зонада

$$\Delta t_{\min} = -43 - (-28) = 15^\circ\text{C};$$

$$\Delta t_{\max} = -22 - (-41,5) = 19,5^\circ\text{C};$$

$$\Delta t_{\text{ур}} = \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{\ln \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}}} = \frac{19,5 - 15}{\ln \frac{19,5}{15}} = 17,3^\circ\text{C}$$

Иккала зона учун иссиқлик ўтказиш коэффициентининг тахминий қийматини 100 Вт/(м²·К) (2-15 жадвал) деб қабул қиламиз ва тахминий иссиқлик алмашилиш юзасини аниқлаймиз:

I-зона учун

$$F_{\max 1} = \frac{Q_1}{K \Delta t_{\text{ср1}}} = \frac{251,11 \cdot 10^3}{100 \cdot 12,9} = 195 \text{ м}^2$$

II-зона учун

$$F_{\max 2} = \frac{Q_2}{K \Delta t_{\text{ср2}}} = \frac{34,73 \cdot 10^3}{100 \cdot 17,3} = 20 \text{ м}^2,$$

Умумий юза:

$$F = F_{\max 1} + F_{\max 2} = 195 + 20 = 215 \text{ м}^2$$

Ҳисоблаб топилган тахминий юза $F = 215 \text{ м}^2$ бўйича вертикальный конденсатор (труба ичида гидравлик қаршилиқни камайтириш мақсадида) танлаймиз (2-44 жадвал):

- | | |
|---|--------------------------|
| - қобик диаметри | - 1000 мм; |
| - иссиқлик алмашилиш юзаси | - 249 м ² ; |
| - труба узунлиги | - 4м; |
| - йўллар сони | - 1; |
| - труба диаметри | - 25 мм; |
| - трубалар канали бўйича қўндаланг кесим юзаси | - 0,278 м ² ; |
| - трубалараро бўшлиқ бўйича қўндаланг кесим юзаси | - 0,143 м ² . |

ТН, ТК, ХН, ХК, КН, КК, ИН ва ИК типдаги қурилмаларнинг
иссиқлик алмашиниш юзалари

Кобик диаметри $D_{иқ}$, мм	Труба ташки диаметри, мм	Труба узунлиги l (мм) бўлганда, иссиқлик алмашиниш юзаси, m^2			
		2000	3000	4000	6000
1000	20	148	229	307	462
	25	121	186	249	376
1200	20	-	333	445	671
	25	-	267	361	544
1400	20	-	457	612	924
	25	-	375	502	758

Аниқловчи ҳисоб

I зона учун углеводородлар томонидан иссиқлик бериш коэффициентини топамиз:
 $t_f = -22^\circ C$ ва $P = 2,5$ МПа бўлганда конденсатнинг иссиқлик-физик хоссалари: $\rho = 418 \text{ кг/м}^3$;
 $\lambda = 0,112 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$; $\mu = 68 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$:

$$\alpha_1 = 3,78 \cdot \lambda \cdot \sqrt[3]{\frac{\rho^2 \cdot d \cdot n}{\mu \cdot G_1}}$$

Конденсатордаги трубалар сони:

$$n = \frac{F_{ТР}}{\frac{\pi \cdot d_s^2}{4}} = \frac{0,278}{\frac{3,14 \cdot 0,021^2}{4}} = 803 \text{ дона}$$

Унда

$$\alpha_1 = 3,78 \cdot 0,112 \cdot \sqrt[3]{\frac{418^2 \cdot 0,025 \cdot 803}{68 \cdot 10^{-6} \cdot 0,833}} = 1675 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

I зона учун этан томонидан иссиқлик бериш коэффициентини топамиз:

$t_{гр} = (-41,5 - 30) = -35,75^\circ C$ ва $P = 1,8$ МПа бўлганда этаннинг иссиқлик-физик хоссалари: $\rho = 580$
 кг/м^3 ; $\lambda = 0,133 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$; $c_p = 3,26 \text{ кЖ/(кг} \cdot \text{К)}$; $\mu = 48,14 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$:

Прандтль критерийсини аниқлаймиз:

$$Pr = \frac{c_p \mu}{\lambda} = \frac{3,26 \cdot 10^3 \cdot 48,14 \cdot 10^{-6}}{0,133} = 1,18;$$

Этаннинг ҳажмий сарфи:

$$V_2 = \frac{G_2}{\rho} = \frac{6,66}{580} = 0,0115 \text{ м}^3/\text{с}$$

Труба ичида этаннинг ҳаракат тезлиги:

$$w_2 = \frac{V_2}{F_{ТР}} = \frac{0,0115}{0,278} = 0,0413 \text{ м/с}$$

Рейнольдс критерийси:

$$Re = \frac{w \cdot d_s \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,0413 \cdot 0,021 \cdot 580}{48,14 \cdot 10^{-6}} = 10449$$

$Re > 10^4$ бу ривожланган турбулент режим бўлгани учун иссиқлик алмашиниш интенсивлиги Нуссельт критерийси Nu ни ҳисоблаш учун ушбу формуладан фойдаланамиз:

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} = 0,023 \cdot 10499^{0,8} \cdot 1,18^{0,43} = 0,023 \cdot 16416 \cdot 1,073 = 40,39$$

Ундан

$$\alpha_2 = \alpha_2 = \frac{Nu \cdot \lambda}{d_a} = \frac{40,39 \cdot 0,133}{0,021} = 255 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

I зонада иссиқлик ўтказиш коэффициентини:

$$K_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{CT}}{\lambda_c} + r_3 + \frac{1}{\alpha_2}},$$

где $\delta_0 = 0,002$ м – труба деворининг қалинлиги; $r_3 = 2 \cdot 0,000091$ ($\text{м}^2 \cdot \text{К}$)/Вт – органик суюқликлар учун деворнинг иккала томонидаги ифлосликлар қатламининг термик қаршилиқлари (2-15 жадвал); $\lambda_c = 46,52$ Вт/(м·К) (2-17 жадвал) – углеродли пўлат иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентини.

Унда

$$K_1 = \frac{1}{\frac{1}{1675} + \frac{0,002}{46,52} + 2 \cdot 0,000091 + \frac{1}{255}} = 210,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

II зона учун конденсат томонидан иссиқлик ўтказиш коэффициентини топамиз:

$t_{\text{пр}} = -25^\circ\text{C}$ ва $P = 2,5$ МПа бўлганда конденсатнинг иссиқлик-физик хоссалари: $\rho = 435$ кг/м³; $\lambda = 0,133$ Вт/(м·К); $c_p = 3,3$ кЖ/(кг·К); $\mu = 75 \cdot 10^{-6}$ Па·с:

Трубалараро бўшлиқда конденсатнинг тезлиги:

$$w = \frac{G_1}{\rho \cdot F_{\text{труб}}} = \frac{0,833}{433 \cdot 0,143} = 0,0134 \text{ м}/\text{с}$$

Рейнольдс критерийси:

$$Re = \frac{w \cdot d_a \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,0134 \cdot 0,025 \cdot 435}{75 \cdot 10^{-6}} = 1942$$

яъни, $Re > 1000$ бўлгани учун Нуссельт Nu ни ҳисоблашда ушбу формуладан фойдаланамиз:

$$Nu = 0,24 \cdot Re^{0,6} \cdot Pr^{0,36} \cdot \left(\frac{Pr}{Pr_0} \right)^{0,25}$$

агар $\left(\frac{Pr}{Pr_0} \right) = 1$ м деб қабул қилсак, труба девори ва конденсат температуралари бир-бирига яқин бўлади ва унда

$$Nu = 0,24 \cdot Re^{0,6} \cdot Pr^{0,36} \cdot \left(\frac{Pr}{Pr_0} \right)^{0,25} = 0,24 \cdot 1942^{0,6} \cdot 2,19^{0,36} \cdot 1 = 17,8$$

$$\text{бу ерда } Pr = \frac{c_p \cdot \mu}{\lambda} = \frac{3,3 \cdot 10^3 \cdot 75 \cdot 10^{-6}}{0,113} = 2,19$$

Унда, II зона учун иссиқлик бериш коэффициентини ушбу формуладан топилади:

$$\alpha_1 = \frac{Nu \cdot \lambda}{d_u} = \frac{17,8 \cdot 0,133}{0,025} = 94,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

бу ерда $t_{\text{пр}} = (-41,5 - 30)/2 = -35,75^\circ\text{C}$ ва $P = 1,8$ МПа бўлганда этаннинг иссиқлик-физик хоссалари: $\rho = 580$ кг/м³; $\lambda = 0,138$ Вт/(м·К); $c_p = 3,24$ кЖ/(кг·К); $\mu = 56,7 \cdot 10^{-6}$ Па·с; $w_2 = w_2 = 0,0413$ м/с.

Унда

$$Re = \frac{w_2 \cdot d_a}{\nu} = \frac{0,0413 \cdot 0,021}{0,090 \cdot 10^{-6}} = 9635$$

$2300 < Re < 10^4$ бўлгани учун ҳаракат режими ўтиш режимига тўғри келади ва ҳисоблаш формуласи куйидаги кўринишга эга:

$$Nu = 0,008 \cdot Re^{0,9} \cdot Pr^{0,43} = 0,008 \cdot 9635^{0,9} \cdot 1,33^{0,43} = 34,8$$

$$Pr = \frac{c_p \cdot \mu}{\lambda} = \frac{3,24 \cdot 10^3 \cdot 56,7 \cdot 10^{-6}}{0,138} = 1,33$$

Унда, иссиқлик бериш коэффициентини

$$\alpha_2 = \frac{Nu \cdot \lambda}{d_s} = \frac{34,8 \cdot 0,138}{0,021} = 228,7 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

II зона иссиқлик ўтказиш коэффициентини:

$$K_2 = \frac{1}{\frac{1}{94,7} + \frac{0,002}{46,52} + 2 \cdot 0,000091 + \frac{1}{228,7}} = 68 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

Зарур бўлган иссиқлик алмашилиш юзасини ҳисоблаймиз:

I зона учун
$$F_1 = \frac{Q_1}{\Delta t_{\text{yp1}} \cdot K_1} = \frac{251110}{12,9 \cdot 210,6} = 92,4 \text{ м}^2$$

II зона учун
$$F_2 = \frac{Q_2}{\Delta t_{\text{yp2}} \cdot K_2} = \frac{34730}{12,9 \cdot 68} = 29,5 \text{ м}^2$$

Умумий юза
$$F = F_1 + F_2 = 92,4 + 29,5 = 121,9 \text{ м}^2$$

Тахминий ҳисоблашлар асосида танланган конденсатор иссиқлик алмашилиш юзаси бирмунча ортиқроқ $F=249 \text{ м}^2$. Худди шу конструкциядаги конденсаторни олаемиз, фақат трубагининг узунлиги 2000 мм (2-44 жадвал). Бундай конденсатор юзаси 121 м^2 ташкил этади. Ҳисобланган иссиқлик алмашилиш юзаси ҳақиқий юза билан бир хил.

Шундай қилиб, танланган қобик трубаги конденсатор юзаси бўйича ишлаш шартларига жавоб беради, чунки ўртача температуралар фарқи жуда кичик бўлгани сабабли

$$\Delta t = t_{\text{yp2}} - t_{\text{yp1}} = -36,5 - (-25) = -11,5^\circ \text{C}$$

КН типдаги кўзгалмас труба тешикли панжарали конденсаторни танлаймиз ва кўшимча ҳисоблашлар ўтказмасамиз ҳам бўлади.

Трубалараро бўшлиқда босим 2,5 МПа бўлиши, қобикдаги босим 2,5 МПа ли КН типдаги қурилмани танлаш имконини беради. Ишчи муҳитлар коррозия фаол бўлмагани учун қурилманинг материал бўйича М1 ижрони қабул қилаемиз. Жадвалларда келтирилган маълумотларда, труба ичидаги шартли босим бўйича йўқлиги, танланган материал ва ҳисоблаб топилган труба ўлчамлари учун руҳсат этилган босимни аниқлаймиз:

$$[P] = \frac{2\varphi(S - C_k) \cdot [\sigma]}{d + (S - C_k)} = \frac{2 \cdot 1 \cdot (0,002 - 0,001) \cdot 160}{0,021 + 0,001} = 14,5 \text{ МПа}$$

Ушбу қиймат ишчи босимдан анча катта.

2.24. Ювилиб турувчи иситкич хисоби

Кальцинацияланган сода ишлаб чиқариш технологиясида намоқобни совитиш учун ювилиб турувчи совуткич хисоблансин ва лойихалансин.

Бошланғич маълумотлар:

- намоқоб сарфи	- $G=120$ т/соат;
- қурилмага киришдаги температураси	- $t_1=70^\circ\text{C}$;
- қурилман чиқишдаги температураси	- $t_2=37^\circ\text{C}$;
- намоқоб концентрацияси	- $B=24\%$ (масс.)
Совуклик элткич -- сув.	
- бошланғич температураси	- $t_3=25^\circ\text{C}$;
- охириги температураси	- $t_4=35^\circ\text{C}$;

Қурилманинг асосий ўлчамларини танлаш. Сода ишлаб чиқариш технологиясидаги ювилиб турувчи совуткичлар чўян трубалардан ясалган бўлиб, қалач ва фланецлар ёрдамида бирлаштирилган бўлади. ГОСТ бўйича чўян трубалар диаметри 91x8 мм ва уларнинг кўндаланг кесими намоқобнинг юқори тезлиги ва сарфини таъминлашга ётарли. Одатда, ювилиб турувчи совуткичлар 4, 6 ёки 8 секцияли қилиб йиғилади.

Бизнинг мисолда секциялар сони $m = 6$ ва трубаларни жойлаштириш қадами $s/d=1,3$ совуклик элткич пуркалиши ва иссиқлик бериш жараёни самарадорлигини таъминлайди.

Қурилманинг иссиқлик юқламаси қуйидаги тенгламадан топилади:

$$Q = G_1 c_{p1} (t_1 - t_2) = 120000 \cdot 0,7928 \cdot (70 - 37) = 3139488 \text{ ккал/соат} = 3651224,5 \text{ Вт}$$

бу ерда намоқобнинг солиштирма иссиқлик сизими 7 дан 70° температурагача ўртача арифметик тарзда хисобланган:

$$c_{p1} = 0,5 \cdot (c'_{p1} + c''_{p1}) = 0,5 \cdot (0,7959 + 0,7897) = 0,7928 \text{ ккал/кг}^\circ\text{C} = 3,322 \text{ кЖ/кг} \cdot \text{K}$$

Пуркалаётган сув қабул қилаётган иссиқлик миқдори сувни иситишга ва қисман уни буғланишига сарфланади (сув ва ҳаво орасида иссиқлик алмашилиши жуда суёт ва миқдори кичик бўлгани учун уни инобатга олмасам ҳам бўлади).

Маълумки, юпқа қатламда тахминан 96% иссиқлик ва 4% га яқин иссиқлик буғланиш усулида тарқалади. Бунга биноан, ушбу кўринишга келамиз:

$$0,96 \cdot Q = W_H \cdot (I_2'' - I_2'); \quad 0,04 \cdot Q = W_u r$$

бу ерда $I_2' = 25,03$ ккал/соат - 25°C температурадаги совук сувнинг иссиқлик сақлаши; $I_2'' = 35,03$ ккал/соат - 35°C температурадаги иситилган сувнинг иссиқлик сақлаши; $r = 578,9$ ккал/кг - пуркалаётган сувнинг ўртача 30°C температурадаги буғланиш иссиқлиги; W - пуркалаётган сув миқдори.

Иситилаётган сув миқдори:

$$W_H = \frac{0,96 \cdot Q}{I_2'' - I_2'} = \frac{0,96 \cdot 3139488}{(35,015 - 25,03)} = 301843 \text{ кг/соат}$$

ва буғланган сув миқдори:

$$W_u = \frac{0,04 \cdot Q}{r} = \frac{0,04 \cdot 3139488}{578,9} = 217 \text{ кг/соат}$$

Бунда, пуркалаётган сув миқдори қуйидагига тенг бўлади:

$$W = W_H + W_u = 301843 + 217 = 302060 \text{ кг/соат}$$

Ювилиб турувчи совуткичларда иккала элткичлар узлуксиз равишда ўзгариб туради ва кўп маротаба ўзаро кесишган схема бўйича ҳаракатланади.

Ушбу схемада максимал ва минимал температуралар фарқи куйидагига тенг бўлади:

$$\Delta t_{\max} = t_1' - t_2'' = 70 - 35 = 35^\circ \text{C}$$

$$\Delta t_{\min} = t_1'' - t_2' = 37 - 25 = 12^\circ \text{C}$$

Ўртача температуралар фарқи элткичларнинг қарама-қарши ҳаракати каби ушбу формуладан аниқланади:

$$\Delta t_{\text{ур}} = \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{2,3 \lg \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}}} = \frac{35 - 12}{2,3 \lg \frac{35}{12}} = 21,5^\circ \text{C}$$

Сувнинг ўртача температурасини ҳисоблаймиз:

$$t_2 = 0,5 \cdot (t_2' + t_2'') = 0,5 \cdot (25 + 35) = 30^\circ \text{C}$$

Намоқобнинг ўртача температурасини ҳисоблаймиз:

$$t_1 = \Delta t_{\text{ур}} + t_2 = 21,5 + 30 = 51,5^\circ \text{C}$$

Ўртача температураларда иссиқлик элткичларнинг физик параметрлари 2-51 жадвалда келтирилган.

2-51 жадвал

Параметрлар номи	Белгиси	Ўлчов бирлиги	Элткичлар	
			намоқоб	сув
Температура	t	°C	51,5	30
Зичлик	ρ	кг/м ³	1171,3	995,7
Солиштирма иссиқлик сифим	c_p	ккал/кг·°C	0,7928	0,997
Кинематик ковшоклик коэффициенти	$\nu \cdot 10^6$	м ² /с	0,922	0,805
Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти	$\lambda \cdot 10^2$	ккал/м·соат·°C	43,66	53,1
Прандтль сони	Pr	-	7,06	5,42

Иссиқлик ўтказиш коэффициенти K бир қатор параметрларга, яъни α_1 , α_2 , $R_{\text{см}}$ ва иссиқлик алмашиниш юзасининг қўлланиш коэффициенти φ ларга боғлиқ.

1) Намоқобдан девор юзасига иссиқлик бериш коэффициенти α_1 ҳисоблаш.

Намоқобнинг чўян труба ичидаги тезлиги:

$$w_1 = \frac{G_1}{3600 \cdot \frac{\rho_1 \cdot \pi \cdot d_1^2 \cdot m}{4}} = \frac{4 \cdot 120000}{3600 \cdot 1171,3 \cdot \pi \cdot (0,075)^2 \cdot 6} = 1,07 \text{ м/с}$$

Рейнольдс сони:

$$Re_1 = \frac{w_1 d_1}{\nu_1} = \frac{1,07 \cdot 0,075}{0,922 \cdot 10^{-6}} = 87000$$

$Re > 10^4$ бўлганда суюқлик турбулент режимда ҳаракатланади. Ушбу режимда иссиқлик алмашилиш интенсивлигини қуйидаги формуладан фойдаланиб аниқлаш мумкин:

$$Nu_1 = 0,021 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr}{Pr_\delta} \right)^{0,25} = 0,021 \cdot (87000)^{0,8} \cdot (7,06)^{0,43} \cdot \left(\frac{7,06}{7,77} \right)^{0,25} = 424$$

бу ерда Pr - Прандтль сони $Pr_\delta = 7,77$ деворнинг температураси $47^\circ C$ да аниқланган.

Иссиқлик бериш коэффиценти қуйидагича аниқланади:

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{d_1} = \frac{424 \cdot 0,4366}{0,075} = 2470 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ C = 2872,6 \text{ Вт/(м}^2 \cdot K)$$

2) Девордан сувга иссиқлик бериш коэффиценти α_2 ҳисоблаш.

Ушбу формулага кирувчи Рейнольдс критерийсини аниқлаш учун суюқликни пуркаш зичлиги Γ ва пуркалаётган сув юпка қатламининг қалинлиги y орқали аниқланади:

$$Nu_2 = 0,01 \cdot Re_2^{0,9} \cdot Pr_2^{0,4}$$

Пуркаш зичлиги ушбу формуладан топилади:

$$\Gamma = \frac{W}{2 \cdot l \cdot m} = \frac{302060}{2 \cdot 25 \cdot 6} = 1006,9 \text{ кг/м} \cdot \text{соат}$$

Пуркалаётган сув юпка қатламининг ўртача қалинлиги:

$$y = 1,35 \cdot \sqrt[3]{\frac{\mu \cdot \Gamma}{1200 \cdot \rho_2^2}} = 1,35 \cdot \sqrt[3]{\frac{81,7 \cdot 10^{-6} \cdot 1006,9}{1200 \cdot (995,7)^2}} = 5,54 \cdot 10^{-4} \text{ мм}$$

бу ерда $\mu = 81,7 \cdot 10^{-6}$ кг·с/м.

Оқиб тушаётган юпка қатламнинг тешикларининг эквивалент диаметри ушбу формулада ҳисобланади:

$$d_{\text{экс}} = 4 \cdot y = 4 \cdot 5,54 \cdot 10^{-4} = 22,16 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

Оқиб тушаётган юпка қатламнинг тезлиги:

$$w_2 = \frac{W}{3600 \cdot \rho_2 \cdot y \cdot 2 \cdot l \cdot m} = \frac{302060}{3600 \cdot 995,7 \cdot 2 \cdot 5,54 \cdot 10^{-4} \cdot 25 \cdot 6} = 0,5 \text{ м/с}$$

Оқиб тушаётган юпка қатлам учун Рейнольдс сони:

$$Re_2 = \frac{w_2 \cdot d_{\text{экс}}}{\nu^2} = \frac{0,5 \cdot 22,16 \cdot 10^{-4}}{0,805 \cdot 10^{-6}} = 1376$$

$s/d = 1,3$ бўлганда иссиқлик тарқалиш интенсивлиги қуйидаги формуладан ҳисобланади:

$$Nu_2 = 0,01 \cdot Re_2^{0,9} Pr_2^{0,4} = 0,01 \cdot (1376)^{0,9} \cdot (5,42)^{0,4} = 13,11$$

Иссиқлик бериш коэффициентини аниқлаш:

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d_{\text{вн}}} = \frac{13,11 \cdot 0,531}{22,16 \cdot 10^{-4}} = 3140 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{оат} \cdot \text{°C} = 3156,8 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

3) Труба девори тоза бўлганда иссиқлик ўтказиш коэффициенти K_0 ушбу формуладан топилади:

$$K_0 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{\text{см}}}{\lambda_{\text{см}}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{2470} + \frac{0,008}{54} + \frac{1}{3140}} = 1148 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{оат} \cdot \text{°C} = 1335,1 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

Кальцинацияланган сода ишлаб чиқариш заводида труба юзасида туз ўтириб қолиши туфайли иссиқлик алмашилиш юзасидан фойдаланиш коэффициентини $\varphi=0,4\dots 0,5$ деб қабул қилса бўлади.

$K_0=0,5$ эканлигини инобатга олиб ҳисобланган иссиқлик ўтказиш коэффициентини аниқлаймиз:

$$K = \varphi \cdot K_0 = 0,5 \cdot 1148 = 574 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{оат} \cdot \text{°C} = 667,6 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

Намоқоб оқаётган томондаги девор температураси:

$$t'_{\text{ов}} = t_1 - \frac{K}{\alpha_1} \cdot \Delta t_{\text{ср}} = 51,5 - \frac{574}{2470} \cdot 21,5 = 46,5 \text{ °C}$$

Прандтль критерийси ҳисобланганда деворнинг температураси 47 °C деб қабул қилинган. Солиштиришдан кўриниб турибдики, мос тушиш қониқарли аниқликда.

Бутун қурилманинг иссиқлик алмашилиш юзаси ушбу усулда ҳисобланади:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{\text{ср}}} = \frac{3139488}{574 \cdot 21,5} = 254,4 \text{ м}^2$$

Битта секция иссиқлик алмашилиш юзаси:

$$F_1 = \frac{F}{n} = \frac{254,4}{6} = 42,4 \text{ м}^2$$

Битта секциядаги звенолар сони:

$$i = \frac{F_1}{\pi \cdot d_p \cdot l} = \frac{42,4}{3,14 \cdot 0,083 \cdot 25} = 6,5$$

бу ерда $d_p=0,5(d_1+d_2)$, чунки α_1 ва α_2 ларнинг сон қийматлари бир-бирига яқин.

Звенолар сони $i=7$ бўлганда ҳам, етарли миқдорда иссиқлик алмашилиш юзаси бўйича захира мавжуддир.

2.25. Пластинали иситкич ҳисоби

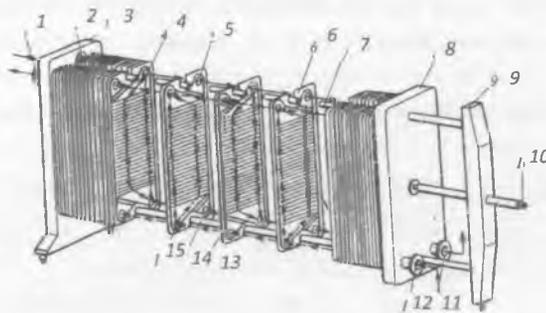
Мойли кислоталарни сув буғи ёрдамида иситиш учун стандарт пластиналар иситкич алмашилиш қурилмаси ҳисоблансин ва танлансин (2.53-расм).

Бошланғич маълумотлар. Буғ босими $P=0,6$ МПа; буғ температураси $t_1=158^\circ\text{C}$; буғ ҳосил қилиш иситкичи $r_1=2095$ кДж/кг; тўйиниш чизиғидаги сувнинг зичлиги $\rho_1=908$ кг/м³; тўйиниш чизиғидаги сувнинг динамик қовушқоқлиги $\mu_1=0,000177$ Па·с; тўйиниш чизиғидаги сувнинг иситкич ўтказувчанлик коэффициенти $\lambda_1=0,683$ Вт/(м·К);

Мойли кислота сарфи $G_2=20,0$ т/сут=0,23кг/с; кислота зичлиги $\rho_2=920$ кг/м³; кислота динамик қовушқоқлиги $\mu_2=0,00025095$ Па·с; кислота солиштирма иситкич сифими $c_2=2304,5$ Ж/(кг·К); иситкич ўтказувчанлик коэффициенти $\lambda_2=0,15$ Вт/(м·К); кислота бошланғич температураси $t_{2H}=30^\circ\text{C}$; охириги - $t_{2K}=120^\circ\text{C}$; $t_2=(t_{2H} + t_{2K})/2=75^\circ\text{C}$.

Ечиш: Кетма-кет қуйидаги ҳисоблашларни ўтказамиз:

– қурилма иситкич юқламаси; – буғ сарфи; – ўртача температуралар фарқи.



2.53-расм. Пластинали иситкич алмашилиш қурилмаси:

1,2,11,12-штуцерлар; 3-олдинги устун; 4-тепа бурчак тешиги; 5-ҳалқасимон резинали кистирма; 6-чегаравий пластина; 7-тортиб турувчи чивик; 8-босувчи плита; 9-орка устун; 10-винт; 13-катта резинали кистирма; 14- пастки бурчак тешиги; 15- иситкич алмашилиш пластинаси.

$$Q = G_2 c_2 (t_{2K} - t_{2H}) = 0,2314 \cdot 2304,5 \cdot (120 - 30) = 47993 \text{ Вт}$$

$$G_1 = \frac{Q}{r_1} = \frac{47993}{2095000} = 0,0229 \text{ кг/с}$$

Иситкич ўтказиш коэффициентининг қийматини $K_{op}=120$ Вт/(м²·К) деб қабул қилиб, тахминий иситкич алмашилиш юзасини ҳисоблаймиз:

$$F_{op} = \frac{Q}{K_{op} \Delta t_{cp}} = \frac{47993,5}{120 \cdot 74,1} = 5,39 \text{ м}^2$$

$$\Delta t_{cp} = \frac{(t_1 - t_{2H}) - (t_1 - t_{2K})}{\ln \left(\frac{t_1 - t_{2H}}{t_1 - t_{2K}} \right)} = \frac{128 - 38}{\ln \frac{128}{38}} = 74,1^\circ\text{C}$$

Юзаси 0,2 м² пластиналардан таркиб топган иситкичларда металл сарфи кўпроқ бўлгани учун, юзаси $f=0,3$ м² пластиналар қурилмани танлаймиз.

Юзаси $f=0,3$ м² пластиналар иситкич алмашилиш қурилмаларида пластиналар сони 12...20 дона бўлади (6.9-жадвал) [5, 49]. Қуйидаги вариантлар учун аниқловчи ҳисоблашларни бажариш лозим:

$$\begin{array}{l} \text{вариант 1: } F=5\text{м}^2; \quad N=20; \quad f=0,3\text{м}^2; \\ \text{вариант 2: } F=3\text{м}^2; \quad N=12; \quad f=0,3\text{м}^2; \end{array}$$

бу ерда F – иситкич юзаси; f – пластина юзаси; N – пластиналар сони.

Йиғма пластиналар иситкичларнинг конструктив характеристикалари: пластиналар габарит ўлчамлари: узунлиги 1370 мм; эни 300 мм; қалинлиги 1 мм; каналнинг эквивалент диаметри $d_3=80$ мм; каналнинг кўндаланг кесими $S=0,0011$ м²; каналнинг келтирилган узунлиги $L=1,12$ м; штуцернинг шартли диаметри $D_y=65$ мм.

1-вариантни ҳисоблаймиз:

- каналдаги мойли кислота тезлиги

$$w_2 = \frac{G_2}{\rho_2 \frac{N}{2} S} = \frac{0,2314}{920 \cdot 10 \cdot 0,0011} = 0,02286 \text{ м/с}$$

– Рейнольдс сони

$$Re_2 = \frac{w_2 d_3 \rho_2}{\mu_2} = \frac{0,02286 \cdot 0,008 \cdot 920}{0,0002595} = 670,45 > 100$$

Демак, турбулент режим. Бу режим учун қуйидаги ҳисоблаш формуласини танлаймиз:

$$Nu = \alpha Re^b Pr^{0,43} \left(\frac{Pr}{Pr_{CT}} \right)^{0,25}; \quad \alpha_2 = Nu \frac{\lambda_2}{d_3}$$

Унда

$$\alpha_2 = \frac{\lambda_2}{d_3} 0,1 Re^{0,73} \left(\frac{Pr}{Pr_{CT}} \right)^{0,25}$$

Турбулент режим учун $a=0,1$, $b=0,73$;

$$Pr_2 = \frac{c_2 \mu_2}{\lambda_2} = \frac{2304,5 \cdot 0,00025095}{0,15} = 3,854$$

$Pr = Pr_{CT}$ деб қабул қилиб, ушбу кўринишга келамиз:

$$\alpha_2 = \frac{0,15}{0,008} \cdot 0,1 \cdot (670,45)^{0,73} \cdot (3,854)^{0,43} = 387,4 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Бугдан деворга иссиқлик бериш коэффициентини $\Delta t = (t_{\text{конд}} - t_{\text{СТ}}) \geq 10^\circ\text{C}$ деб қабул қиламиз.

Унда, каналнинг келтирилган узунлиги $L=1,12$ м бўлганда:

$$Re_1 = \frac{G_1 L}{\mu_1 F} = \frac{0,0229 \cdot 1,12}{0,000177 \cdot 5} = 28,98$$

Иссиқлик бериш коэффициентини ушбу формуладан аниқлаймиз:

$$\alpha_1 = \frac{\lambda_1}{L} \alpha Re^{0,7} Pr^{0,4}$$

бу ерда, $\alpha=322$, пластина юзасига боғлиқ; $Pr=1,1$ – Прандтль сони.

Демак,

$$\alpha_1 = \frac{0,683}{1,12} 322 (28)^{0,7} (1,11)^{0,4} = 2161 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Буғ ҳаракатланаётган томондаги девор ифлосланиши жуда кам бўлгани учун унинг термик қаршилигини инобатга олмасак ҳам бўлади. Пластина қалинлиги 1 мм ва материали Х18Н10Т материалдан ясалгани учун $\lambda_{cm}=17,5$ Вт/(м·К). Энди, пластинанинг умумий термик қаршилигини қуйидагича топамиз:

$$\sum \frac{\delta}{\lambda} = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{17,5} + \frac{1}{5800} = 0,000229 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

Иссиклик ўтказиш коэффициентини ушбу формуладан аниқлаймиз:

$$K = \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \sum \frac{\delta}{\lambda} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{2161} + \frac{1}{387,4} + 0,0002295 \right)^{-1} = 305,5$$

$\Delta t = 10^\circ\text{C}$ деб тўғри қабул қилинганлигини текшириб кўрамиз:

$$\Delta t = \frac{K \Delta t_{cp}}{\alpha_1} = \frac{305,5 \cdot 74,1}{2161} = 10,47^\circ\text{C} > 10^\circ\text{C},$$

яъни, $10,47^\circ\text{C} > 10^\circ\text{C}$ бўлгани учун шарт бажарилмоқда.

Талаб этилаётган иссиклик ўтказиш юзаси ушбу формуладан топилади:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{47993,5}{305,5 \cdot 74,1} = 2,12 \text{ м}^2$$

Шундай қилиб, номинал юзаси $F_{In}=5$ м² бўлган иситкич қуйидаги заҳира билан мос келади:

$$\Delta = \frac{5 - 2,12}{2,12} 100\% = 136\%$$

2-вариантни ҳисоблаймиз:

– каналлардаги мойли кислота тезлиги

$$w_2 = \frac{G_2}{\rho_2 \frac{N}{2} S} = \frac{0,2314}{920 \cdot 6 \cdot 0,0011} = 0,0381 \text{ м}/\text{с}$$

- Рейнольдс сони

$$\text{Re}_2 = \frac{w_2 d_3 \rho_2}{\mu_2} = \frac{0,0381 \cdot 0,008 \cdot 920}{0,00025095} = 1117,692 > 100$$

Турбулент режим бўлгани учун қуйидаги ҳисоблаш формуласини танлаймиз:

$$\alpha_2 = \frac{\lambda_2}{d_3} a \text{Re}_2^b \text{Pr}_2^{0,43} \left(\frac{\text{Pr}}{\text{Pr}_{CT}} \right)^{0,25}$$

Турбулент режим учун $a=0,1$, $b=0,73$. Унда:

$$\begin{aligned} \alpha_2 &= \frac{0,15}{0,008} \cdot 0,1 \cdot (1117,69)^{0,73} \cdot (3,854)^{0,43} = \\ &= 1,875 \cdot 167,986 \cdot 1,786 = 562,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \end{aligned}$$

Бугдан деворга иссиқлик бериш коэффициентини $\Delta t = (t_{\text{конд}} - t_d) \geq 10^\circ\text{C}$ деб қабул қиламиз. Унда, каналнинг келтирилган узунлиги $L=1,12$ м бўлганда:

$$\text{Re}_2 = \frac{G_1 L}{\mu_1 F} = \frac{0.0229 \cdot 1.12}{0.000178 \cdot 3} = 48,3$$

Иссиқлик бериш коэффициентини ушбу формуладан ҳисоблаймиз:

$$\alpha_1 = \frac{\lambda_1}{L} \cdot a \cdot \text{Re}^{0.7} \cdot \text{Pr}^{0.4}$$

$f=0,3$ м² ли пластина учун $a=322$. Рейнольдс сони формулага қўйиб, иссиқлик бериш коэффициентини ҳисоблаймиз:

$$\alpha_1 = \frac{0,683}{1,12} \cdot 322 \cdot (48,3)^{0.7} \cdot (1,11)^{0.4} = 3090 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

девор ифлосликларини инобатга олиб, иссиқлик ўтказиш коэффициентини аниқлаймиз:

$$K = \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + 0,000229 \right)^{-1} = \left(\frac{1}{3090} + \frac{1}{562.5} + 0,0002295 \right)^{-1} = 429 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$\Delta t=10^\circ\text{C}$ деб тўғри қабул қилинганлигини текшириб кўрамиз:

$$\Delta t = \frac{K \Delta t_{cp}}{\alpha_1} = \frac{429 \cdot 74,1}{3090} = 10,03^\circ\text{C} > 10^\circ\text{C}$$

яъни, шарт бажарилмоқда. Зарур бўлган иссиқлик алмашиниш юзаси:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{47993,5}{429 \cdot 74,1} = 1,509 \text{ м}^2$$

Шундай қилиб, номинал юзаси $F_{1n}=3$ м² бўлган иситкич қуйидаги захира билан мос келади:

$$\Delta = \frac{3 - 1,509}{1,509} 100\% = 99\%$$

Юзаси 0,3 м² ли пластиналардан иборат стандарт иситкич 3 м² бўлгани учун 2 - вариант бўйича ҳисобланган пластинаги иссиқлик алмашиниш қурилмасини танлаймиз [5, 49].

Гидравлик қаршиликни ҳисоблаш 2-вариант бўйича ҳисобланган қурилма учун бажарамиз. Маълумки, пластиналар орасидаги каналларнинг гидравлик қаршилиги штуцерларникига караганда юқори бўлгани учун асосий ҳисоблашлар пластиналаро каналларнинг қаршилигини аниқлашдан иборатдир.

Пластиналаро каналлардаги гидравлик қаршилик ушбу формуладан аниқланади:

$$\Delta P = X \cdot \xi \cdot \frac{L}{d_3} \cdot \frac{\rho w^2}{2}$$

бу ерда, X – кетма-кет ишлайдиган пакетлар сони, бизнинг мисолда $X=1$; $\xi=a_2/Re^{0,25}$ – турбулент ҳаракат режими учун; a_2 – пластина юзасига боғлиқ коэффицент, $0,3 \text{ м}^2$ ли пластина учун $a_2=19,3$.

Пластиналараро бўшлиқ буғ билан тўлдирилган деб қабул қилиб, буғ учун гидравлик қаршиликни аниқлаймиз. Бунинг учун:

– буғ тезлигини топамиз

$$w_1 = \frac{G_2}{\rho_6 \left(\frac{N}{2} \right) \cdot S} = \frac{0,0229}{3,258 \cdot 6 \cdot 0,0011} = 1,06 \text{ м/с}$$

$$Re_1 = \frac{w_1 d_3 \rho_g}{\mu_n} = \frac{1,06 \cdot 0,008 \cdot 3,458}{0,0000146} = 2008$$

бу ерда, ρ_6 – буғ зичлиги, кг/м^3 ; Re – Рейнольдс критерийси; μ_n – буғнинг динамик ковушқоклиги, $\text{Па} \cdot \text{с}$.

Унда

$$\varepsilon_1 = \frac{a_2}{\sqrt[4]{Re_1}} = \frac{19,3}{\sqrt[4]{2008}} = 2,88$$

$$\Delta P_1 = 1 \cdot 2,88 \frac{1,12}{0,008} \frac{3,258 \cdot 1,06^2}{2} = 738 \text{ Па}$$

Мойли кислоталар учун гидравлик қаршиликни ҳисоблаймиз:

$$\varepsilon_2 = \frac{a_2}{\sqrt[4]{Re_2}} = \frac{19,3}{\sqrt[4]{670,45}} = 3,79$$

$$\Delta P_2 = 1 \cdot 3,79 \frac{1,12}{0,008} \frac{920 \cdot 0,0381^2}{2} = 353,9 \text{ Па}$$

Механик ҳисоб. Буғнинг босими $P_f=0,6 \text{ МПа}$; мойли кислота босими $P_f=0,2 \text{ МПа}$; пластина материали - 10X17H13M2T; пластина ПР-0,3; қурилмадаги температура $t=120^\circ\text{C}$.

Тортиб турувчи болтлар ҳисоби. Бирикма герметиклиги таъминланганда болтларга тушаётган ўқ бўйлаб кучланиш $P_{\delta 1}$, ушбу формуладан аниқланади:

$$P_{\delta 1} = \pi D_{c.a.} \cdot b_o \cdot q$$

бу ерда, $q=3 \text{ МПа}$ – кистирма тушаётган солиштирма юклама; $b_o=b=0,014 \text{ м}$ – кистирма эни; $\pi D_{c.a.}=L$ – кистирманинг уртача узунлиги ушбу формуладан топилади:

Унда

$$L_n = 2(L - b) + 2(B - b)$$

бу ерда, $L=1370 \text{ мм}$ – пластина узунлиги; $B=300 \text{ мм}$ – пластина эни.

$$L_n = 2(L - b) + 2(B - b) = 2(1370 - 14) + 2(300 - 14) = 3284 \text{ мм}$$

$$P_{\delta 1} = \pi D_{c.a.} \cdot b_o \cdot q = 3,284 \cdot 0,014 \cdot 3 = 0,1379 \text{ м}$$

Болтларнинг мустаҳкамлиги ушбу шартдан текширилади:

$$\sigma = \frac{1,3 P_{\delta 1}}{n f_6} \leq [\sigma]_6$$

бу ерда, $n=8$ – болтлар сони; $f_6=(0,9d_6)^2 \cdot \pi/4$ – болт резбасининг ички диаметри бўйича қўндаланг кесимининг юзаси; $d_6=0,022 \text{ м}$; $[\sigma]_6=139,8 \text{ МПа}$ – температура 120°C даги болт материалининг рухсат этилган кучланиши.

Демак,

$$f_6 = \frac{3,14}{4} (0,95 \cdot 0,022)^2 = 0,00034 \text{ м}^2$$

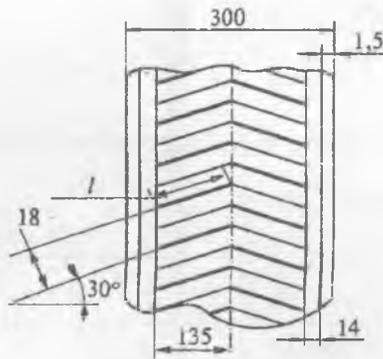
$$\sigma = \frac{1,3 \cdot 0,1379}{8 \cdot 0,00034} = 65,9 \text{ МПа}$$

$\sigma \leq [\sigma]$ бўлгани учун болтнинг мустаҳкамлиги таъминланган.

Пластина қалинлигини ҳисоблаш. Пластина гофрлари орасидаги элементни ажратиб оламиз. Гофрлар орасидаги кадам $b=18$ мм. Элемент узунлиги тўғри бурчакли учбурчакнинг гипотенузаси каби ҳисобланади (2.54-расм).

$$l = \frac{135}{\cos 30^\circ} = \frac{135}{0,86} = 157 \text{ мм}$$

Тўғри тўртбурчакли периметри бўйлаб кўзгалмас маҳкамланган текис деворнинг қалинлиги ушбу формуладан аниқланади:



2.54-расм. Пластина элементи.

$$S' = Kb \sqrt{\frac{P}{[\sigma]}} + C$$

бу ерда, $P=0,6$ МПа – қурилма ичидаги босим; $C=0,3$ – коррозия, эрозияга қўшимча қалинлик.

Коэффициент K қуйидагига тенг

$$K = f\left(\frac{1}{b}\right) = f\left(\frac{157}{18}\right) = f(8,72)$$

Графикдан $K=0,5$ эканлигини топамиз (15.22-расм) [21].

Унда,

$$[\sigma] = \eta \frac{\sigma_T}{n_T} = 1 \frac{224,4}{1,5} = 149,6 = 150 \text{ МПа}$$

бу ерда, $\sigma_m=224$ МПа – пластина материали учун норматив рухсат этилган кучланиш.

Демак, пластина қалинлиги

$$S = 0,5 \cdot 0,018 \sqrt{\frac{0,6}{150}} + 0,0003 = 0,00086 \text{ м} = 0,86 \text{ мм}$$

Босим 0,6 МПа бўлганда 1 мм қалинликдаги пластина мустаҳкамлиги таъминланади.

2.26. Спиралсимон совуткич ҳисоби

Соатига 8 тонна бензолни қайнаш температурасидан $t_{1ox} = 25^\circ\text{C}$ гача сув билан совитиш учун спиралсимон совуткич ҳисоблансин. Сув бошланғич температураси $t_{26} = 15^\circ\text{C}$ ва чиқишдаги $t_{2ox} = 60^\circ\text{C}$.

Бензолнинг қайнаш температураси $t_{16} = 80^\circ\text{C}$ (И20-жадвал).

Ўртача температуралар фарқини аниқлаш.

Иссиклик элткичлар ҳаракат йўналишлари қарама-қарши деб қабул қиламиз. Ушбу ҳаракатда:

катта температуралар фарқи:

$$\Delta t_{ки} = t_{16} - t_{2ox} = 80 - 60 = 20^\circ\text{C}$$

кичик температуралар фарқи:

$$\Delta t_{ки} = t_{1ox} - t_{26} = 25 - 15 = 10^\circ\text{C}$$

$\Delta t_{\text{сп}} / \Delta t_{\text{м}} = 20 / 10 = 2$ бўлгани учун, Ўртача температуралар фарқи қуйидаги формуладан аниқлаш мумкин:

$$\Delta t_{\text{сп}} = \frac{\Delta t_{ки} - \Delta t_{ки}}{\ln(\Delta t_{ки} / \Delta t_{ки})} = \frac{20 - 10}{2,31 \lg \frac{20}{10}} = 14,4^\circ\text{C}$$

Сувнинг ўртача температураси:

$$t_{2\text{сп}} = \frac{t_{2ox} + t_{26}}{2} = \frac{15 + 60}{2} = 37,5^\circ\text{C}$$

Бензолнинг ўртача температураси:

$$t_{1\text{сп}} = t_1 + \Delta t_{\text{сп}} = 37,5 + 14,4 = 51,9^\circ\text{C}$$

Қурилманинг иссиқлик юкламаси:

$$Q = G_1 c_1 \cdot (t_{16} - t_{1ox}) = 2,22 \cdot 1880 \cdot (80 - 25) = 230000 \text{ Вт}$$

бу ерда $c_1 = 1,88 \text{ кЖ}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ – бензолнинг $51,9^\circ\text{C}$ температурадаги иссиқлик сифими (И20-жадвал).

Бензолнинг массавий сарфи G_1 :

$$G_1 = \frac{8000}{3600} = 2,22 \text{ кг/с}$$

Сувнинг сарфи:

$$G_2 = \frac{Q}{c_2 \cdot (t_{2ox} - t_{26})} = \frac{230000}{4,19 \cdot (60 - 15)} = 1,22 \text{ кг/с}$$

бу ерда $c_2 = 4,19 \text{ кЖ}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ – сувнинг иссиқлик сифими.

Бензол тезлигини $w_1 = 1 \text{ м/с}$ деб қабул қилиб, канал қўндаланг кесимининг юзасини топамиз:

$$F_1 = \frac{G_1}{\rho_1 \cdot w_1} = \frac{2,22}{841 \cdot 1} = 0,0026 \text{ м}^2$$

бу ерда $\rho_l = 842 \text{ кг/м}^3$ – бензол зичлиги (И1-жадвал).

Канал эни $b_1 = 12 \text{ мм}$ бўлганда, лента баландлиги куйидаги формуладан ҳисоблаб аниқланади:

$$h = \frac{F_1}{b_1} = \frac{0,0026}{0,012} = 0,22 \text{ м}$$

ГОСТ 12067-80 бўйича 2-28 жадвалдан $h = 0,4 \text{ м}$ деб қабул қиламиз.

иккинчи канал эни $b_2 = b_1 = 0,012 \text{ м}$;

лист қалинлиги $\delta = 3,5 \text{ мм}$.

А) Бензолдан деворга иссиқлик бериш коэффициенти.

Канал эквивалент диаметрини ҳисоблаш:

$$d = \frac{2bh}{b+h} = \frac{2 \cdot 0,012 \cdot 0,4}{0,012 + 0,4} = 0,0233 \text{ м}$$

Бензол тезлиги:

$$w_1 = \frac{G_1}{bh\rho_1} = \frac{2,22}{0,012 \cdot 0,4 \cdot 842} = 0,55 \text{ м/с}$$

Рейнольдс критерийси:

$$Re_1 = \frac{w_1 \cdot d \cdot \rho_1}{\mu_1} = \frac{0,55 \cdot 0,0233 \cdot 842}{0,43 \cdot 10^{-3}} = 25061$$

бу ерда $\mu = 0,43 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ – бензол динамик ковшоқлик коэффициенти (И6-жадвал).

Нуссельт критерийси:

$$Nu_1 = 0,021 \cdot Re_1^{0,8} \cdot Pr_1^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_1}{Pr_{cm1}} \right)^{0,625}$$

Прандтль критерийси:

$$Pr_1 = \frac{c\mu}{\lambda} = \frac{1,38 \cdot 0,43}{0,138} = 5,86$$

бу ерда $\lambda = 0,138 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ – бензолнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти (И17-жадвал).

Биринчи яқинлашишда $(Pr_1/Pr_{cm1})^{0,25} = 1$, унда

$$Nu_1 = 0,021 \cdot Re_1^{0,8} \cdot Pr_1^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_1}{Pr_{cm1}} \right)^{0,625} = 0,021 \cdot 25061^{0,8} \cdot 5,86^{0,43} \cdot 1 = 148,4$$

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{d} = \frac{148,4 \cdot 0,138}{0,0233} = 879 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

Б) Девордан сувга иссиқлик бериш коэффициенти.

Сувнинг ҳаракат тезлиги:

$$w_2 = \frac{G_2}{bh\rho_2} = \frac{1,22}{0,012 \cdot 0,4 \cdot 993} = 0,26 \text{ м/с}$$

бу ерда $\rho_2 = 993 \text{ кг/м}^3$ – сув зичлиги (ИЗ-жадвал).

Рейнольдс критерийси:

$$Re_2 = \frac{w_2 \cdot d \cdot \rho_2}{\mu_2} = \frac{0,26 \cdot 0,0233 \cdot 993}{0,69 \cdot 10^{-3}} = 8582$$

бу ерда $\mu = 0,69 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ – сув ковшоклик коэффициенти (ИЗ-жадвал).

Нуссельт критерийси:

$$Nu_2 = 0,021 \cdot Re_2^{0,8} \cdot Pr_2^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_2}{Pr_{cm2}} \right)^{0,25}$$

бу ерда Прандтль критерийси $Pr_2 = 4,58$ (ИЗ-жадвал); $\lambda_2 = 0,63 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ – сувнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти (ИЗ-жадвал).

Биринчи яқинлашишда $(Pr_1/Pr_{cm1})^{0,25} = 1$, унда

$$Nu_2 = 0,021 \cdot Re_2^{0,8} \cdot Pr_2^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_2}{Pr_{cm2}} \right)^{0,25} = 0,021 \cdot 8582^{0,8} \cdot 4,58^{0,43} \cdot 1 = 56,7$$

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d} = \frac{56,7 \cdot 0,63}{0,0233} = 1532 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

Деворнинг термик қаршилиги:

$$\sum \frac{\delta}{\lambda} = \frac{\delta_{CT}}{\lambda_{CT}} + r_1 + r_2,$$

бу ерда $\lambda_{cm} = 17,5 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ – легирланган пўлат иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти (2-17 жадвал); $r_1 = r_2 = 1/5800 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ – ифлисикларнинг термик қаршилиги (2-13 жадвал).

$$\sum \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,0035}{17,5} + \frac{1}{5800} + \frac{1}{5800} = 5,4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

В) Иссиқлик ўтказиш коэффициенти хисоблаш:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{879} + 5,4 \cdot 10^{-4} + \frac{1}{1532}} = 429 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

Девор температурасини аниқлаш:

$$t_{o1} = t_{yp1} - K \cdot \Delta t_{yp} / \alpha_1 = 51,9 - 429 \cdot 14,4 / 879 = 44,9^\circ \text{C}$$

$$t_{o2} = t_{yp2} - K \cdot \Delta t_{yp} / \alpha_2 = 37,5 - 429 \cdot 14,4 / 1532 = 41,5^\circ \text{C}$$

$Pr_{id} = 6,21$ бўлганда иссиқлик бериш коэффициенти аниқлаштирамиз:

$$\alpha_{1an} = 879 \cdot \left(\frac{5,86}{6,21} \right)^{0,25} = 866 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

$Pr_{10} = 6,21$ бўлганда иссиқлик бериш коэффициентини аниқлаштирамиз:

$$\alpha_{2an} = 1532 \cdot \left(\frac{4,58}{4,19} \right)^{0,25} = 1566 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Аниқлаштирилган иссиқлик ўтказиш коэффициенти:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{866} + 5,4 \cdot 10^{-4} + \frac{1}{1566}} = 428 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Девор температурасини аниқлаштирамиз:

$$t_{\partial 1} = t_{yp1} - K \cdot \Delta t_{yp} / \alpha_1 = 51,9 - 428 \cdot 14,4 / 866 = 44,8^\circ \text{C}$$

$$t_{\partial 2} = t_{yp2} - K \cdot \Delta t_{yp} / \alpha_2 = 37,5 - 428 \cdot 14,4 / 1566 = 41,4^\circ \text{C}$$

Олинган маълумотлар аввал ҳисобланган маълумотларга яқин.

Иссиқлик алмашилиш юзаси:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{yp}} = \frac{230000}{428 \cdot 14,4} = 37,3 \text{ м}^2$$

Ушбу юзага энг яқин $F = 40 \text{ м}^2$ ли иссиқлик алмашилиш қурилмаси эни 0,4 ёки 0,7 м ли листдан ясалади. 2-28 жадвалдан иккита $F = 20 \text{ м}^2$ ли қурилмани кетма-кет улаб ишлатишни қабул қиламиз.

Г) Конструктив ҳисоб.

Спирал узунлигини ҳисоблаймиз:

$$l = \frac{F}{2h} = \frac{20}{2 \cdot 0,4} = 25 \text{ м}^2$$

Штуцерда суюқлик тезлигини $w_{ум} = 1 \text{ м/с}$ деб қабул қиламиз. Унда,

$$d_1 = \sqrt{\frac{G_1}{0,785 \cdot w_{ум} \cdot \rho_1}} = \sqrt{\frac{2,22}{0,785 \cdot 1 \cdot 842}} = 0,058 \text{ м}$$

$d_1 = 65 \text{ мм}$ деб қабул қиламиз.

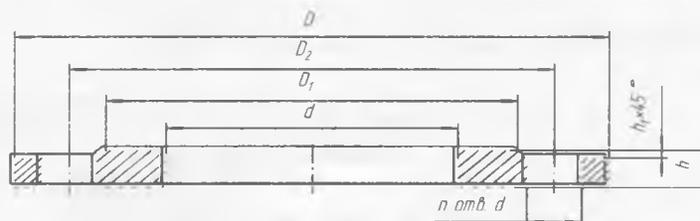
Сувнинг кириши ва чиқиши учун штуцерлар:

$$d_2 = \sqrt{\frac{G_2}{0,785 \cdot w_{ум} \cdot \rho_2}} = \sqrt{\frac{1,22}{0,785 \cdot 1 \cdot 993}} = 0,039 \text{ м}$$

$d_2 = 40 \text{ мм}$ деб қабул қиламиз.

Ҳамма штуцерларга ясси фланецлар пайвандланади. Уларнинг асосий ўлчамлари қуйидаги 2-52 жадвалда ва конструкцияси эса 2.55-расмда келтирилган:

$d_{\text{уст}}$	D	D_2	D_1	h	n	d
40	130	100	80	13	4	14
65	160	130	110	14	4	14



2.55-расм. Фланец.

Д) Спирал ўрамларининг сонини ҳисоблаш.

Спирал қадами:

$$t_1 = t_2 = b + \delta = 0,012 + 0,035 = 0,0155 \text{ м}$$

Штуцер жойлашишини инобатга олиб яримта ўрам радиусини $r = 0,2$ м деб қабул қиламиз.

Биринчи спирал яримта ўрамлар сони:

$$n_1 = \left(0,5 - \frac{r_1}{t_2}\right) + \sqrt{\left(\frac{r_1}{t_2}\right)^2 + \frac{2l}{\pi \cdot t_2}} = \left(0,5 - \frac{0,2}{0,0155}\right) + \sqrt{\left(\frac{0,2}{0,0155}\right)^2 + \frac{2 \cdot 25}{\pi \cdot 0,0155}} = 22,1$$

Иккинчи спирал яримта ўрамлар сони:

$$\begin{aligned} n_2 &= \left(\frac{t_1 - 0,5t_2 - r_1}{t_2}\right) + \sqrt{\left(\frac{r_1 + 0,5t_2 - t_1}{t_2}\right)^2 + \frac{2l}{\pi \cdot t_2}} = \\ &= \frac{0,0155 - 0,5 \cdot 0,0155 - 0,2}{0,0155} + \sqrt{\left(\frac{0,2 + 0,5 \cdot 0,0155 - 0,0155}{0,0155}\right)^2 + \frac{2 \cdot 25}{3,14 \cdot 0,0155}} = 22,1 \end{aligned}$$

Қурилма диаметри:

$$D = 2[r_1 + (n_2 + 1) \cdot t_2 - t_1] + 2\delta = 2[0,2 + (22,1 + 1) \cdot 0,0155 - 0,0155] + 0,0035 = 1,09 \text{ м}$$

 $D = 1100$ мм деб қабул қиламиз.

Қурилма таянчини танлаш учун унинг массасини аниқлаш лозим.

$$m = m_1 + m_g + m_2$$

бу ерда m_1 – спирал массаси; m_g – синов даврида курилмага қуюлган сув массаси; m_2 – ёрдамчи элементлар массаси (фланец, штуцер).

$$m_1 = 2hL\delta\rho_\delta = 2 \cdot 0,4 \cdot 25 \cdot 0,0035 \cdot 7900 = 553 \text{ кг}$$

бу ерда $\rho_\delta = 7900 \text{ кг/м}^3$ – пулат зичлиги.

$$m_g = (0,785D^2h - 2hL\delta) \cdot \rho_g = (0,785 \cdot 1,1^2 \cdot 0,4 - 2 \cdot 0,4 \cdot 25 \cdot 0,0035) \cdot 1000 = 310 \text{ кг}$$

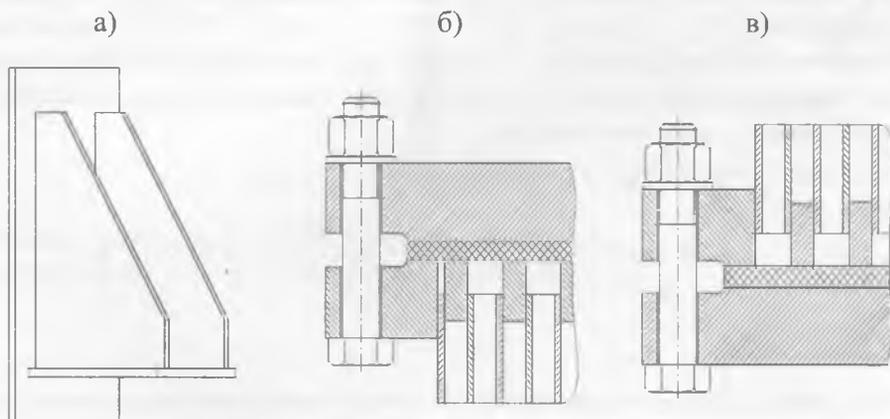
m_2 ни курилма асосий огирлигидан 5% олинади. Унда

$$m_p = 1,05 \cdot (m_1 + m_g) = 1,05 \cdot (553 + 310) = 906 \text{ кг} = 9 \text{ кН}$$

Курилма учун 2 та таянч қабул қиламиз. Битта таянчга тушаётган юклама ушбу усулда топилади:

$$G = \frac{m}{2} = \frac{9}{2} = 4,5 \text{ кН}$$

6,3 кН юклама рухсат этилган таянчни танлаймиз (2.56а-расм).



2.56-расм. Таянч (а) ва каналларни текис қопқок (б,в) билан зичлаш.

Е) Гидравлик ҳисоб.

Ушбу ҳисобни бажаришдан асосий мақсад курилма гидравлик қаршилигини аниқлаш ва суюкликни узатиш учун насосни танлаш.

$$\Delta P = \left(\lambda \frac{l}{d} + \sum \xi \right) \cdot \frac{w^2 \rho}{2}$$

Бензолнинг штуцердаги тезлиги:

$$w_{шт} = \frac{G_1}{0,785 \cdot d_{шт}^2 \cdot \rho_1} = \frac{2,22}{0,785 \cdot 0,065^2 \cdot 842} = 0,79 \text{ м/с}$$

Ишқаланиш коэффициенти:

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{Re}} = \frac{0,316}{\sqrt[4]{25061}} = 0,025$$

$$\Delta P_1 = \frac{0,068 \cdot 25 \cdot 0,55^2 \cdot 842}{2 \cdot 0,0233} + 1,5 \cdot 0,79^2 \cdot 842 = 10080 \text{ Па}$$

Насоснинг зарур напори:

$$H_1 = \frac{\Delta P_1}{\rho_1 g} + h = \frac{10080}{842 \cdot 9,8} + 3 = 4,2 \text{ м}$$

бу ерда $h=3$ м – суюкликни кўтариш геометрик баландлиги ва сўриш қувирида напорнинг йўқотилиши.
Бензолнинг секундли ҳажмий сарфи:

$$V_1 = \frac{G_1}{\rho_1} = \frac{2,22}{842} = 0,0026 \text{ м}^3/\text{с}$$

Ушбу икки параметр бўйича Х20/18 русумли марказдан қочма насос танлаймиз.
Унумдорлиги $V=0,0055 \text{ м}^3/\text{с}$, напори $H=10,5$ м (1-9 жадвал).

Д) Иссиқлик қоплама ҳисоби. Девор ташқи юзасининг температурасини $t_{\delta, \sigma}=40^\circ\text{C}$, атроф муҳит температурасини $t_\sigma=18^\circ\text{C}$ деб қабул қиламиз. Унда, шиша-толали қоплама қалинлиги ушбу формуладан аниқланади:

$$\delta_{\text{қопл}} = \frac{\lambda_{\text{қопл}} (t_{1n} - t_{\delta, \sigma})}{\alpha_\sigma (t_{\delta, \sigma} - t_\sigma)} = \frac{0,09 \cdot (80 - 40)}{9,72 \cdot (40 - 18)} = 0,017 \text{ м},$$

бу ерда $\lambda_{\text{қопл}}=0,09 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ – қоплама материалнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентини; α_σ – қобик ташқи деворидан ташқи муҳитга иссиқлик бериш коэффициентини:

$$\alpha_\sigma = 8,4 + 0,06 \cdot \Delta t_\sigma = 8,4 + 0,06 \cdot 22 = 9,72 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

бу ерда $\Delta t_\sigma = t_{\delta, \sigma} - t_\sigma = 40 - 18 = 22^\circ\text{C}$.

Иссиқлик қоплама қалинлигини 20 мм деб қабул қиламиз.

2.27. Труба ичида труба типдаги совуткич ҳисоби

Аммиакни совитиш учун труба ичида труба иссиқлик алмашилиш қурилмаси ҳисоблансин ва лойиҳалансин. Совутувчи элтқич сифатида технологик сув ва совутилган конденсат ишлатилмоқда.

Бошланғич маълумотлар:

- аммиак сарфи - $G_1=21,6$ т/соат;
- қурилмага киришдаги температураси - $t_1=117^\circ\text{C}$;
- босим - $P=20$ МПа

Совуқлик элтқич – технологик сув ва конденсат.

- сув бошланғич температураси - $t_2=20^\circ\text{C}$;
- конденсат бошланғич температураси - $\theta_1=40^\circ\text{C}$;
- конденсат охириги температураси - $\theta_2=90^\circ\text{C}$;

Ечиш: Аммиакнинг босими юкори бўлгани учун уни трубалар ичига йўналтириш мақсадга мувофиқ. Трубалар диаметрини амалий тавсиялар асосида танлаймиз: ички труба диаметри 83x13 мм, ташқи труба диаметри -127x4мм.

Агар, девор температураси 55°C дан ортиб кетса, совутувчи сувдан қаттиқлик туз кристаллари ажралиб труба юзасига ўтириб қолиши мумкин. Шунинг учун, совуткич юзасини 2 га: I ва II зоналарга бўламиз. Зона I га юкори температурали аммиак узатилади ва конденсат билан совутилади, зона IIэса техник, айланма сув билан совутилмоқда.

Технологик сув температурасини $t_2=20^\circ\text{C}$, конденсатнинг бошланғич температурасини $\theta_1=40^\circ\text{C}$, конденсат охириги температурасини $\theta_2=90^\circ\text{C}$ деб қабул қиламиз.

I зона ҳисоби. Қабул қилинган ҳисоблаш схемасига биноан зонада аммиак, труба ичида ҳаракатланиб $t_1=117^\circ\text{C}$ дан $t_{10}=85^\circ\text{C}$ гача совийди ва трубалараро бўшлиқда ҳаракатланаётган конденсатни $\theta_1=40^\circ\text{C}$ дан $\theta_{10}=80^\circ\text{C}$ гача иситади.

Зона I нинг иссиқлик юкласи Q_1 ушбу тенгламадан ҳисоблаб топамиз:

$$Q_1 = G_1 c_1 (t_1^* - \theta_1) = 6 \cdot 5411 (117 - 85) = 1038912 \text{ Вт}$$

бу ерда c_1 – аммиакнинг солиштирма иссиқлик сизими.

Аммиакни совитиш учун зарур конденсатнинг миқдори:

$$G_2 = \frac{Q_1}{i_2^* - i_2} = \frac{1038912}{335378 - 168317} = 6,22 \text{ кг/с}$$

бу ерда $i_2 = 168317$ Ж/кг – $t_{\text{коно}} = 40^\circ\text{C}$ температурада конденсат энтальпияси; $i_2^* = 335378$ Ж/кг – $t_{\text{коно}} = 80^\circ\text{C}$ температурада конденсат энтальпияси;

Элтқичларнинг қарама-қарши ҳаракатланишида температуралар фарки:

$$\Delta t_{\text{min}} = 117 - 80 = 37^\circ\text{C}; \quad \Delta t_{\text{max}} = 85 - 40 = 45^\circ\text{C}$$

Ўртача температуралар фарки:

$$\Delta t_{\text{ур}} = \frac{\Delta t_{\text{max}} - \Delta t_{\text{min}}}{2,3 \lg \frac{\Delta t_{\text{max}}}{\Delta t_{\text{min}}}} = \frac{45 - 37}{2,3 \lg \frac{45}{37}} = 40,9^\circ\text{C}$$

Конденсатнинг ўртача температураси:

$$\Delta t_{\text{конд.ур}} = \frac{80 + 40}{2} = 60^\circ\text{C}$$

Аммиакнинг ўртача температураси:

$$\Delta t_{1,ур} = \frac{117 + 85}{2} = 101^\circ\text{C}$$

Аммиакнинг труба ичида ҳаракат тезлиги:

$$w_1 = \frac{4 \cdot G_1}{\rho \cdot \pi \cdot d^2 \cdot m} = \frac{4 \cdot 6}{508 \cdot 3,14 \cdot 0,057^2 \cdot 3} = 1,54 \text{ м/с}$$

бу ерда $m=3$ – секциялар сони, элткичларнинг ҳаракат тезликлари ва сарфларини инобатга олган ҳолда танланади.

Аммиак ва конденсатларнинг иссиқлик ва физик хоссалари 2-53 жадвалда келтирилган.

2-53 жадвал

Аммиак и конденсатларнинг асосий кўрсаткичлар

Хоссалар номи	Параметрлар			
	Белгиси	Ўлчов бирлиги	Аммиак	Конденсат
Температура	t	°C	101	60
Зичлик	ρ	кг/м ³	508	990
Солиштира иссиқлик сиғим	c	кЖ/(кг·К)	5,32	4,183
Динамик қовушқоқлик	$\mu \cdot 10^8$	Па·с	8090	46980
Кинематик қовушқоқлик	$\nu \cdot 10^8$	м ² /с	15,92	47,4
Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти	$\lambda \cdot 10^2$	Вт/(м·К)	35,1	65,6
Прандтль сони	Pr	-	1,226	2,99

Аммиак учун ҳаракат режими:

$$Re_{1f} = \frac{w_1 \cdot d_1}{\nu_1} = \frac{1,54 \cdot 0,057}{15,92 \cdot 10^{-8}} = 551382$$

ушбу сон ривожланган турбулент режимга тўғри келади. Бундай режимда труба ичида ҳаракатланаётган суюқлик учун ушбу формулани қўллаш мумкин:

$$Nu_{1f} = 0,023 \cdot Re_{1f}^{0,8} \cdot Pr_{1f}^{0,4} \cdot \left(\frac{Pr_{1f}}{Pr_{\theta}} \right)$$

Аммиак ҳаракатланаётган томондан труба деворининг температурасини биринчи яқинлашишда ҳисоблаймиз:

$$t_{\theta 1} = t_{1yp} - \frac{\Delta t_{yp}}{2} = 101 - \frac{42,1}{2} \approx 80^{\circ} C$$

Трубининг ички девори учун аниқланган температурага мос Pr_{θ} ни топамиз:

$$Pr_{\theta 1} = \frac{c \cdot \mu}{\lambda} = \frac{4,898 \cdot 10^3 \cdot 9,76 \cdot 10^{-5}}{0,393} = 1,21$$

бу ерда $c=4,898$ кЖ/(кг·К); $\mu=9,76 \cdot 10^{-5}$ Па·с; $\lambda=0,393$ Вт/м·К.

Pr_{1f}/Pr_{θ} нисбат бирдан кўп фаркланмагани учун $(Pr_{1f}/Pr_{\theta})^{0,25}=1$ деб қабул қилишимиз мумкин.

Унда

$$Nu_{1f} = 0,023 \cdot Re_{1f}^{0,8} \cdot Pr_{1f}^{0,4} \cdot \left(\frac{Pr_{1f}}{Pr_{\theta}} \right) = 0,023 \cdot 551382^{0,8} \cdot 1,226^{0,4} = 998$$

Аммиакдан труба деворига иссиқлик бериш коэффициенти ушбу формуладан ҳисобланади:

$$\alpha_1 = \frac{Nu_{1f} \cdot \lambda}{d} = \frac{998 \cdot 0,351}{0,057} = 6145 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Трубалараро бўшлиқда конденсатнинг ҳаракат тезлиги:

$$w_1 = \frac{4 \cdot G_1}{\rho \cdot \pi \cdot (D_1^2 - d_2^2) \cdot m} = \frac{4 \cdot 6,22}{508 \cdot 3,14 \cdot (0,119^2 - 0,083^2) \cdot 3} = 0,367 \text{ м}/\text{с}$$

Конденсат учун Рейнольдс сони ҳисоблаймиз:

$$Re_{2f} = \frac{w_2 \cdot d_{\text{экв}}}{\nu_2} = \frac{0,367 \cdot 0,036}{47,4 \cdot 10^{-8}} = 27873$$

бу ерда $d_{\text{экв}} = D_1 - d_2$.

Ривожланган турбулент режим учун Nu ни ҳисоблаш учун ушбу формулани қўллаш мумкин:

$$Nu_{1f} = 0,023 \cdot Re_{2f}^{0,8} \cdot Pr_{2f}^{0,4} \cdot \left(\frac{D_e}{d_{11}}\right)^{0,45} = 0,023 \cdot 27873^{0,8} \cdot 2,99^{0,4} \cdot \left(\frac{0,119}{0,083}\right)^{0,45} = 151$$

Девордан конденсатга иссиқлик бериш коэффиценти ушбу формуладан ҳисобланади:

$$\alpha_2 = \frac{Nu_{2f} \cdot \lambda}{d} = \frac{151 \cdot 0,656}{0,036} = 2751 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Девор қалинлиги $\delta_0 = 13$ мм, углеродли пўлат иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти $\lambda = 45,6$ Вт/(м·К); $\delta_1/\lambda_1 = 0,013/45,6 = 0,000285$ (м²·К)/Вт; $r_{31} = 0,00029$ (м²·К)/Вт- конденсат орқали ифлосланган девор термик қаршилиги; $r_{32} = 0,00086$ (м²·К)/Вт- аммиак орқали ифлосланган девор термик қаршилиги.

Зона I учун иссиқлик ўтказиш коэффиценти:

$$K_1 = \frac{1}{\frac{1}{6145} + 0,00029 + 0,000285 + 0,00086 + \frac{1}{2751}} = 497 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Зона I даги совуткич-конденсаторнинг иссиқлик алмашилиш юзасини ушбу формуладан аниқлаймиз:

$$F_1 = \frac{Q_1}{K_1 \cdot \Delta t_{\text{ур}}} = \frac{1038912}{497 \cdot 42,1} = 49,6 \approx 50 \text{ м}^2$$

Зона I секцияси иссиқлик трубасининг умумий узунлиги қуйидагича топилади:

$$l_1 = \frac{F_1}{\pi \cdot d_{\text{ур}} \cdot m} = \frac{50}{3,14 \cdot 0,07 \cdot 3} = 75,8 \text{ м}$$

бу ерда $d_{\text{ур}}$ — ички труба ўрта юзасининг диаметри, м.

Звено трубасининг узунлигини $l = 6$ м. Унда, зона I ҳар секциясидаги звенолар сони:

$$Z_1 = \frac{l_1}{l} = \frac{75,8}{6} = 12,6$$

$Z_1 = 13$ деб қабул қиламиз.

II зона ҳисоби. Зона I дан чиққан аммиак зона II га ўтади ва у ерда совийди. Аммиакнинг бошланғич температураси $\theta_1 = 85^\circ\text{C}$, охириги $t_1 = 35^\circ\text{C}$. Техник сувнинг

бошлангич температураси 20°C. Труба юзасида чўкинди ҳосил бўлмаслиги учун сувнинг температураси 50°Cдан ошмаслиги керак, шунинг учун 40°C ни қабул қиламиз.

Сувнинг сарфини аниқлаш учун зона II учун иссиқлик балансини тузамиз.

Аммиакдан ажратиб олинаётган иссиқлик миқдори қуйидагича топилади:

$$Q_{II} = G_1 \cdot c_{p1} \cdot (\theta_1 - t_2) = 6 \cdot 4,794 \cdot 10^3 \cdot (85 - 35) = 1426200 \text{ Вт}$$

бу ерда $c_{p1} = \frac{c_2 + c_3}{2} = \frac{4,563 + 5,024}{2} = 4,794 \text{ кЖ}/(\text{кг} \cdot \text{К})$; бу ерда $c_2 = 4,563 \text{ кЖ}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ - аммиакнинг 35°C даги солиштирма иссиқлик сифими; $c_3 = 5,024 \text{ кЖ}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ - аммиакнинг 85°C даги солиштирма иссиқлик сифими [57].

Зона I дагидек, элткичларнинг ҳаракат йўналишини қарама-қарши деб қабул қиламиз.

Унда

$$\Delta t_{\min} = 35 - 20 = 15^\circ \text{C}; \quad \Delta t_{\max} = 85 - 40 = 45^\circ \text{C}$$

Ўртача температуралар фарки:

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{2,3 \lg \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}}} = \frac{45 - 15}{2,3 \lg \frac{45}{15}} = 27,3^\circ \text{C}$$

Сув учун $(40/20) \leq 2$ бўлгани учун унинг температураси ўртача арифметик миқдорга тенг, яъни 30°C. Аммиак учун $(85/35) \geq 2$ бўлгани учун $30 + 27,3 = 57,3^\circ \text{C}$.

Зарур сувнинг миқдори ушбу формуладан аниқланади:

$$G_2 = \frac{Q_{II}}{c_p \cdot (t_2' - t_{\text{ср}}')} = \frac{1426200}{4178 \cdot (40 - 20)} = 17 \text{ кг/с}$$

Аммиакдан труба деворига иссиқлик бериш коэффициентини ҳисоблаш учун ҳаракат режимини аниқлаймиз:

$$\text{Re}_{1f} = \frac{w_1 \cdot d_1}{\nu_1} = \frac{1,54 \cdot 0,057}{20,28 \cdot 10^{-8}} = 432840 > 10^4$$

яъни, ҳаракат режими ривожланган турбулент. Шунинг учун иссиқлик тарқалишини ушбу формулада аниқлаймиз:

$$\text{Nu}_{1f}' = 0,023 \cdot \text{Re}_{1f}^{0,8} \cdot \text{Pr}_{1f}^{0,4} \cdot \left(\frac{\text{Pr}_{1f}}{\text{Pr}_d} \right)^{0,25}$$

Аммиак томонидан труба деворининг температураси:

$$t_{d1}' = t_{2\text{ср}}' - \frac{\Delta t_{\text{ср}}}{2} = 57,3 - \frac{27,3}{2} = 44^\circ \text{C}$$

Прандтль сони

$$\text{Pr}_d = \frac{c \cdot \mu}{\lambda} = \frac{4,6 \cdot 10^3 \cdot 13800 \cdot 10^{-8}}{0,465} = 1,365$$

бу ерда $c = 4,6 \text{ кЖ}/(\text{кг} \cdot \text{К})$; $\mu = 13800 \cdot 10^{-8} \text{ Па} \cdot \text{с}$; $\lambda = 0,465 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

$\text{Pr}_{1f}/\text{Pr}_d$ нисбатни ҳисоблаймиз, яъни $(\text{Pr}_{1f}/\text{Pr}_d)^{0,25} = (1,226/1,365)^{0,25} = 0,98$.

Ривожланган турбулент режим учун Nu ни ҳисоблаш ушбу формулада амалга оширилади:

$$Nu_{1f} = 0,023 \cdot Re_{1f}^{0,8} \cdot Pr_{1f}^{0,4} \cdot \left(\frac{Pr}{Pr_0} \right)^{0,25} = 0,023 \cdot 432840^{0,8} \cdot 1,226^{0,4} \cdot 0,98 = 805,8$$

Девордан конденсатга иссиқлик бериш коэффициентини ушбу формуладан ҳисобланади:

$$\alpha_1 = \frac{Nu_{1f} \cdot \lambda}{d_1} = \frac{805,8 \cdot 0,442}{0,057} = 6248 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Рейнольдс сони ҳисоблаймиз:

$$Re_{2f} = \frac{w_2 \cdot d_{\text{ср}}}{\nu_1} = \frac{1,0 \cdot 0,036}{82,0 \cdot 10^{-8}} = 432840 > 10^4$$

бу ерда $w_1 = \frac{4 \cdot G_1}{\rho_n \cdot \pi \cdot (D_1^2 - d_2^2) \cdot m} = \frac{4 \cdot 17}{996 \cdot 3,14 \cdot (0,119^2 - 0,083^2) \cdot 3} \approx 1 \text{ м}/\text{с}$

Суюқлик ҳаракат режими турбулент бўлгани учун:

$$Nu_{2f} = 0,023 \cdot Re_{2f}^{0,8} \cdot Pr_{2f}^{0,4} \cdot \left(\frac{D_n}{d_n} \right)^{0,45} = 0,023 \cdot 43902^{0,8} \cdot 5,87^{0,4} \cdot \left(\frac{0,119}{0,083} \right)^{0,45} = 284$$

Сувдан труба деворига иссиқлик бериш коэффициентини қуйидаги формуладан топилади:

$$\alpha_2 = \frac{Nu_{2f} \cdot \lambda}{d} = \frac{284 \cdot 0,581}{0,036} = 4583 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Унда, зона II учун иссиқлик ўтказиш коэффициентини ушбу формуладан аниқланади:

$$K_1 = \frac{1}{\frac{1}{6248} + 0,0017 + 0,000285 + 0,00086 + \frac{1}{4583}} = 310 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

бу ерда $\lambda = 0,0017 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$ – техник, айланма деворда сув ҳосил қилган термик қаршилик.

Зона II нинг иссиқлик алмашилини юзасини топаемиз:

$$F_2 = \frac{Q_{II}}{K_2 \cdot \Delta t_{\text{ср}}} = \frac{1426200}{310 \cdot 27,3} = 168,5 \text{ м}^2$$

Зона II секцияси трубагининг умумий узунлигини аниқлаймиз:

$$l_2 = \frac{F_2}{\pi \cdot d_{\text{ср}} \cdot m} = \frac{168,5}{3,14 \cdot 0,07 \cdot 3} = 255 \text{ м}$$

Звено трубагининг узунлигини $l = 6 \text{ м}$. Унда, зона ҳар бир секциядаги звенолар сони:

$$Z_2 = \frac{l_2}{l} = \frac{255}{6} = 42,5$$

$Z_2 = 43$ деб қабул қилаемиз.

Шундай қилиб, мисолнинг берилган шартларига биноан ҳар бир секцияда 56 тадан звенодан таркиб топган. Зона I нинг 13 та звенодан иборат ҳар бир секциясига сув конденсати узатилади, қолганларига эса – техник сув. Битта секциянинг схемаси 2.57-расмда кўрсатилган.

Ички ва ташқи трубаларнинг мустақкамлигини ҳисоблаш.

Ташқи труба учун

$$\frac{D_2}{D_1} = \frac{0,127}{0,119} < 1,2$$

бўлгани учун юпка деворли. Унинг мустаҳкамлигини ҳисоблаш учун қуйидаги формула мос келади, яънитрубалараро бўшлиқда рухсат этилган кучланиш:

$$[P] = \frac{2\varphi \cdot (S - c) \cdot [\sigma]}{D_1 + (S - c)} = \frac{2 \cdot 1 \cdot (0,004 - 0,001) \cdot 160}{0,119 + 0,004 - 0,001} = 7,86 \text{ МПа}$$

бу ерда S -девор қалинлиги, м; c -конструктив қўшимча, м; $[\sigma]$ -рухсат этилган кучланиш, МПа; φ -пайванд чок мустаҳкамлик коэффициенти.

Трубалараро бўшлиқдадаги ишчи босим $0,6 \text{ МПа} < [P]$, яъни ташқи трубаинг мустаҳкамлиги таъминланган.

Ички труба учун

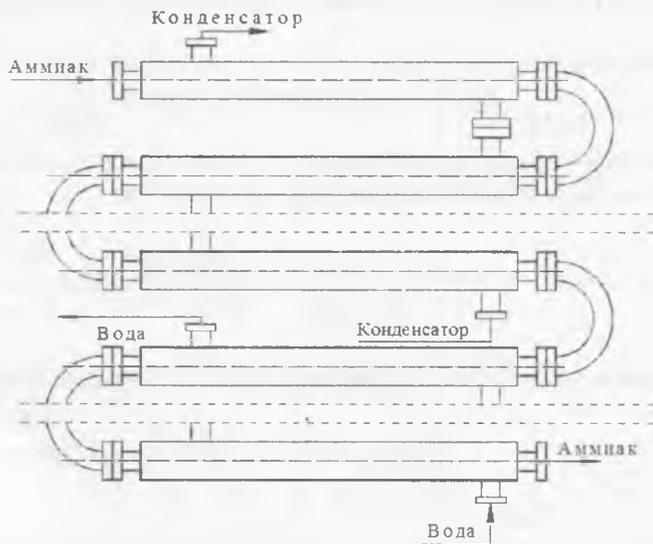
$$\frac{d_2}{d_1} = \frac{0,083}{0,057} = 1,45 > 1,2$$

бўлгани учун қалин деворли идишларнинг мустаҳкамлигини ҳисоблаш учун қуйидаги формула мос келади.

Ички труба учун рухсат этилган кучланиш:

$$[P] = [\sigma] \ln \beta_r$$

бу ерда β_r - деворнинг қалинлик коэффициенти.



2.57-расм. Лойиҳаланаётган “труба ичида труба” қурилмасининг схематик тасвири.

бўлиб, ушбу тенгламадан топилади:

Унда,

$$[P] = [\sigma] \ln \beta_r = 160 \cdot \ln 1,787 = 92,8 \text{ МПа}$$

Бизнинг шароитимизда

$$P_{ишчи} = 20 \text{ МПа} \leq [P]$$

яъни, мустаҳкамлик шarti бажарилмоқда.

2.28. Блок графитли иситкич хисоби

Сульфат кислотани иситиш учун блок-графитли исиклик алмашиниш қурилмаси ҳисоблансин ва лойиҳалансин.

Бошланғич маълумотлар: H_2SO_4 сарфи $G=84,5$ т/соат;

киришдаги температураси $t_1=21^\circ C$;

чиқишдаги температураси $t_2=55^\circ C$;

иситувчи буг босими $P=3,4$ атм.

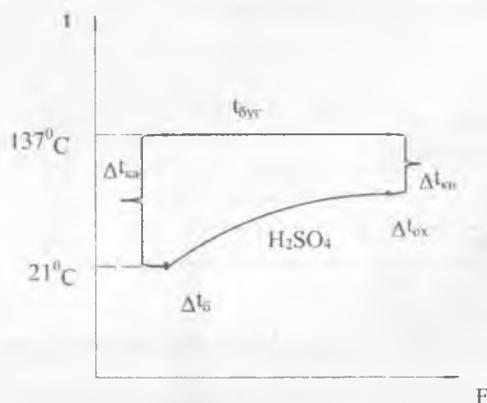
98% ли сульфат кислотанинг $38^\circ C$ ўртача температурадаги исиклик-физик хоссалари [26]:

- зичлиги $\rho=1823$ кг/м³;
- динамик қовушқоқлик коэффиценти $\mu=16,26$ мПа;
- солиштира исиклик сизими $c=1470$ Ж/(кг·К);
- исиклик ўтказувчанлик коэффиценти $\lambda=0,256$ Вт/(м·К);

Иситувчи буг исиклик-физик хоссалари [26]:

- зичлиги $\rho=1,869$ кг/м³;
- солиштира буг ҳосил қилиш исиклиги $r=2156$ Ж/кг;
- динамик қовушқоқлик коэффиценти $\mu=0,15$ мПа;

Ечиш: қурилма исиклик юкмасини аниқлаймиз:



2.58-расм. Ўртача температуралар фарқини аниқлашга оид схема.

$$Q = G \cdot c(t_1 - t_2) = 24,86 \cdot 1470 \cdot (55 - 21) = 1242503 \text{ Вт}$$

Таҳминий исиклик алмашиниш юзасини топамиз:

$$F_{max} = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{\text{ур}}}$$

Ўртача температуралар фарқи $\Delta t_{\text{ур}}$ ни ҳисоблаймиз:

Катта температуралар фарқи қуйидагича топилади:

$$\Delta t_{ка} = 137 - 21 = 116^\circ C$$

Кичик температуралар фарқи қуйидагича топилади:

$$\Delta t_{ки} = 137 - 55 = 82^\circ C$$

Ўртача температуралар фарқи ушбу формуладан аниқланади:

$$\Delta t_{ур} = \frac{\Delta t_{ка} - \Delta t_{ки}}{\ln \frac{\Delta t_{ка}}{\Delta t_{ки}}} = \frac{116 - 82}{\ln \frac{116}{82}} = \frac{34}{0,347} = 98^{\circ}C$$

Иссиқлик элтиқчиларнинг ҳаракат йўналишлари ўзаро кесишган бўлганда ўртача температуралар фарқига ушбу корреляция киритилади:

$$P = \frac{t_{2к} - t_{2кач}}{t_{1н} - t_{2н}} = \frac{55 - 21}{137 - 21} = 0,29; \quad R = \frac{t_{1к} - t_{1ка}}{t_{2к} - t_{2н}} = \frac{137 - 55}{55 - 21} = 0,29;$$

Иссиқлик ўтказиш коэффициентининг тахминий қийматини аниқлаймиз. Конденсацияланаётган сув буғидан суюқликка мажбурий ҳаракатланаётган суюқликлар учун $K=800-3500$ Вт/м·К.

Унда, иссиқлик алмашиниш юзаси ушбу формуладан топилади:

$$F_{max} = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{ур}} = \frac{1242503}{800 \cdot 93,1} = 16,7 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

30%-ли захира билан 2-31 жадвалдан стандарт блок графитли ТГ-Б/В2-5Б русумли иссиқлик алмашиниш қурилмасини танлаймиз.

2-54 жадвал

Параметр	сони	ўлчами	бирлиги
Иссиқлик алмашиниш юзаси	1	20	м ²
Блок ўлчамлари	5	350x350x700	мм
Вертикал каналлар	108	28	мм
Горизонтал каналлар	108	28	мм

Аниқловчи ҳисоб

Девор температурасини ушбу формула орқали топамиз:

$$t_{см} = t_n \pm \frac{K_{max} \cdot \Delta t_{ур}}{\alpha_{n(max)}}$$

Иссиқлик бериш коэффициентининг тахминий қийматини 2-10 жадвалдан оламиз:

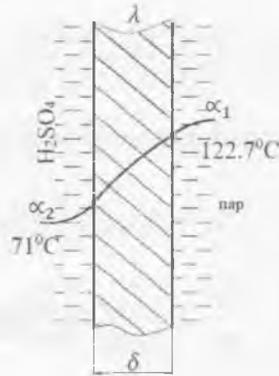
- суюқлик учун $\alpha_2=1200-5800$ Вт/м²·К;
- буғ учун $\alpha_f=1000-15000$ Вт/м²·К;

Иссиқлик ўтказиш коэффициентининг тахминий қийматини 2-15 жадвалдан $K=800-3500$ Вт/м²·Коралиқдан танлаймиз:

- H₂SO₄ учун $K=800$ Вт/м²·К;
- буғ учун $K=2000$ Вт/м²·К;

Буғ томонидаги деворнинг температураси:

$$t_{см.буғ} = 137 - \frac{2000 \cdot 93,1}{13000} = 122,7^{\circ}C$$



2.59-расм. Девор температурасига аниқлашга оид.

Суюқлик томонидаги деворнинг температураси:

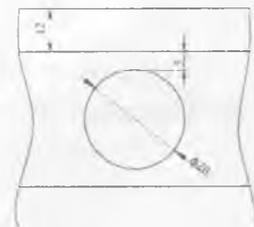
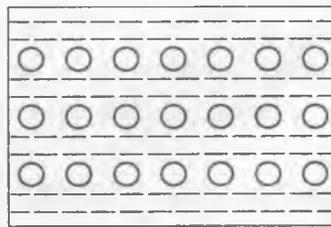
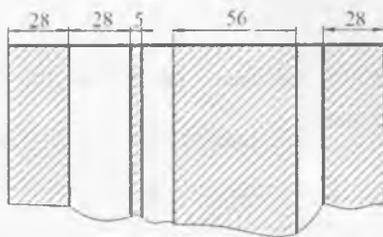
$$t_{\text{см.}H_2SO_4} = 34 + \frac{800 \cdot 93,1}{2000} = 71,24^\circ C$$

Девор ва ундаги ифлосликлар қатламининг термик қаршилиги

Иккита элткич орасидаги девор қалинлиги ҳисобдан аниқлаймиз.



2.60-расм. Қутисимон қопқоқни блокга маҳкамлаш.



2.61-расм. Блок девори қалинлигини аниқлашга оид.

Вертикал каналлар учун $108=6 \times 18$ $d=28$ мм;
 Горизонтал каналлар учун $128=7 \times 18$ $d=12$ мм;
 Унда, девор қалинлиги $\delta_s = \delta_e = 5$ мм;
 Девор қалинлиги

$$\delta_{cm} = \frac{\delta_{max} + \delta_{min}}{2} = \frac{5 + 14}{2} = 9,5 \text{ мм}$$

2-15 жадвалдан термик қаршилик кийматинитопамиз.

$$r_{буз} = r_{H_2SO_4} = \frac{1}{5800} \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

$$\sum \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,01}{80} + \frac{1}{5800} + \frac{1}{5800} = 0,0004 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

Труба каналида H_2SO_4 нинг ҳаракат режими ва тезлигини аниқлаш.

Сульфат кислота ҳаракат тезлигини ҳисоблаймиз:

$$w_{H_2SO_4} = \frac{G}{\rho \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot n} = \frac{4 \cdot 24,86}{1823 \cdot 3,14 \cdot 0,012^2 \cdot 63} = 1,915 \text{ м/с}$$

Рейнольдс сони эса:

$$Re = \frac{wd\rho}{\mu} = \frac{1,915 \cdot 0,012 \cdot 1823}{0,01626} = 2576,4$$

яъни, $2320 < Re < 1000$ бўлгани учун ҳаракат режим ўтиш соҳаси тўғри келади.

Унда, иссиқлик бериш интензивлигини ҳисоблаш учун ушбу формуладан фойдаланамиз:

$$Nu = 0,008 Re^{0,9} \cdot Pr^{0,43} = 0,008 \cdot 2576,4^{0,9} \cdot 93,37^{0,43} = 66,1$$

$$\text{бу ерда } Pr = \frac{c \cdot \mu}{\lambda} = \frac{1470 \cdot 0,01626}{0,256} = 93,37.$$

Иссиқлик бериш коэффициентини аниқлаш.

Сульфат кислота учун иссиқлик бериш коэффициенти ҳисоблаймиз:

$$\alpha_{H_2SO_4} = \frac{Nu \cdot \lambda}{d} = \frac{66,1 \cdot 0,256}{0,012} = 1410 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Сув буғи учун тузатиш коэффициенти $\epsilon = 1$ деб қабул қиламиз ва иссиқлик бериш коэффициенти α нинг ўртача кийматни ушбу формуладан топамиз:

$$\alpha = 2,04 \cdot \frac{A_1}{\sqrt[4]{H \cdot \Delta t}} = 2,04 \cdot \frac{7393}{\sqrt[4]{1,75 \cdot 14,3}} = 6733 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

бу ерда $A_1 = 7393$ – 4-6 жадвалдан танланади [26].

$$\Delta t = t_n - t_{cm} = 137 - 122,7 = 14,4^\circ \text{C}$$

Аниқлаштирилган иссиқлик ўтказиш коэффициенти:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{0,0007 + 0,0004 + 0,00015} = 800 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Зарур иссиқлик алмашиниш юзаси:

$$F_{max} = \frac{Q}{K \cdot \Delta_{yp}} = \frac{1242503}{800 \cdot 93,1} = 16,7 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Иссиқлик алмашиниш юзаси бўйича захира:

$$\Delta = \frac{20 - 16,7}{16,7} = 19,8\%$$

ГИДРАВЛИК ҲИСОБ

Босимнинг умумий йўқотилиши:

$$\Delta P_{\text{ум}} = \left(\lambda \frac{l}{d} + \sum \xi \right) \cdot \frac{\rho w^2}{2}$$

Гидравлик қаршилик коэффициентини λ ўтиш соҳаси учун ушбу формуладан топилади:

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{\text{Re}}} = \frac{0,316}{\sqrt[4]{2576,4}} = 0,044$$

Маҳаллий қаршилик коэффициентлари қуйидаги жадвалда келтирилган.

2-55 жадвал

№	Маҳаллий қаршилик номлари	сони	ξ	$\Sigma \xi$
1.	Трубага кириш	1	0,5	0,5
2.	Трубанинг тўсатдан кенгайиши	1	0,75	0,75
3.	Тўсатдан торайиш	10	0,6	6
4.	Каналларнинг тўсатдан кенгайиши	10	1	10
5.	180° га бурилиш	9	0,15	1,35
6.	Трубанинг тўсатдан торайиши	1	0,44	0,44
7.	Задвижка трубасидан чиқишда	2	0,5	1

Трубадан чиқишда тўсатдан кенгайиш $\xi = 0,75$;

Труба олдида тўсатдан торайиш $\xi = 0,44$;

Штуцер диаметри: $d = \sqrt{\frac{4V}{\pi w \rho}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 24,86}{3,14 \cdot 1,915 \cdot 1823}} = 0,095 \text{ м}$

Рейнольдс сони:

$$\text{Re} = \frac{wd\rho}{\mu} = \frac{1,915 \cdot 0,1 \cdot 1823}{0,01626} = 21470$$

$d = 100$ мм ли стандарт штуцер қабул қиламиз.

$$F = \pi r^2 = 3,14 \cdot 50^2 = 7850 \text{ мм}^2$$

$$F_1 = 350 \cdot 175 = 61250 \text{ мм}^2$$

$$\frac{F}{F_1} = \frac{7850}{61250} = 0,13$$

Каналлар системаси учун.

$$F = \pi r^2 = 3,14 \cdot 6^2 = 113,04 \text{ мм}^2 \quad 113,04 \times 63 = 7121,52 \text{ мм}^2$$

$$F_1 = 350 \cdot 175 = 61250 \text{ мм}^2$$

$$\frac{F}{F_1} = \frac{7121,52}{61250} = 0,12$$

Рейнольдс сони:

$$Re = \frac{wd\rho}{\mu} = \frac{1,915 \cdot 0,012 \cdot 1823}{0,01626} = 2576,4$$

Каналлар системаси олдида тўсатдан кенгайиш $\xi=0,65$;

Каналлар системаси олдида тўсатдан торайиш $\xi=1,5$;

180° га бурилиш $\xi=A \cdot B$; бу ерда $A=1,4$. Коэффициент B ушбу нисбат R_o/d га боғлиқ. Агар, $d=0,012$ м, $R_o=50$ мм деб қабул қиламиз.

$$\frac{R_o}{d} = \frac{0,05}{0,012} = 4,1$$

Коэффициент $B=0,11$. Задвижка с $d_{ум}=100$ мм коэффициент сопротивления $\xi=0,5$.

Унда, $\xi=A \cdot B=1,4 \cdot 0,11=0,154$. $\Sigma \xi=21$.

Босимнинг умумий йўқотилиши:

$$\Delta P_{ум} = \left(\lambda \frac{l}{d} + \sum \xi \right) \cdot \frac{\rho w^2}{2} = \left(0,044 \cdot \frac{0,35}{0,012} + 21 \right) \cdot \frac{1823 \cdot 1,915^2}{2} = 74583,5 \text{ Па}$$

Иссиқ сувни қурилмага узатиш учун насос танлаймиз. Насосни танлаш асосан 2 параметр бўйича амалга оширилади:

- хажмий сарф V ($\text{м}^3/\text{с}$ ёки л/с);

- умумий босим ΔP (Па).

Насоснинг хажмий сарфи:

$$V = \frac{G_2}{\rho_2} = \frac{24,86}{1823} = 0,0136 \text{ м}^3/\text{с}$$

Зарур қувват эса

$$N = \frac{V \cdot \Delta P}{1000 \eta} = \frac{0,0136 \cdot 74583,5}{1000 \cdot \eta} = 1,485 \text{ кВт}$$

Сўнг эса, сувни узатиш учун зарур бўлган кўрсаткичлар V ва ΔP бўйича мос келадиган стандарт насосни 1-9 жадвалдан танлаймиз.

Насос тури Х90/19;

$V=2,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3/\text{с}$; $H=13$ м; $n=48,3$ 1/с; $\eta_n=0,7$

Электр юриткич типни А02-51-2; $N=10$ кВт; $\eta_{дв}=0,89$

МЕХАНИК ҲИСОБ

Тўртбурчак шаклли қутисимон қобиклар қалинлигини ҳисоблаш. Қобик материални танлашда шуни инобатга олиш керакки, ушбу тўртбурчак шаклли обечайкалар агрессив муҳитлар қуйилиш камералар вазифасини бажаради. Концентрланган H_2SO_4 (98%) кислотага бардошли конструкцион материал сифатида **1Х21Н8Т** легирланган пўлатни танлаймиз. Материал характеристикалари: $\delta=4-500$ мм; $\sigma_s=700$ МН/м²; $\sigma_m=400$ МН/м².

Легирланган пўлат учун σ_s мустаҳкамлик чегараси орқали топилади:

$$\sigma_d = \frac{\sigma_s}{n_s} = \frac{700}{2,6} = 269,23 \text{ МН/м}^2$$

бу ерда $n_s=2,6$.

Рухсат этилган номинал кучланиш оқувчанлик чегараси бўйича:

$$\sigma_{\text{ид}}^* = \frac{\sigma_m^*}{n_T} = \frac{400}{1,5} = 266,7 \text{ МН/м}^2$$

Охирги қиймат кичик бўлгани учун ҳисобланган қиймат деб қабул қиламиз, яъни:

$$\bar{\sigma}_{\text{ид}} = \sigma_{\text{ид}}^* = 266,7 \cdot 1 = 266,7 \text{ МН/м}^2$$

Ясси, тўғри бурчакли девор ҳисоби. Блок узунлигининг энига нисбати $l/b=1$. Девор элементлари периметр бўйича қаттиқ ва кўзғалмас қилиб маҳкамланган деб ҳисоблаб $l/b=1$ учун $K=0,2$ эканлигини топамиз [49].

Деворнинг ҳисобланган номинал қалинлигини аниқлаймиз:

$$S' = K \cdot b \cdot \sqrt{\frac{P}{\sigma_{\text{ид}}}} = 0,2 \cdot 0,35 \cdot \sqrt{\frac{0,34}{266,7}} = 0,003 = 3 \text{ мм}$$

Кўшимчаларни инobatга олганда девор қалинлиги қуйидаги формуладан топилади:

$$S = S' + C = 3 + 2 = 5 \text{ мм}$$

бу ерда C -кўшимча ва ушбу формуладан ҳисобланади:

$$C = C_k + C_z + C_d + C_{\text{окр}}$$

бу ерда C_k -коррозияга кўшимча; C_z -эрозияга кўшимча; C_d -технологик кўшимча; $C_{\text{окр}}$ -яхлитлашга кўшимча.

Днишче девори қалинлигини ҳисоблаш. Қурилма тўғри тўртбурчак кутисимон шаклли, ҳамда кириш ва чиқиш штуцерлари тепада жойлашишини инobatга олиб текис, ясси тўртбурчак днишче танлаймиз. Унинг қалинлиги ушбу формуладан топилади:

$$\frac{l}{b} = \frac{700}{350} = 2$$

Элементлар қаттиқ маҳкамланган бўлгани учун $K=0,5$ деб қабул қиламиз.

$$S' = K \cdot b \cdot \sqrt{\frac{P}{\sigma_{\text{ид}}}} = 0,5 \cdot 0,35 \cdot \sqrt{\frac{0,34}{266,7}} = 0,007 = 7 \text{ мм}$$

$$S = S' + C = 7 + 3 = 10 \text{ мм}$$

Конструкция материал учун рухсат этилган номинал кучланиш:

$$\sigma_s = \frac{\sigma_s^*}{n_s} = \frac{700}{2,6} = 269,23 \text{ МН/м}^2$$

Фланцели бирикма ва днишчелар ҳисоби. Тўртбурчак шаклдаги блоklar орасига фторопластан ясалган қистирма қўйилади.

$$P_n' = L_{nc} \cdot b_s \cdot k \cdot p$$

бу ерда b_s -кистирманинг эффектив эни (27-жадвал) [21], $b > 15$ м учун $b_s = 1,2\sqrt{b} = 0,24$ м; $k=2,5$ – фторопласт учун.

$$P_n' = L_{nc} \cdot b_s \cdot k \cdot p = 1,9 \cdot 0,24 \cdot 2,5 \cdot 0,34 = 0,388 \text{ МПа}$$

Муҳитдан босими ҳосил бўлган куч:

$$P_c' = 1,5L_n \cdot b_n \cdot p = 1,5 \cdot 0,66 \cdot 0,31 \cdot 0,34 = 0,104 \text{ МПа}$$

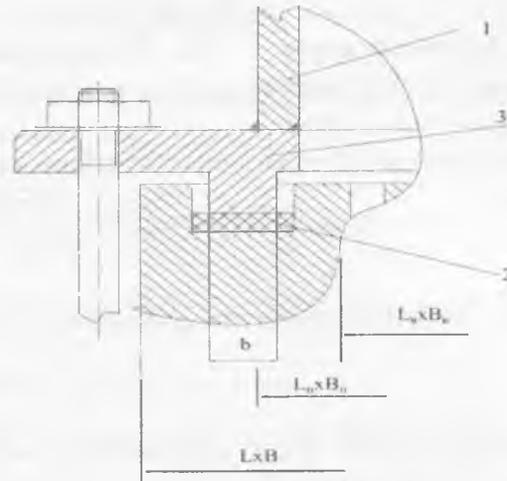
Ишчи шароитда болтларда хосил бўладиган чўзувчи кучланиш ушбу формуладан аникланади:

$$P'_6 = P'_n + P'_c = 0,388 + 0,104 = 0,492 \text{ МПа}$$

$$L \times B = 0,7 \times 0,35 \text{ м}^2$$

$$L_n \times B_n = 0,66 \times 0,31 \text{ м}^2$$

$$L_6 \times B_6 = 0,61 \times 0,26 \text{ м}^2$$



2.62-расм. Днишчени графитли блокга маҳкамлаш.
1-копкок; 2-кистирма; 3-блок камера.

Болтлар углеродли пўлат Ст.5 тайёрланган. $n_m=2,25$ да болтлар чўзишда рухсат этилган кучланиш:

$$\sigma_d = \frac{\sigma_m^{20}}{n_T} = \frac{280}{2,25} = 124 \text{ МН/м}^2$$

Четлашишни аниқлаймиз:

$$\frac{P'_6}{\sigma_d} = \frac{0,492}{124} = 0,004$$

Катталиқ қийматини аниқлаймиз:

$$0,01 \cdot (L_n + B_n) + 15 \cdot 10^{-4} = 0,01 \cdot (0,65 + 0,31) + 0,0015 = 0,01$$

$0,004 < 0,01$ бўлгани учун $d_6=24$ мм қолади. 21.1-жадвалдан М24х3 ($d_1=20$ мм, $F_6=3,17 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$) болтни танлаймиз. Ушбу болт учун $K=1$ (21.6-жадвал) [21].

Болтлар сони ҳисоблаш. Болтлар четки ўқлари орасидаги масофанинг ҳисоби.

$$L'_6 = L_n + 2d_6 + 0,015 = 0,7 + 2 \cdot 0,024 + 0,015 = 0,703 \text{ м}$$

Болтлар орасидаги максимал кадам $5d_6$ дан келиб чиққан ҳолда болтлар сонини ҳисоблаймиз:

$$z = \frac{2(L'_6 + B'_6)}{5d_6} = \frac{2 \cdot (0,763 + 0,413)}{5 \cdot 0,024} = 19,6 \approx 20 \text{ дона}$$

2.29. Қозон-утилизатор ҳисоби.

Бошланғич маълумотлар:

- ёқилғи
- мазутнинг сарфи
- бошланғич температураси
- охириги температураси
- ўтхонадан чиқишдаги босими
- мазут;
- $G=50$ т/соат;
- $t_1=280^\circ\text{C}$;
- $t_2=450^\circ\text{C}$;
- $P_1=0,015$ МПа.

Ўтхонада бугни ўта киздириш қурилмаси ўрнатилган.

- киздирилаётган буг миқдори - $Z=2$ т/соат;
- чиқишдаги температураси - $t_4=500^\circ\text{C}$;
- босими - $P_2=0,6$ МПа.

Ечиш:

Ёниш жараёнини ҳисоблаш. Ёқилғи ва хом-ашё сифатида қуйидаги таркибли кам олтингургуртли мазутни оламиз:

$$C=84,6\%; \quad H=11\%; \quad O=N=0,3\%; \quad A=0,41\%; \quad W=3,0\%$$

бу ерда W —ёқилғи таркибидаги намлик.

Ёқилғи ёнишининг энг кичик иссиқлик миқдори ушбу формуладан топилади [6, 58]:

$$\begin{aligned} Q_p^H &= 339 \cdot C + 1030 \cdot H + 109 \cdot (S - O) - 25 \cdot W = \\ &= 339 \cdot 84,6 + 1030 \cdot 11,7 + 109 \cdot (0,3 - 0,3) - 25 \cdot 3,0 = 40655,4 \text{ кЖ/кг} \end{aligned}$$

1 кг ёқилғини ёқиш учун талаб этиладиган назарий ҳаво миқдори қуйидаги формуладан аниқланади:

$$\begin{aligned} L_0 &= 0,115 \cdot C + 0,345 \cdot H + 0,043 \cdot (S - O) = \\ &= 0,115 \cdot 84,6 + 0,345 \cdot 11,7 + 0,04 \cdot (0,3 - 0,3) = 13,7655 \text{ кг/кг} \end{aligned}$$

Нормал шароит (0°C ва 760 мм сим.уст.) да талаб этиладиган ҳаво миқдори:

$$\begin{aligned} V_0 &= 0,089 \cdot C + 0,26 \cdot H + 0,033 \cdot (S - O) = \\ &= 0,089 \cdot 84,6 + 0,267 \cdot 11,7 + 0,033 \cdot (0,3 - 0,3) = 10,6533 \text{ м}^3 / \text{кг} \end{aligned}$$

Ёқилғи тўлиқ ёнишини таъминлаш учун ортикча ҳаво узатилади. Суюқ ёқилғи учун ҳавонинг ортикчалик коэффиценти $a = 1,2 \dots 1,4$ ушбу ораликдан танланади. $a = 1,25$ деб қабул қиламиз ва қуйидаги формуладан ҳавонинг ҳақиқий сарфини ҳисоблаймиз:

$$L = a \cdot L_0 = 1,25 \cdot 13,7655 = 17,2069 \text{ кг/кг}$$

$$V = a \cdot V_0 = 1,25 \cdot 10,6533 = 13,3166 \text{ м}^3 / \text{кг}$$

1 кг суюқ ёқилғи ёнишида ҳосил бўладиган ёниш маҳсулотлари ушбу тенгламадан топилади:

$$G_{nc} = 1 + a \cdot L_0 + W_\phi = 1 + 17,2069 + 0,5 = 18,7069 \text{ кг/кг} = 18,71 \text{ кг/кг} \quad (2.118)$$

бу ерда $W_\phi = 0,3 \dots 0,6$ кг/кг — ёқилғини пуркаш учун узатилаётган пуркагич бугининг сарфи, кг/кг; қабул қиламиз $W_\phi = 0,5$ кг/кг.

1 кг ёкилги ҳисобида тўлик ёнишда ҳосил бўлган маҳсулотлар таркиби:

$$m_{CO_2} = 0,03667 \cdot C = 0,03667 \cdot 84,6 = 3,1029 \text{ кг / кг};$$

$$m_{H_2O} = 0,09 \cdot H + 0,01 \cdot W + W_{\phi} = 0,09 \cdot 11,7 + 0,01 \cdot 3 + 0,05 = 1,583 \text{ кг / кг}$$

$$m_{N_2} = 0,768 \cdot L_0 \cdot a + N = 0,768 \cdot 17,2069 + 0,01 \cdot 0,3 = 13,2179 \text{ кг / кг}$$

$$m_{O_2} = L_0 \cdot (a - 1) \cdot 0,232 = 13,7655 \cdot (1,25 - 1) \cdot 0,232 = 0,7984 \text{ кг / кг}$$

$$m_{SO_2} = 0,02 \cdot S = 0,02 \cdot 0,3 = 0,006 \text{ кг / кг}$$

Ёниш маҳсулотларининг умумий миқдори:

$$\begin{aligned} G_{nc} &= m_{CO_2} + m_{H_2O} + m_{N_2} + m_{O_2} + m_{SO_2} = \\ &= 3,1023 + 1,583 + 13,2179 + 0,7984 + 0,006 = 18,7076 = 18,71 \text{ кг / кг}. \end{aligned} \quad (2.119)$$

(2.118) ва (2.119) формулар ёрдамида ҳисобланган натижалар бир-бирига мос келади, яъни $18,71 = 18,71$ кг/кг.

$$V_{CO_2} = \frac{m_{CO_2} \cdot 22,4}{M_{CO_2}} = \frac{3,1023 \cdot 22,4}{44,011} = 1,5790 \text{ м}^3 / \text{кг}$$

$$V_{H_2O} = \frac{m_{H_2O} \cdot 22,4}{M_{H_2O}} = \frac{1,583 \cdot 22,4}{18,014} = 1,9684 \text{ м}^3 / \text{кг}$$

$$V_{SO_2} = \frac{m_{SO_2} \cdot 22,4}{M_{SO_2}} = \frac{0,006 \cdot 22,4}{64,066} = 0,0021 \text{ м}^3 / \text{кг}$$

$$V_{O_2} = \frac{m_{O_2} \cdot 22,4}{M_{O_2}} = \frac{0,7984 \cdot 22,4}{31,997} = 0,5589 \text{ м}^3 / \text{кг}$$

$$V_{N_2} = \frac{m_{N_2} \cdot 22,4}{M_{N_2}} = \frac{13,2179 \cdot 22,4}{28,013} = 10,5694 \text{ м}^3 / \text{кг}$$

Ёниш маҳсулотларининг умумий ҳажми:

$$\begin{aligned} V_{nc} &= V_{CO_2} + V_{H_2O} + V_{SO_2} + V_{O_2} + V_{N_2} = \\ &= 1,5790 + 1,9684 + 0,0021 + 0,5589 + 10,5694 = 14,6768 \text{ м}^3 / \text{кг}; \end{aligned}$$

Ёниш маҳсулотларининг нормал шароит (0°C ва 760 мм сим.уст.) даги зичлиги:

$$\rho_0 = \frac{G_{nc}}{V_{nc}} = \frac{18,73}{14,6768} = 1,28 \text{ кг / м}^3$$

Бугни ўта киздиришни инobatга олган ҳолда ўтхонанинг фойдали иссиқлик юкламаси:

$$Q_{пол} = G_c \cdot [e \cdot i_{тох}^n + (1-e) \cdot i_{тох}^{жс} - i_{тох}^{жс}] + Z \cdot (i_{тох}^n - i_{тох}^n)$$

бу ерда G_c – ўтхонанинг хом-ашё бўйича унумдорлиги, кг/ч; e – ўтхонадан чиқишда хом-ашёнинг улуши; $i_{тох}^n$, $i_{тох}^{жс}$, $i_{тох}^{жс}$ – тегишли равишда буг, ўтхонадан чиқишда суюклик ва ўтхонага киришда суюклик (хом-ашё) энтальпиялари, кЖ/кг; $i_{тох}^n$, $i_{тох}^{жс}$ – тегишли равишда ўта қизиган бугнинг ўтхонага киришда ва чиқишдаги энтальпиялари, кЖ/кг.

$i_{тох}^{жс}$, $i_{тох}^{жс}$ ларни аниқлаш учун суюклик ва газ фракцияларнинг нисбий зичликлар қийматларини топиш керак.

Мазутнинг нисбий зичлиги нефтнинг таркибига боғлиқ ва бундай маълумотлар бўлмаса фракциянинг қа йнаш температураси ёки молекуляр массаси орқали тахминий қиймати ҳисобланиши мумкин.

Мазут молекуляр массаси $M=250...420$ кг/кмоль. $M=380$ кг/кмоль деб қабул қиламиз ва мазутнинг нисбий зичлигини топамиз:

$$d_H^{20} = \frac{0,590 \cdot M - 6,479}{0,693 \cdot M + 7,581} = \frac{0,590 \cdot 380 - 6,479}{0,693 \cdot 380 + 7,581} = 0,81$$

$d_H^{20} = 0,81$ да нефт суюкликларининг энтальпиялари:

$$\begin{aligned} T_1 = 280 + 273 = 553 \text{ К да} & \quad i_{то1}^{жс} = 672,804 \text{ кЖ/кг} \\ T_2 = 450 + 273 = 723 \text{ К да} & \quad i_{то2}^{жс} = 1225,896 \text{ кЖ/кг} \end{aligned}$$

Тўйинган ва ўта қизиган бугларнинг $P_2=0,6$ МПа босимдаги энтальпияларини махсус адабиётдаги жадваллардан оламиз (И20-жадвал):

$$\begin{aligned} i_{i_4}^{жс} &= 3483 \text{ кЖ/кг}, \\ i_{i_4}^{жс} &= 1757 \text{ кЖ/кг}, \\ i_{i_4}^n &= 1392,22 \text{ кЖ/кг} \end{aligned}$$

Унда, ўтхонанинг фойдали иссиқлик юктамаси:

$$\begin{aligned} Q_{фои} &= 50000 \cdot [0,35 \cdot 1392,22 + (1 - 0,35) \cdot 1225,896 - 672,804] + \\ &+ 2000 \cdot [3483 - 1757] = 34017270 \text{ кЖ/соат} \end{aligned}$$

Ёниш маҳсулотларининг энтальпияларини қуйидагича аниқлаймиз:

$$\begin{aligned} I_t &= (m_{CO_2} \cdot C_{p_{CO_2}} + m_{H_2O} \cdot C_{p_{H_2O}} + m_{N_2} \cdot C_{p_{N_2}} + m_{O_2} \cdot C_{p_{O_2}} + m_{SO_2} \cdot C_{p_{SO_2}}) \cdot t = \\ &= (1,1023 \cdot 1,0003 + 1,583 \cdot 1,9628 + 13,2449 \cdot 1,0614 + 0,7984 \cdot 0,9722 + \\ &+ 0,006 \cdot 0,716) \cdot 430 = 9051,06 \text{ кЖ/кг хом-ашё} \end{aligned}$$

бу ерда $C_{p_{CO_2}}^{0-430^\circ C} = 1,0003 \text{ кЖ/(кг} \cdot \text{К)}$; $C_{p_{H_2O}}^{0-430^\circ C} = 1,9628 \text{ кЖ/(кг} \cdot \text{К)}$; $C_{p_{N_2}}^{0-430^\circ C} = 1,0614 \text{ кЖ/(кг} \cdot \text{К)}$;

$C_{p_{O_2}}^{0-430^\circ C} = 0,9722 \text{ кЖ/(кг} \cdot \text{К)}$; $C_{p_{SO_2}}^{0-430^\circ C} = 0,716 \text{ кЖ/(кг} \cdot \text{К)}$;

Ўтхонадан чиқиб кетаётган тутун газларининг температураси:

$$t_{тс} = t_{холодн} + 150^\circ C = 280 + 150 = 430^\circ C; \quad (t_{тс} = t_{холодн} + 100 - 150^\circ C)$$

Ўтхонадан чиқиб кетаётган тутун газлари билан иссиқликнинг йўқотилиши:

$$Q_{m^*} = \frac{I_1}{Q_p^H} = \frac{9051,06}{40655,4} = 0,223$$

Иссиқликнинг йўқотилиши $q_{yuk} = 0,08$ деб қабул қиламиз. Унда ўтхонанинг фойдали иш коэффициентини:

$$\eta = 1 - 0,223 - 0,08 = 0,717$$

Ёқилғининг бир соатдаги сарфи:

$$B = \frac{Q_{foii}}{Q_p^H \cdot \eta_p} = \frac{34017270}{40655,4 \cdot 0,717} = 1166,98 \text{ кг / соат}$$

Ўтхонанинг эксплуатация шароитидан келиб чиққан ҳолда ўтхонадан чиқишдаги тутун газларининг температурасини $t_{mz} = 800^\circ\text{C} = 1073 \text{ K}$ деб қабул қиламиз.

Ушбу температурада ёниш маҳсулотларининг ўртача иссиқлик сизимини ҳисоблаймиз:

$$C_{pm} = \frac{m_{CO_2} \cdot C_{PCO_2} + m_{H_2O} \cdot C_{PH_2O} + m_{SO_2} \cdot C_{PSO_2} + m_{N_2} \cdot C_{PN_2} + m_{O_2} \cdot C_{PO_2}}{G_{nc}} =$$

$$= \frac{3,1023 \cdot 1,0852 + 1,523 \cdot 2,0754 + 13,2449 \cdot 1,0974 + 0,7984 \cdot 1,0157 + 0,066 \cdot 0,712}{18,71} =$$

$$= 1,175 \text{ кЖ / (кг} \cdot \text{K)}$$

бу ерда газ компонентларининг иссиқлик сизимлари 2.63-расмдан олинади.

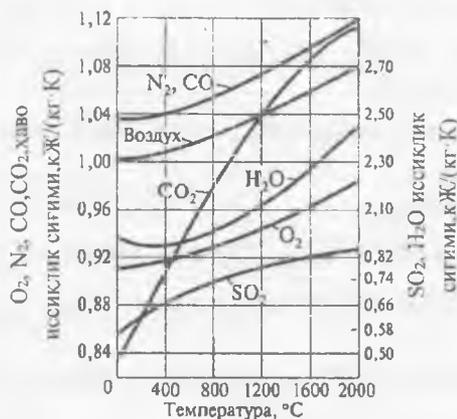
Сўнг, ёниш температурасининг максимал қийматини аниқлаймиз:

$$T_{max} = T_0 + \frac{Q_p^H \cdot \eta_m}{G_{nc} \cdot C_{pm}} = (273 + 20) + \frac{40655,4 \cdot 0,95}{1,175 \cdot 18,71} = 2049,0 \text{ K};$$

Радиант трубалардаги мазутга таркалаётган иссиқлик миқдори:

$$Q_p = (Q_p^H - I_m) = 1098,36 \cdot (40655,4 \cdot 0,95 - 17606,2) = 23083606,0 \text{ кЖ / соат}$$

бу ерда $I_m = C_{pm} \cdot G_{nc} \cdot t_{mz} = 1,175 \cdot 18,71 \cdot 800 = 17606,2 \text{ кЖ / кг}$; $\eta_t = 0,95$ – ўтхона ф.и.к.



2.63-расм. Газларнинг ўртача иссиқлик сизимларининг температурага боғлиқлиги.

Конвекция камерасида мазутга узатилаётган иссиқлик миқдори:

$$Q_k = Q_c - Q_p = 3056520 - 23083608 = 7481664 \text{ кЖ/соат}$$

бу ерда $Q_c = G_c [ei_{m4}^n + (1-e) \cdot i_{m2}^{жк} - i_{m1}^{жк}] = 30565270 \text{ кЖ/соат}$

Конвекция камерасидан чиқаётган мазутнинг энтальпиясига:

$$i_{тк}^{жк} = i_{т1}^{жк} + \frac{Q_k}{G_c} = 672,804 + \frac{7481664}{50000} = 822,44 \text{ кЖ/кг}$$

мос келадиган, конвекция камерасидан чиқиб кетаётган температураси, $t_k = 330^\circ\text{C} = 603\text{K}$.

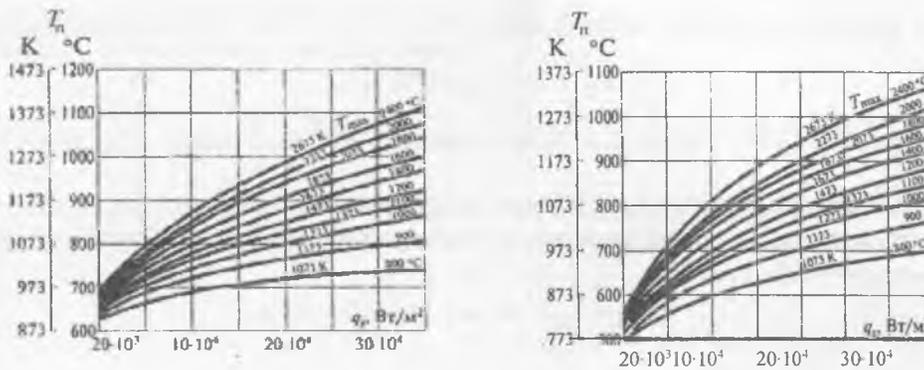
Трубалар ташқи юзасининг температураси:

$$T_\delta = \frac{603 + 723}{2} + 30 = 663 + 30 = 693\text{K} = 420^\circ\text{C}$$

Абсолютқора жисм юзасининг иссиқлик кучланиши q_s ни T_n , T_{max} ва $T_\delta(t_{max}, t_{mz}, t_\delta)$ ларга таянган ҳолда 2.64-расмдан танлаймиз.

$T_{max} = 2049\text{K}$ учун $q_s = 148,0 \cdot 10^3 \text{ Вт/м}^2$; $t_{max} = 1775^\circ\text{C}$; $t_{mz} = 800^\circ\text{C}$ ва $t_\delta = 400^\circ\text{C}$;

$t_{max} = 1778^\circ\text{C}$ учун $q_s = 91,0 \cdot 10^3 \text{ Вт/м}^2$; $t_{mz} = 800^\circ\text{C}$ ва $t_\delta = 600^\circ\text{C}$;



2.64-расм. q_s параметрни аниқлаш графикаи.

а - $T_\delta = 200^\circ\text{C}$; б - $T_\delta = 400^\circ\text{C}$; в - $T_\delta = 600^\circ\text{C}$.

Интерполяция усулидан фойдаланиб, температура $t_\delta = 420^\circ\text{C}$ учун $q_s = 142,2 \cdot 10^3 \text{ Вт/м}^2 = 142,3 \cdot 10^3 \text{ Ж/(с} \cdot \text{м}^2) = 142,3 \text{ кЖ/(с} \cdot \text{м}^2) = 512280 \text{ кЖ/(м}^2 \cdot \text{соат)}$.

Абсолют қора жисм юзасига эквивалент юза қуйидаги формуладан топилади:

$$H_s = \frac{Q_{ю.м}}{q_s} = \frac{B \cdot Q_p^H \cdot \eta_m}{q_s} = \frac{1166,98 \cdot 40655,4 \cdot 0,95}{512280} = 88,0 \text{ м}^2$$

Иссиқликка бардош ғиштли деворининг экранланиш даражасиф ни белгилаб оламиз. Замонавий ўтхоналар учун $\varphi = 0,3 \dots 0,8$, кўпинча эса $0,35 \dots 0,5$ оралигида бўлади. Бизнинг мисол учун $\varphi = 0,45$ деб қабул қиламиз.

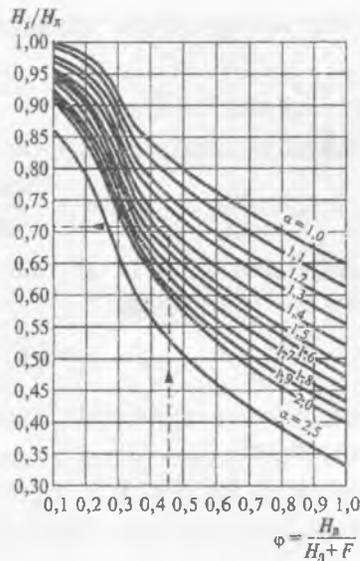
Юзанинг нур ютиш самарадорлиги H_n ушбу тенгликдан топилади:

$$H_n = \frac{H_s}{\varphi}$$

бу ерда H_n/H_s нисбатининг φ га боғлиқлиги 2.65-расмда тасвирланган ва зарур қийматлари: $\varphi = 0,45$ учун $\alpha = 1,25$ бўлганда $\alpha = 1,25 \cdot (H_n/H_s) \approx 0,75$.

Унда:

$$H_s = \frac{88,0}{0,75} = 117 \text{ м}^2$$



2.65-расм. H_s/H_n параметрни аниқлаш графикаи.

Трубаларни ўрнини босадиган, экранлаштирилган ясси юзанинг қийматини аниқлаймиз:

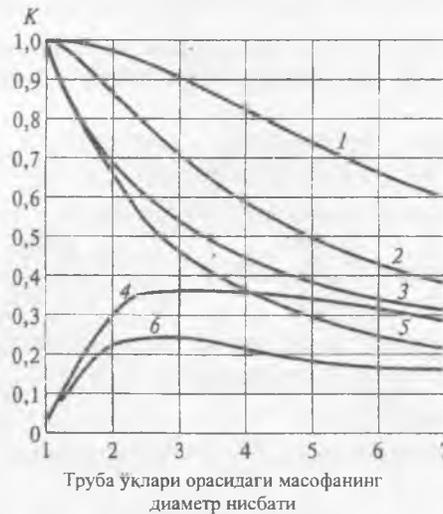
$$H = \frac{H_n}{K} = \frac{117}{0,87} = 134 \text{ м}^2$$

бу ерда $K=0,87$ шакл омили бўлиб, бир қаторли экран ва трубалар орасидаги масофа $2d$ га тенг бўлса, 2.66-расмдан танланади.

Радиант трубалар узунлигини $l_{тр} = 9$ м деб қабул қиламиз.

Бевосита тутун газлари билан ювилиб турувчи трубаларнинг фойдали узунлиги $l_{фой}$ куйидаги тенгламадан топилади:

$$l_{пол} = l_{тр} - 0,5 \text{ м} = 9 - 0,5 = 8,5 \text{ м}.$$



2.66-расм. Шакл омили K ни аниқлаш учун Хоттель графикаи.

- 1-икки қатор трубага узатилаётган умумий иссиқлик миқдори;
- 2-биринчи қатор трубага узатилаётган умумий иссиқлик миқдори;
- 3-биринчи қаторга узатилаётган, тўғри ва қайтарилган, умумий иссиқлик миқдори;
- 4-иккинчи қаторга узатилаётган, тўғри ва қайтарилган, умумий иссиқлик миқдори;
- 5-биринчи қатор трубаларга узатилаётган, тўғридан-тўғри радиация;
- 6-иккинчи қатор трубаларга узатилаётган, тўғридан-тўғри радиация;

Конвекция камерасини инобатга олмаганда, гиштли деворларнинг умумий юзаси:

$$\Sigma F = F_o + F_o = 2 \cdot (2 \cdot 8,5 + 3,3 \cdot 8,5 + 3,7 \cdot 8,5 + 4,5 \cdot 8,5 + 3,7 \cdot 3,1 \cdot 2) + 1,3 \cdot 8,5 = 286 \text{ м}^2$$

Ўтхонанинг ҳақиқий ўлчамларидан келиб чиққан ҳолда трубалар юзасига эквивалент ясси деворнинг юзаси ушбу тенгламадан топилади:

$$H = (l_n + l_{iu}) l_{нол} \cdot 2 = (3,344 + 4,256) \cdot 8,5 \cdot 2 = 129,2 \text{ м}^2$$

Шакл коэффициентини ҳисобга олган ҳолда нур ютиш самарали юзаси:

$$H_p = H \cdot K = 129,2 \cdot 0,8 = 112,4 \text{ м}^2$$

Гишт деворнинг экранлаштириш даражаси:

$$\varphi = \frac{H_p}{\Sigma F} = \frac{112,4}{2086} = 0,4$$

Ҳисоблаб топилган φ қиймати қабул қилинган $\varphi=0,45$ дан кўп фарқланмайди. Шу сабабли, олинган натижа қониқарли ва қайтадан ҳисобланмайди.

Тутун газларидан эркин конвекция жараёнида иссиқлик бериш коэффициенти ушбу формуладан аниқланади:

$$\alpha_k = 2,1 \cdot \sqrt[4]{t_{mc} - t_o} = 2,1 \cdot \sqrt[4]{800 - 420} = 9,27 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Ўчоқхонадаги иссиқлик ўтказишга температура тузатиш ушбу тенгламадан топилади:

$$\begin{aligned} \Delta T &= \frac{\alpha_k + H_p \cdot (T_{\max} - T) - C_s \cdot H_s \cdot H_o^4 \cdot 10^{-8}}{B \cdot G_{nc} \cdot C_{pm} + \alpha_k \cdot H_p} = \\ &= \frac{9,27 \cdot 202,84 \cdot (2048 - 693) - 5,67 \cdot 82,81 \cdot 693^4 \cdot 10^{-8}}{\frac{1166,98}{3,6} \cdot 18,73 \cdot 1,175 + 9,27 \cdot 202,84} = 162,4 \text{ К} \end{aligned}$$

бу ерда $C_s = 5,67 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$ —абсолют қора жисм нурланиш константаси.

Нурланиш кўрсаткичи:

$$\begin{aligned} X &= \frac{10 H_s \cdot C_s}{B \cdot G_{nc} \cdot C_{pm} + \alpha_k \cdot H_p} \cdot \left[\frac{T_{\max} - \Delta T}{1000} \right]^3 = \\ &= \frac{10 \cdot 88 \cdot 5,67}{\frac{116,98}{3,6} \cdot 18,71 \cdot 1,17555 + 9,27 \cdot 202,84} \cdot \left[\frac{2049 - 162,4}{1000} \right]^3 = 4,02 \end{aligned}$$

2.68-расмдаги графикдан $x=4,02$ га мос нурланиш характеристикаси қийматини топамиз:

$$\beta_s(T_{\max} - \Delta T) = 0,57 \cdot (2049 - 162,4) = 1075,3 \text{ К}$$

ва $t_{mc} = 802^\circ\text{C}$, бу эса ҳисоблашларда қабул қилинган қиймат $t_{mc} = 800^\circ\text{C}$ га жуда яқин. Шу сабабли, қайтадан ҳисоблаш бажарилмайди.

Тўғридан-тўғри бериш коэффициенти ушбу формуладан топилади:

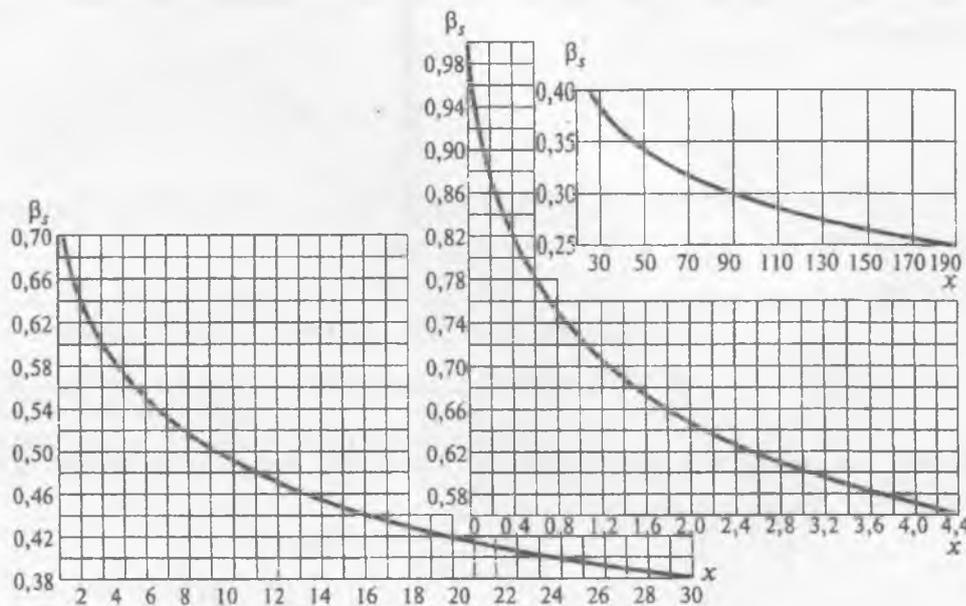
$$\mu = \frac{T_{\max} - T_{\Pi}}{T_{\max} - T_0} = \frac{2049 - 1075}{2049 - 293} \approx 0,55.$$

Радиант трубалар қабул қилаётган иссиқлик миқдорини аниқлаштирамиз:

$$Q_p = B \cdot Q_p'' \cdot \eta_m \cdot \mu = 1166,98 \cdot 40655,4 \cdot 0,95 \cdot 0,55 = 2489510 \text{ кЖ/соат}$$

Радиант трубалар иссиқлик кучланиши:

$$q_p = \frac{Q_p}{H_p} = \frac{2489510}{202,84} = 122212 \text{ кВт/м}^2$$



2.68-расм. Нурланиш характеристикаси β нинг нурланиш кўрсаткичига боғлиқлиги.

Олинган q_p нефтни 425°C температурагача иситишдаги кийматларга яқин бўлгани учун ҳисоблаш натижасида олинган маълумотлар қониқарли.

Конвекция камерасининг ҳисоби радиант камерани ҳисоблаш натижасида топилган иссиқлик юқламаси $Q_k = 7481664 \text{ кЖ/соат}$ асосида ўтказилади. Бунда, конвекция трубасидан чиқишда хом-ашёнинг температураси $t_k = 330^\circ\text{C}$.

Иссиқлик йўқотилишларни инobatга олган ҳолда буғни ўта қиздириш қурилмасидан чиқишдаги тутун газларининг температурасини топиш учун, даставвал ушбу газларнинг энтальпиясини аниқлаймиз:

$$i_{mn}^{m'} = i_{nn}^{m'} - q_{\text{уйк}} - \frac{Q_{nn}}{B},$$

бу ерда $q_{\text{уйк}} = Q_p'' \cdot \delta_{\text{уйк}}^{nn}$; $\delta_{\text{уйк}}^{nn}$ - буғни ўта қиздириш қурилмасида иссиқлик йўқотилишлар, одатда, $q_{\text{уйк}}$ нинг 2-3% ни ташкил этади. Қабул қиламиз $\delta_{\text{уйк}}^{nn} = 2,5\%$.

Унда

$$q_{\text{уйк}} = 40655,4 \cdot 0,025 = 1016,385 \text{ кЖ/кг}$$

Натижада
$$\delta_{\text{ушк}}^{nn} = 17606,2 - 1016,385 - \frac{1452000}{1166,98} = 15345,6 \text{ кЖ/кг}$$

бу ерда $Q_{nn} = Z(i_{m2}^{nn} - i_{m1}^{nn}) = 2000 \cdot (3483 - 2757) = 1452000 \text{ кЖ/соат}$

Аниқланган энтальпия қиймати бўйича температурани ҳисоблаймиз:

$$i_{nn}^{m2} = \frac{i_{nn}^{m2}}{G_{n.c} \cdot C_{p_m}^{nn}} = \frac{15345,6}{1,175 \cdot 18,73} = 697^\circ\text{C}$$

Биринчи яқинлашишда $C_{p_m}^{nn} = C_{p_m}^{ж}$.

Маълумки, иссиқлик сизим температурага боғлиқ, шунинг учун ушбу кўрсаткични аниқлаштирамиз:

$$C_{p_m}^{nn} \cdot G_{n.c} = m_i \cdot C_{p_i}^{nn}.$$

бу ерда $C_{p_{CO_2}}^{nn} = 1,0018 \text{ кЖ/(кг} \cdot \text{K)}$; $C_{p_{H_2O}}^{nn} = 2,0389 \text{ кЖ/(кг} \cdot \text{K)}$; $C_{p_{N_2}}^{nn} = 1,0860 \text{ кЖ/(кг} \cdot \text{K)}$;

$C_{p_{O_2}}^{nn} = 1,0039 \text{ кЖ/(кг} \cdot \text{K)}$; $C_{p_{SO_2}}^{nn} = 0,752 \text{ кЖ/(кг} \cdot \text{K)}$;

Бундан

$$C_{p_m}^{nn} \cdot G_{n.c} = 3,1023 \cdot 1,0018 + 1,583 \cdot 2,0389 + 13,2449 \cdot 1,0860 + 0,7984 \cdot 1,0039 + 0,006 \cdot 0,752 = 21,7116 \text{ кЖ/(кг} \cdot \text{K)}$$

Бўғни ўта қиздириш қурилмасидан чиқаётган тутун газларининг аниқлаштирилган температураси:

$$i_{nn}^{m2} = \frac{1534,6}{21,7116} = 706,8^\circ\text{C}$$

Конвекцион камерада элткичларнинг ҳаракат йўналиши карама-карши деб қабул қиламиз. Ушбу вариант учун ўртача температуралар фарқини ҳисоблаймиз:

$$\Delta t_{\text{max}} = t_{m2}^{m2} - t_k = 706,8 - 330 = 376,8^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{min}} = t_{m2} - t_{\text{холодн.}} = 430 - 280 = 150^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{ур}} = \frac{\Delta t_{\text{max}} - \Delta t_{\text{min}}}{\ln \frac{\Delta t_{\text{max}}}{\Delta t_{\text{min}}}} = \frac{376,8 - 150}{\ln \frac{376,8}{150}} = \frac{226,8}{\ln 2,51} = \frac{226,8}{0,924} \approx 245^\circ\text{C}$$

Конвекция камерасининг трубаларини $d=102 \times 6 \text{ мм}$; бир қатордаги трубалар сони $n=5$; трубалар ўқлари орасидаги қадам $S=1,7 \cdot d_n = 1,7 \cdot 102 = 173,4 \text{ мм}$, яхлитласак $S=174 \text{ мм}$.

Конвекция камерасининг параметрларини топамиз:

эни

$$a_k = S \cdot (n-1) + d_n + 0,05 = 0,174 \cdot (5-1) + 0,102 + 0,05 = 0,848 \text{ м}$$

эркин кўндаланг кесим юзаси

$$f = (a_k - n_k d_H) \cdot l_{нол} = (0,848 - 5 \cdot 0,102) \cdot 8,5 = 2,873 \text{ м}^2$$

Тутун газларининг параметрларини аниқлаймиз:

Секундли сарф

$$Q_{nc} = \frac{Q_{nc} \cdot B}{3600} = \frac{18,73 \cdot 1166,98}{3600} = 6,07 \text{ кг/с}$$

Массавий тезлик

$$U = \frac{G_{nc}}{f_k} = \frac{6,07}{2,873} = 2,11 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{с)}$$

Тутун газларининг ўртача температураси :

$$t_{yp,m} = \frac{t_{m'} - t_{m''}}{2,31g \frac{t_n}{t_{m'}}} = \frac{706,8 - 430}{\ln \frac{706,8}{430}} = \frac{276,8}{0,4985} = 555,3^\circ \text{C}$$

Тутун газларидан трубаларга иссиқлик бериш коэффициенти:

$$\alpha_k = 0,35 \cdot E \cdot \frac{U^{0,6}}{d_p^{0,4}} = 0,35 \cdot 22,2 \cdot \frac{2,11^{0,6}}{0,102^{0,4}} = 30,3 \text{ Вт/(м}^2 \text{К)}$$

бу ерда $t_{yp,m} = 555,3^\circ \text{C}$ учун $E=22,2$ (2.69-расм).

Нурланиш даврида иссиқлик бериш коэффициенти:

$$\alpha_n = 0,0256 \cdot t_{yp,m} - 2,33 = 0,0256 \cdot 555,3 - 2,33 = 11,9 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

Иссиқлик ўтказиш коэффициенти:

$$K = 1,1 \cdot (\alpha_k + \alpha_n) = 1,1 \cdot (30,3 + 11,9) = 46,5 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

Иситиш учун зарур конвекцион трубаларнинг юзаси:

$$H_k = \frac{Q_k}{K \cdot \Delta t_{yp}} = \frac{7481664}{46,5 \cdot 254 \cdot 3,6} = 182,4 \text{ м}^2$$

Энди, конвекция камерасида трубалар сонини ҳисоблаш мумкин:

$$n_k = \frac{H_k}{\pi \cdot d \cdot l_{фой}} = \frac{182,4}{3,14 \cdot 0,102 \cdot 8,5} = 67$$

$n=70$ труба қабул қиламиз.

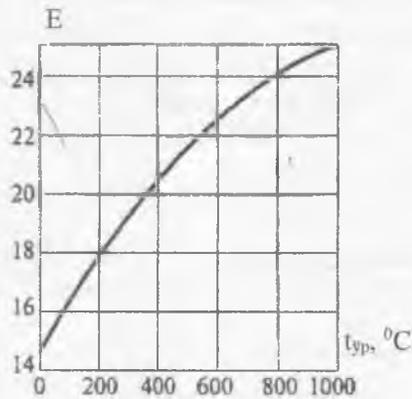
Конвекцион трубалар иссиқлик кучланишини ушбу формуладан аниқлаймиз:

$$q_k = \frac{Q_k}{H_k} = \frac{7481664}{182,4} = 41018 \text{ кЖ/(м}^2 \cdot \text{соат)} = 11,4 \text{ кВт/м}^2$$

ва ҳисоблаб топилган q_k тавсия этилган қиймагга яқинлигига ишонч ҳосил қиламиз.

Бугни ўта киздириш қурилмасининг ҳисоби

Қурилмага киришдаги тутун газларининг температураси 800°C , ундан чиқишдаги температураси эса $-706,8^{\circ}\text{C}$.



2.69-расм. Трубалар шахмат усулида жойлаштирилганда E коэффициентини аниқлаш графикаи.

Иссиқлик элткичларнинг ҳаракат йўналишини қарама-қарши деб қабул қиламиз. Унда

$$\Delta t_{\max} = 706,8 - 159 = 547,8^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{\min} = 800 - 500 = 300^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{ур}}^{\text{nn}} = \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{\ln \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}}} = \frac{547,8 - 300}{\ln \frac{547,8}{300}} = \frac{247,8}{0,603} = 411^{\circ}\text{C}$$

Ушбу қурилмани ҳисоблаш учун иссиқлик бериш коэффициентини α ни аниқлаш керак. Одатда, бу турдаги қурилмаларда иссиқлик бериш коэффициентини $\alpha = 15 \dots 20 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. $K_{\text{nn}} = 16 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ деб қабул қиламиз ва қурилманинг иссиқлик алмашилиш юзасини ҳисоблаймиз:

$$F_{\text{nn}} = \frac{Q_{\text{nn}}}{K_{\text{nn}} \cdot \Delta t_{\text{ур}}^{\text{nn}}} = \frac{1452000}{16 \cdot 3,6 \cdot 410} = 61,5 \text{ м}^2$$

Қурилмада диаметри $d = 76 \times 5 \text{ мм}$ ли трубаларни қўллаймиз. Унда, трубалар сони:

$$n_{\text{nn}} = \frac{F_{\text{nn}}}{\pi \cdot d_{\text{nn}} \cdot l_{\text{nn}}} = \frac{61,5}{3,14 \cdot 0,076 \cdot 8,5} = 30,3$$

$n_{\text{nn}} = 32$ труба қабул қиламиз.

3-боб. БУҒЛАТИШ АСОСЛАРИ ВА БУҒЛАТКИЧЛАР



3.1. Буглатишнинг назарий асослари

Қаттиқ, учувчан бўлмаган ёки учувчанлиги ёмон бўлган моддалар эритмаларини қайнатиш даврида эритувчисини ва ҳосил бўлган бугларни чиқариб юбориш жараёнига **буглатиш** дейилади.

Одатда, саноат миқёсида буглатиш жараёни эритмаларни қайнатиш йўли амалга оширилади.

Эритмаларни буглатишдан мақсад уларнинг концентрациясини орттириш бўлиб, яъни эритмаларни қуюқлаштиришдир. Агарда, қуюқлаштирилган эритмалардан яна эритувчи чиқарилса, қаттиқ моддалар кристаллана бошлайди ва кристаллар ажралиб чиқади.

Суюлтирилган эритмалар концентрациясини ошириш ёки улардан эриган моддаларни кристаллаш усулида ажратиб олиш учун буглатиш жараёни қўлланилади.

Кимё, нефт ва бошқа саноатларда буглатиш жараёнидан кенг қўламда фойдаланилади. Масалан, туз, ишкор каби моддаларнинг сувли эритмаларини, минерал ва органик кислоталар, кўп атомли спиртлар ишлаб чиқариш технологияларида бу жараёнсиз технологияни тасаввур қилиб бўлмайди. Шу билан бирга, ушбу жараённи тоза эритувчи ишлаб чиқариш учун ҳам қўллана бўлади.

Шуни алоҳида қайд этиш керакки, агар **бугланиш** жараёни қайнаш температурасидан паст, исталган температурада эритма юзасида содир бўлса, **буглатиш** эса - қайнаш температурасидан юқори температурада, эритманинг бутун ҳажмида юз беради.

Ушбу жараёнлар буглатиш қурилмаси деб номланадиган қурилмаларда амалга оширилади. Маълумки, узлуксиз ва узлукли буглатиш жараёнларини ташкил этиш мумкин. Узлукли ишлайдиган қурилмалар, одатда кам миқдорда маҳсулот ишлаб чиқарадиган технологияларда қўлланилади.

Йирик саноат корхоналарида узлуксиз ишлайдиган буглатиш қурилмаларидан фойдаланилади ва уларнинг иссиқлик алмашилиш юзалари 600...1000 м² бўлади. Бундай қурилмаларнинг тежамлилигини аниқловчи асосий омил бўлиб, ундаги буг ва сув сарфи ҳисобланади.

Буглатиш вакуум, атмосфера ва юқори босим остида олиб борилиши мумкин [55,56].

Вакуум остида буглатиш пайтида иккиламчи бугни махсус конденсаторда конденсациялаш йўли билан қурилмада вакуум ҳосил қилинади ва насос ёрдамида конденсацияланмаган газлар сўриб олинади. Бу усулда жараён олиб борилса, эритманинг қайнаш температурасини пасайтиришга эришса бўлади. Натижада юқори температурага ўта таъсирчан маҳсулотлар сифатини сақлаб қолиш имконияти туғилади. Ундан ташқари, вакуумни жараёнда қўллаш, ҳаракатга келтирувчи куч миқдорини оширади ва буглатиш қурилмасининг иссиқлик алмашилиш юзасини, ҳамда металл сарфини камайтириш имконини беради.

Вакуум остида буглатишнинг яна бир афзаллиги шундаки, паст температура ва босимли иссиқлик элткичлардан фойдаланиш мумкин. Бу усулда буглатилганда, ҳосил бўлган иккиламчи бугни, кейинги корпусда бирламчи буг сифатида қўллаш мумкин.

Албатта, бу усулнинг камчиликлари ҳам бор: жараёнда вакуумни қўллаш унинг нархини оширади; буглатгичдан ташқари бир нечта қўшимча қурилма ва мосламалар ишлатиш керак.

Атмосфера босимида буглатиш жараёнида ҳосил бўлган иккиламчи буг атроф муҳитга чиқариб юборилади. Бундай усул энг содда деб ҳисобланса ҳам, лекин у иқтисодий жиҳатдан энг тежамсиздир.

Юқори босим остида буглатиш жараёнида ҳосил бўлган иккиламчи буг қайтадан буглатиш жараёнида, ҳамда бошқа мақсадлар учун ҳам ишлатиш мумкин. Бу усулда жараён

юқори босимда олиб борилгани учун, эритмаларнинг қайнаш температураси анча кўтарилади.

Бошқа мақсадлар учун ишлатиладиган иккиламчи буг - *экстра буг* деб номланади. Юқори босим остида буглатиш жараёнида ажралиб чиққан иккиламчи бугни қайтадан қўллаш, вакуум остида буглатишга нисбатан иссиқликдан тўла миқдорда фойдаланиш имконини беради. Шунинг учун, ушбу усул фақат иссиқликка бардош эритмаларни буглатиш учун қўлланилади. Ундан ташқари, юқори босим остида буглатиш жараёни учун юқори температурали иссиқлик элткичларни ишлатиш керак. Бу ҳол албатта унинг энг асосий камчилигидир.

Атмосфера босими, айрим ҳолларда вакуум остида жараён олиб борилганда, бир корпусли буглаткичлардан фойдаланилади. Лекин, саноат миқёсида кўпинча бир неча қурилмадан йиғилган кўп корпусли буглатиш қурилмаларида жараённи олиб бориш кенг тарқалган. Бундай қурилмаларда фақат биринчи корпусда бирламчи буг ишлатилади. Иккинчи, учинчи ва кейинги корпусларда эса, олдинги корпусда ажралиб чиққан иккиламчи буг қўлланилса, элткич тежалишига сабаб бўлади ва буг сарфининг камайишига олиб келади.

Бир корпусли буглатиш қурилмаларида ҳам, бирламчи буг сарфини камайтириш мумкин. Бунинг учун, қурилмадан чиқаётган иккиламчи буг иссиқлик насоси ёрдамида бирламчи буг температурасига тўғри келадиган босимгача сиқилади ва қайтадан эритмани буглатиш учун қурилмага йўналтирилади.

Буглатиш жараёнида эритмаларнинг концентрацияси ортади ва натижада унинг физик ва иссиқлик хоссалари ўзгаради.

Буглатиш қурилмаларини ҳисоблаш, лойиҳалаш ва эксплуатация қилиш учун муҳим бўлган эритмаларнинг баъзи бир хоссаларини кўриб чиқамиз.

Температура депрессияси - Δ' . Эритма T_2 ва эритувчилар T қайнаш температуралари ўртасидаги фарқдир, яъни $\Delta' = T_2 - T$ температура депрессияси деб номланади. Эритмалар назариясидан маълумки, бир хил T температурада тоза эритувчи устидаги бугларининг босими p , эритма устидаги бугларнинг босими p_2 дан ҳар доим кўп бўлади. Ёки бир хил босимда тоза эритувчининг қайнаш температураси эритманинг қайнаш температурасидан паст бўлади.

Эритмаларнинг температура депрессияси эритувчи ва эриган моддалар хоссаларига боғлиқдир. Босим ва концентрация ортиши билан температура депрессияси ошади. Кўпинча ушбу кўрсаткич тажрибавий йўл билан аниқланади.

Маълумки, буглаткичларда иссиқлик йўқотилиши оқибатида температураларнинг пасайиш ходисаси юз беради. Натижада температуралар фарқи камаяди ва жараён интенсивлиги сусаяди. Температуралар йўқотилиши Δ , температура депрессияси Δ' , гидростатик Δ'' ва гидравлик депрессия Δ''' лар йиғиндисига тенг, яъни: $\Delta = \Delta' + \Delta'' + \Delta'''$.

Агар, эритманинг атмосфера босимдаги температура депрессияси $\Delta'_{амн}$ маълум бўлса, исталган бошқа босимлардаги депрессия Тишченко формуласидан тахминан ҳисоблаб аниқланиш мумкин:

$$\Delta' = 1,62 \cdot 10^{-2} \frac{T^2}{r} \Delta'_{амн} \quad (3.1)$$

бу ерда T - маълум босимдаги тоза эритувчининг қайнаш температураси, К; r - маълум босимдаги тоза эритувчининг буглатиш иссиқлиги, кЖ/кг; $\Delta'_{амн}$ - атмосфера босимидаги температура депрессияси, °С.

Агар, $\Delta'_{амн}$ катталиги бўйича тажрибавий маълумотлар йўқ бўлса, уни бир нечта усул билан тахминан ҳисоблаб топиш мумкин. Бирор босимда эритманинг битта қайнаш температураси маълум бўлса - Бабо, иккита температураси маълум бўлганда эса - Дюринг ёки Киреев қондасига биноан аниқлаш имкони бор.

Бабо қондасига биноан, бирор концентрацияли эритма устидаги буг босимининг пасайиши $(p_1 - p_2)/p_1$ ёки p_2/p_1 температурага боғлиқ эмас ва ўзгармас қийматга тенгдир:

$$\frac{p_2}{p_1} = K = const \quad (3.2)$$

бу ерда p_1 ва p_2 - эритувчи ва эритма бугларининг босимлари.

Гидростатик депрессия - Δ'' . Буглаткич қайнаш трубаларининг бир қисми суюқлик билан тўлиб турган бўлади ва унинг устида буг-суюқликдан иборат эмульсия қатламида юқорига қараб кўтарилган сари бугнинг миқдори ошиб боради.

Агар, қайнаш трубасидаги суюқлик ва эмульсияни шартли равишда суюқлик деб номласак, унда гидростатик босимлар фарқи ҳисобига трубанинг пастки қисмидаги суюқликнинг қайнаш температураси тепа қисминикидан юқори бўлади.

Гидростатик эффект ҳисобига эритма қайнаш температурасининг ортиши **гидростатик депрессия** деб аталади.

Буглатиш жараёни вакуум остида олиб борилганда, гидростатик депрессия салмоқли бўлади.

Тўйинган сув буги t_c ва иккиламчи буг температура T лари орасидаги фарқ гидростатик депрессияни беради:

$$\Delta'' = t_c - T'' \quad (3.3)$$

Ушбу тенглик эритма ҳаракатини инобатга олмагани учун унинг хатолиги катта. Шунинг учун Δ'' нинг қийматлари тажрибавий усулда топилади.

Вертикал буглаткичда интенсив ҳаракатланаётган эритмалар учун Δ'' миқдори $1...3^0\text{C}$ оралиқда қабул қилиниши мумкин.

Гидравлик депрессия - Δ''' . Ушбу депрессия иккиламчи бугнинг сепаратор ва кувурлар орқали ҳаракати даврида ишқаланиш ва маҳаллий қаршиликларни енгиши туфайли вужудга келадиган температура йўқотилишлар.

Ушбу гидравлик қаршиликларни енгиш вақтида босимнинг камайиши, температура пасайишига сабабчи бўлади.

Демак, гидравлик қаршиликлар туфайли эритма қайнаш температурасининг кўпайиши **гидравлик депрессия** деб номланади. Одатда Δ''' нинг қиймати $0,5...1,5^0\text{C}$ оралиғида бўлади.

Юқорида қайд этилган депрессияларни ҳисобга олсак, эритманинг қайнаш температураси қуйидагича ҳисобланади:

$$t_c = T' + \Delta' + \Delta'' \quad (3.4)$$

бу ерда T' - иккиламчи буг температураси, К

Эритмалар иссиқлик сиғими температура ва эриган моддалар концентрациясининг функциясиدير.

Кўпчилик эритмалар иссиқлик сиғими аддитивлик коидасига бўйсинмайди. Шунинг учун эритманинг ушбу хоссасини эриган модда ва эритувчилар иссиқлик сиғимлари ёрдамида аниқлаб бўлмайди. Шунини алоҳида таъкидлаш керакки, эритма концентрацияси қанчалик катта бўлса, унинг иссиқлик сиғими шунчалик аддитивлик коидасига кам бўйсинади. Эритманинг ушбу хоссаси махсус адабиётларда келтирилган.

Эритиш иссиқлиги эритманинг концентрацияси, эритувчи ва эриган моддалар хоссаларига боғлиқ. Кўшимча қаттик моддалар эриши даврида кристаллик панжара бузилади. Албатта, бунинг учун энергия сарфланади ва оқибатда эритманинг совиши рўй беради. Агар, эритувчи ва эрийдиган моддалар ўзаро кимёвий реакцияга киришса, гидратлар ҳосил бўлиб, жараён натижасида иссиқлик ажраб чиқади. Шундай қилиб, эритиш иссиқлиги эриш ва кимёвий ўзаро таъсир иссиқликлари йиғиндисига тенг.

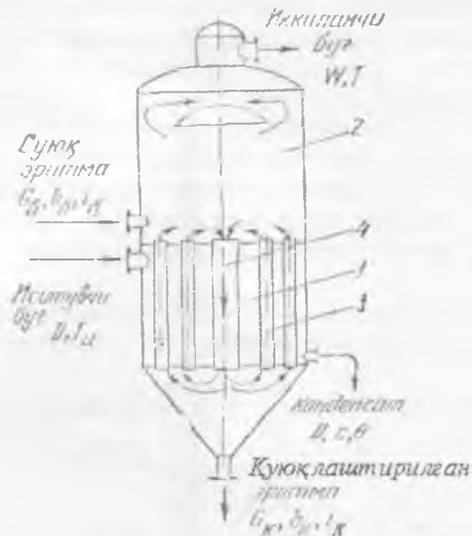
Осон гидрат ҳосил қиладиган моддалар мусбат эритиш иссиқлигига (сувда), эга; гидрат ҳосил қилмайдиган моддалар - манфий эритиш иссиқлигига эга.

3.2. Буглатиш усуллари

Саноатда мавжуд технологияларда асосан қуйидаги буглатиш усулларидан фойдаланилади:

- оддий буглатиш (узлукли ва узлуксиз);
- кўп корпусли курилмаларда буглатиш (фақат узлуксиз);

Трубаларда иситилаётган эритманинг температураси ортиши билан зичлиги камаяди. Натижада, эритма труба бўйлаб юқорига қўтарилади ва девор орқали ўтаётган иссиқлик таъсирида қайнаш бошланади. Қайнаш жараёнида ҳосил бўлаётган иккиламчи буғ эритмадан ажрайди ва сепаратор 2 га қараб ҳаракатланади. У ерда буғ майда эритма томчиларидан ажратилади ва буғ ташқарига чиқарилади. Сепараторда ажратилган томчилар яна қайтадан буғлатаётган эритмага қўшилади.



3.2-расм. Марказий циркуляция трубаги буғлаткич.

1-иситувчи камера; 2-сепаратор; 3-иситувчи трубалар; 4-циркуляция трубаги.

Эритманинг маълум қисми (зичлиги юқори) циркуляция трубаги орқали буғлатишнинг пастки қисмига тушади. Ушбу трубадаги эритма ва иситувчи трубадаги «буғ-уюқлик» аралашмаси зичликлари ўртасидаги фарқ таъсирида бетўхтов равишда циркуляция қилиб туради. Концентрацияси ошган, яъни куюқлашган эритма, қурилманинг пастки қисмидан чиқариб олинади.

3.3. Буғлатиш жараёнининг моддий баланси

Оддий буғлатиш жараёнининг моддий баланси ушбу тенгламалар ёрдамида ифодаланади:

$$G_b = G_{ox} + W \quad (3.5)$$

бу ерда G_b – бошланғич эритма сарфи, кг/соат; G_{ox} – куюқлаштирилган эритма сарфи, кг/соат; W – буғлатилган сув миқдори, кг/соат.

Эритмадаги қуруқ моддага нисбатан моддий баланс ушбу кўринишга эга:

$$\frac{G_b \cdot x_b}{100} = \frac{G_{ox} \cdot x_{ox}}{100} \quad (3.6)$$

бу ерда x_b ва x_{ox} – эритманинг бошланғич ва охириги концентрациялари, % (масс).

(3.5) ва (3.6) тенгламалардан фойдаланиб буғлатилган сув миқдорини топиш мумкин:

$$W = G_b \left(1 - \frac{x_b}{x_{ox}} \right) \quad (3.7)$$

Эритманинг охириги концентрацияси эса:

$$x_{ox} = G_b \frac{x_b}{G_b - W} \quad (3.8)$$

Куюқлаштирилган эритма бўйича буғлаткичнинг иш унумдорлиги қуйидаги тенгламадан топилади:

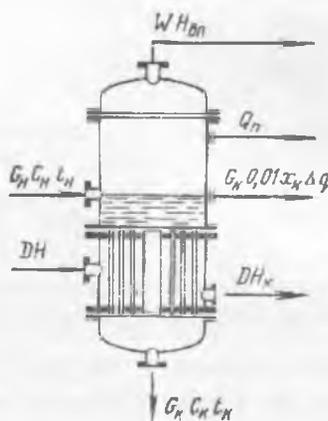
$$G_{ox} = \frac{G_b \cdot x_b}{x_{ox}} \quad (3.9)$$

3.3.1. Буғлатиш жараёнининг иссиқлик баланси

Оддий буғлатиш жараёнининг иссиқлик баланси 3.3-расмда келтирилган иссиқлик оқимлари асосида битта тенғлик ёрдамида ёзилиши мумкин:

$$G_b c_b t_b + DI = G_{ox} c_{ox} t_{ox} + G_{ox} 0,01 x_{ox} \Delta q + W \cdot I_{уб} + D \cdot I_k + Q_{иуқ} \quad (3.10)$$

бу ерда D - иситувчи буғ сарфи, кг/соат; I - иситувчи буғ энтальпияси, кЖ/кг; t_b ва t_{ox} - эритманинг бошланғич ва охири температуралари, °С; I_k - конденсат энтальпияси, кЖ/кг; Δq - эритмани x_b ва x_{ox} гача куюклаштириш иссиқлиги, кЖ/кг; $Q_{иуқ}$ - иссиқликнинг атроф муҳитга йўқотилиши, кЖ/соат.



3.3-расм. Оддий буғлатиш жараёнидаги иссиқлик оқимлар

- $G_b c_b t_b$ - бошланғич эритма билан иссиқлик кириши;
- DI - иситувчи буғ билан иссиқлик кириши;
- $G_{ox} c_{ox} t_{ox}$ - куюклашган эритма билан иссиқлик чиқиши;
- $WI_{уб}$ - иккиламчи буғ билан иссиқликнинг чиқиши;
- DI_k - иситувчи буғ конденсати билан иссиқликнинг чиқиши;
- $0,01 x_{ox} G_{ox} \Delta q$ - куюклаштириш иссиқлиги;
- $Q_{иуқ}$ - атроф муҳитга иссиқлик йўқотилиши.

Агар, (3.5) тенгламани (3.10) га қўйсақ, ушбу кўринишга эришамиз

$$G_b c_b t_b + W c_b t_b + DI = G_{ox} c_{ox} t_{ox} + G_{ox} 0,01 x_{ox} \Delta q + W \cdot I_{уб} + D \cdot I_k + Q_{иуқ} \quad (3.11)$$

бундан

$$D = G_{ox} \frac{c_{ox} t_{ox} - c_b t_b + 0,01 x_{ox} \Delta q}{I - I_{ox}} + W \frac{I_{уб} - c_b t_b}{I - I_{ox}} + \frac{Q_{иуқ}}{I - I_{ox}} \quad (3.12)$$

(3.12) тенгламадан кўриниб турибдики, буғлатиш учун зарур бўлган иситувчи буғ сарфи, учта қўшилувчи ёрдамида аниқланади:

- биринчиси, буғлатилаётган эритма энтальпиясини ўзгартириш учун зарур буғ сарфи;
- иккинчиси, иккиламчи буғ ҳосил қилиш учун зарур буғ сарфи;
- учинчиси, атроф муҳитга йўқотилинаётган иссиқликни қоплаш учун зарур буғ сарфи.

Биринчи ва учинчи қўшилувчилар қиймати, иккинчисига қараганда, жуда кичикдир. Шунинг учун, тахминий ҳисоблашларда $H_{уб} - c_b t_b \approx I - I_k$ эканлигини инобатга олиб, эритмадан 1 кг сувни буғлатиш учун 1,1...1,2 кг иситувчи буғ керак деб қабул қилинади.

Буғнинг солиштирма сарфи:

$$d = \frac{G_{уб}}{W} \quad (3.13)$$

Буғлатиш учун зарур иссиқлик миқдори:

$$Q = G_b c_b (t_{ax} - t_b) + W(i_{ик} - c_c t_{кон}) + Q_{уук} \quad (3.14)$$

бу ерда c_c – сувнинг $t_{кон}$ температурадаги солиштирма иссиқлик сиғими, Ж/кг; G_b, G_{ax} – эритманинг бошланғич ва охири сарфи, кг/с; c_b, c_{ax} – эритманинг бошланғич ва охири солиштирма иссиқлик сиғими, Ж/кг·К; t_b, t_{ax} – эритманинг бошланғич ва охири температураси, °С; W – буғланаётган сувнинг массавий сарфи, кг/с; $i_{уб}$ – иккиламчи буғнинг қурилмадан чиқишдаги солиштирма энтальпияси, Ж/кг; $Q_{уук}$ – атроф мухитта иссиқликнинг йўқотилишини компенсация қилиш учун сарфланган иссиқлик миқдори, Вт.

Ушбу йўқотилишлар $Q_{уук}$ қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$Q_{уук} = \alpha \cdot F_k \cdot (t_o - t_{хаво}) \quad (3.15)$$

бу ерда $\alpha = \alpha_r + \alpha_k$ – нурланиш ва конвекцияда иссиқлик бериш коэффициентларнинг йиғиндиси, Вт/м²·К; F_k – иссиқлик копламали қурилманинг ташки юзаси, м²; t_o – коплама ташки юзасининг температураси, °С; $t_{хаво}$ – атроф мухит температураси, °С.

Концентрланган эритманинг қурилмадан чиқишдаги температураси:

$$t_{кон} = t_1 + \Delta t_{депр} \quad (3.16)$$

бу ерда $\Delta t_{депр}$ – температура депрессияси (тоза эритма ва бошланғич концентрацияли эритма орасидаги қайнаш температураларнинг фарқи).

Ушбу температура фарқи қуйидаги тенгламадан топилади:

$$\Delta t_{депр} = t_{эритма} - t_{суб} \quad (3.17)$$

Иситиш камераси трубаларида эритманинг ўртача қайнаш температураси қуйидаги тенгламадан ҳисобланади:

$$t_{кай} = t_{кон} + \Delta t_{зд} \quad (3.18)$$

бу ерда $\Delta t_{зд}$ – гидростатик депрессия.

Эритманинг ўртача қайнаш температураси қуйидаги формуладан аниқланади:

$$t_{кай} = t_{кон} + \Delta t_{зд} = t_o + \Delta t_{zc} + \Delta t_{депр} + \Delta t_{зд} = t_o + \sum \Delta t_{уук} \quad (3.19)$$

$$\sum \Delta t_{уук} = \Delta t_{zc} + \Delta t_{депр} + \Delta t_{зд} \quad (3.20)$$

Иситувчи буғнинг конденсацияланаш температураси $t_{уб}$ ва барометрик конденсаторда иккиламчи буғ конденсацияланиш температураси t_o орасидаги фарқ умумий температуралар фарқи бўлиб, ушбу формуладан топилади:

$$\Delta t_{ум} = t_{уб} - t_o \quad (3.21)$$

Иситувчи буғнинг конденсацияланаш температураси $t_{уб}$ ва эритманинг қайнаш температураси орасидаги фарқ фойдали температуралар фарқи бўлиб, ушбу формуладан топилади:

$$\Delta t_{фой} = t_{уб} - t_{кай} = \Delta t_{ум} - \sum \Delta t_{уук} \quad (3.22)$$

3.3.2. Иситиш юзаси

Зарур иссиқлик алмашилиш юзаси иссиқлик ўтказишнинг асосий тенгласидан аниқланади, яъни $Q = KF\Delta t$ дан.

Унда, узлуксиз ишлайдиган буғлаткичнинг иситиш юзаси қуйидаги ифодадан топилади:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t} = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{\text{фой}}} \quad (3.23)$$

бу ерда t - температураларнинг фойдали фарқи, иситувчи тўйинган сув буғи ва қайнаётган эритма температуралари фарқига тенг.

Температураларнинг фойдали фарқи температуралар умумий фарқи ва температура депрессиялари орқали аниқланади.

Иситувчи ва иккиламчи буғ температуралари орасидаги фарқга температураларнинг умумий фарқи дейилади ва ушбу кўринишда ёзилади:

$$\Delta t_{\text{ум}} = t_{\text{уб}} - t_{\text{кон}} \quad (3.24)$$

бу ерда $t_{\text{уб}}$ - иситувчи буғ температураси, °С; $t_{\text{к}}$ - конденсаторга киришдаги иккиламчи буғ температураси, °С.

Температураларнинг фойдали фарқи $t_{\text{ум}}$ дан температуралар йўқотилиш йиғиндиси $\Sigma \Delta$ га қараганда камроқ бўлади, яъни

$$\Delta t = \Delta t_{\text{ум}} - \Sigma \Delta \quad (3.25)$$

бу ерда

$$\Sigma \Delta = \Delta' + \Delta'' + \Delta''' \quad (3.26)$$

3.3.3. Кўп корпусли қурилмаларда буғлатиш

Бу турдаги қурилмаларда иситувчи буғ сифатида иккиламчи буғ ишлатилади. Натижада жуда катта миқдорда иссиқлик тежалади. Эритмадан 1 кг сувни буғлатиш учун иситувчи, тўйинган сув буғининг солиштирма сарфи қуйидагича:

- бир корпусли қурилма учун	1,1...1,2 кг;
- икки корпусли қурилма учун	0,57 кг;
- уч корпусли қурилма учун	0,40 кг;
- тўрт корпусли қурилма учун	0,30 кг;
- беш корпусли қурилма учун	0,27 кг.

Кўп корпусли қурилмаларда буғлатиш жараёнини юқори босимли иситувчи буғ ёки вакуум ёрдамида амалга ошириш мумкин.

Буғлатиш корпусларидаги босим шундай бўлиши керакки, унга узатилаётган буғ температураси, шу корпусдаги эритманинг қайнаш температурасидан юқори бўлиши таъминланиши керак. Охириги корпусдаги иситувчи буғнинг босими техник – иктисодий ҳисоблар асосида аниқланади.

Иситувчи буғ ва эритманинг ҳаракат йўналишига қараб параллел (бир хил), қарама - қарши ва комбинацияланган йўлли кўп корпусли буғлатиш қурилмаларига бўлинади. 3.4а-расмда уч корпусли параллел йўналишли буғлатиш қурилмаси келтирилган.

Бошланғич эритма корпус 1 га юборилади, сўнг корпус 2 ва 3 га узатилади ва керакли концентрациягача қуюқлаштирилгандан сўнг корпус 3 нинг пастки қисмида чиқарилади. Корпус 1 дан корпус 3 га қараб босим пасайиб боради. Шунинг учун, эритма босимлар фарқи остида корпусдан корпусга ўтиб боради. Иситувчи буғ эритма каби уша йўналишда бир корпусдан кейингисига ҳаракат қилади, яъни, корпус 1 да ҳосил бўлган иккиламчи буғ 2-корпусга иситувчи буғ бўлиб, 2-корпусда ҳосил бўлган иккиламчи буғ эса, 3-корпусга иситувчи буғ бўлиб, 3- корпусда ҳосил бўлган иккиламчи буғ конденсацияланиш учун барометрик конденсатор 4 га юборилади.

3.4б-расмда уч корпусли қарама - қарши йўналишли буғлатиш қурилмаси тасвирланган. Янги иситувчи буғ 1-корпусга ҳайдалади, иккиламчи буғлар эса 1-корпусдан 3-га қараб ҳаракат қилади.

Бошланғич эритма эса, аввал 3-корпусга юкланади, сўнг эса 3-корпусдан 1-корпус томон қараб узатилади. Қуюқлаштириб бўлинган эритма 1-корпуснинг пастки қисмидан чиқариб

олинади. Ҳар бир кейинги корпусдаги босим аввалги корпусникидан кам бўлгани учун, эритмани узатиш учун насос 5, 6, 7 лар хизмат қилади.

Комбинациялашган буғлатиш қурилмаларида эритмани киритиш ва чиқариш вариантлари турлича бўлиши мумкин.

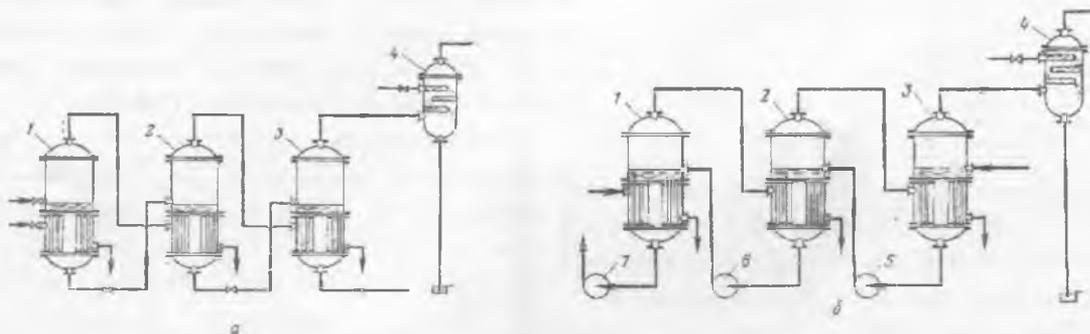
Параллел йўналишли буғлатиш қурилмасининг афзалликлари: эритмани корпусдан корпусга узатиш учун насос керак эмас.

Ҳар бир кейинги корпусда, юқори концентрацияли эритма, нисбатан пастрок босимда буғлатилади.

Шунинг учун охирги корпусдаги иссиқлик ўтказиш коэффициенти биринчисига қараганда анча кичик бўлади.

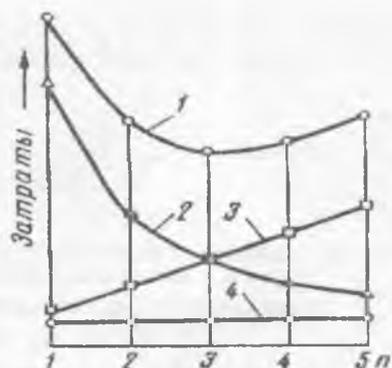
Қарама - қарши йўналишли буғлатиш қурилмасининг афзалликлари: жуда юқори концентрацияларгача қуюқлаштириш мумкин; бир йўналишли қурилмаларга нисбатан кичик иситиш юзаси талаб этилади. Камчилиги: эритмани корпусдан корпусга узатиш учун насослар зарур.

3.5-расмда буғлатиш қурилмалари сонининг ортиши билан турли сарфлар ўзгариши кўрсатилган.



3.4-расм. Буғлатиш қурилмасининг принципаал схемалари.

а - параллел йўналишли; б - қарама-қарши йўналишли; 1-3 - корпуслар; 4- барометрик конденсатор; 5-7 - насослар.



3.5-расм. Буғлатиш корпуслари

n нинг оптимал сонини аниқлашга оид.

1 - умумий сарфлар; 2 - энергетик (иситувчи буғга бўлган) сарфлар; 3 - капитал ва амортизация сарфлари; 4 - эксплуатация сарфи.

Юқорида қайд этилгандан маълумки, қурилмалар сони ўсиши билан эритма таркибидаги 1 кг сувни буғлатиш учун иситувчи буғ сарфи кескин камайиб боради. Лекин, қурилмалар сони ортиши билан температура йўқотилишлар кўпаяди. Иссиқлик алмашилиш жараёни самарали ўтиши учун температураларнинг фойдали фарқи маълум қийматга эга бўлиши керак. Табиий

циркуляцияли қурилмалар учун ушбу фарқ 5...7°C ва мажбурий циркуляцияли учун эса - 3°C дан кам бўлмаслиги зарур.

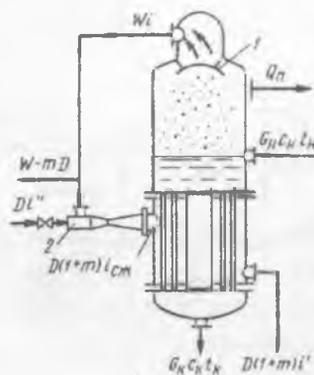
Буғлатиш қурилмаларининг сони кўп бўлса, бунда температуралар йўқотилишининг йиғиндиси, температураларнинг умумий фарқига тенг ёки ундан ортиб кетиши мумкин. У ҳолда эритмаларни буғлатиш қийинлашади ва жараённи ўтказиш имкони бўлмай қолади.

Қурилмаларнинг оптимал сонини техник-иктисодий ҳисоблашлар йўли билан аниқлаш мақсадга мувофиқдир.

Графикдаги эгри чизик 1 нинг минимумига тўғри келадиган минимал умумий сарфлар, кўп корпусдаги буғлатиш қурилмасининг оптимал сонини кўрсатади. Саноат миқёсида кўп корпусли буғлатиш қурилмаларининг оптимал сони 3...4 та бўлади.

3.3.4. Иссиқлик насосини қўллаб буғлатиш.

Ушбу усул, шу қурилмада олинган иккиламчи буғни қайтадан ўша буғлаткичда қўллашга асосланган. Бунинг учун иккиламчи буғ температураси иситувчи буғ температурасигача кўтариш зарур. Иккиламчи буғ температурасини ошириш учун у компрессор ёки инжекторли иссиқлик насосда сиқилади. Одатда, иккиламчи буғни сиқиш ва узатиш воситаси сифатида турбокомпрессор қўлланилади (3.6-расм).



3.6-расм. Турбокомпрессорли буғлатиш қурилмаси.
1 - буғлаткич; 2 - турбокомпрессор.

Буғлаткичдан чиқаётган босими p_{ub} ва энтальпияси i иккиламчи буғ турбокомпрессор ёрдамида сўриб олинади ва у ерда p босимгача сиқилади. Сиқиш натижасида буғнинг энтальпияси i гача ўсади. Шундай қилиб, сиқилиш натижасида буғ $\Delta i = i_c - i$ миқдорда иссиқлик олади. Турбокомпрессордан чиқаётган сиқилган буғ буғлатиш қурилмасининг иситиш камерасига йўналтирилади.

Жараённинг иссиқлик баланси:

$$G_ox c_ox t_ox + D \cdot i'' + W \cdot i_c = G_ox \cdot c_ox \cdot t_{ox} + W \cdot i + (D+W) \cdot i' + Q_{ух} \quad (3.27)$$

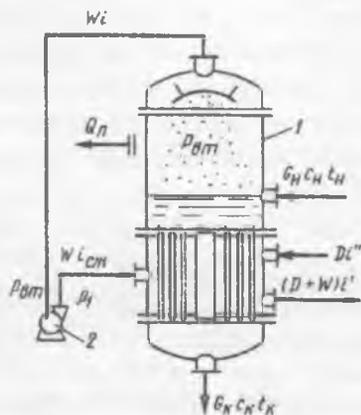
бундан иситувчи буғ сарфи:

$$D = G_{ox} \frac{c_{ox} t_{ox} - c_6 t_6}{i'' - i'} + W \frac{i - c_6 t_6 - i_c}{i'' - i'} + \frac{Q_{ух}}{i'' - i'} \quad (3.28)$$

бу ерда i_c - иккиламчи буғнинг турбокомпрессорда сиқилгандан кейинги солиштирма энтальпияси, кЖ/кг.

(3.12) ва (3.28) тенгламаларни таққослашдан кўришиб турибдики, иккиламчи буғлар энтальпиясини ошириш ҳисобига иситувчи буғ сарфи i_c кийматга камроқ сарфланади:

$$D = W \frac{i - c_6 t_6 - i_c}{i'' - i'} \quad (3.29)$$



3.7-расм. Инжектор иссиқлик насосли буғлатиш қурилмаси.
1 - буғлаткич; 2 - иссиқлик насоси.

Турбокомпрессорда сарфланаётган қувват миқдори ушбу тенгламадан топилади:

$$N = \frac{W(i_c - i)}{3600\eta_{ад} \cdot \eta_{мех}} \quad (3.30)$$

бу ерда $\eta_{ад}$ - гурбокомпрессорнинг адиабатик ф.и.к.; $\eta_{мех}$ - электр юриткич ва юритмаларнинг механик ф.и.к.

Буг-инжектор иссиқлик насосли буглаткичда иситувчи буг инжекторга узатилади (3.7-расм). Буг-инжектор Вентури трубаси типигадаги мослама булиб, уни яшашга кўп металл сарфланмайди. Инжектор ишлаши пайтида вакуум ҳосил булади ва буглаткичда ажралиб чиққан, босими $p_{уб}$ ва энтальпияси i булган, иккиламчи бугни у сўриб олади.

Иситувчи бугни ҳар бир массавий бирлиги иккиламчи бугнинг m массавий бирлигини сўриб олади. Натижада $D(1+m)$ миқдорда иситувчи буг олинади, лекин унинг босими бирламчи бугнинг босимидан паст, иккиламчи бугниқидан эса юқори булади. $W-mD$ миқдордаги буг қурилмадан бошқа мақсадлар учун ажратиб олинади.

Жараённинг иссиқлик баланси ушбу тенглик билан ифодаланади:

$$D \cdot (1+m) \cdot i_c + G_6 c_6 t_6 = G_{ox} c_{ox} t_{ox} + W \cdot i + D \cdot (1+m) \cdot i' + Q_{увк} \quad (3.31)$$

бундан буг сарфи:

$$D = G_{ox} \frac{c_{ox} t_{ox} - c_6 t_6}{(1+m) \cdot (i_c - i')} + W \frac{i - c_6 t_6}{(1+m) \cdot (i_c - i')} + \frac{Q_{увк}}{(1+m) \cdot (i_c - i')} \quad (3.32)$$

бу ерда $m=0,5...1,0$ - инжекция коэффициенти.

(3.32) тенгламанинг таҳлили шуни кўрсатадики, иссиқлик насос ёрдамида буглатиш жараёнида, иситувчи буг сарфи оддий буглатишга қараганда $(1+m)$ марта кам булади.

Инжекторли буглаткичлар температура депрессияси паст ва иккиламчи буг босими юқори булган эритмаларни буглатиш учун қўлланилади. Агар, иккиламчи буг босими камайиб кетса, инжекция коэффициенти m ҳам камаяди. Бундай ҳолларда иситувчи буг сарфи кўпайиб кетади ва иссиқлик насосли буглаткичларни ишлатиш мақсадга мувофиқ эмас.

3.4. Иссиқлик қоплама қалинлигини аниқлаш

Иссиқлик қоплама қалинлиги δ_u қоплама ташки юзасидан атроф мухитга қоплама катлами орқали тарқалаётган солиштирма иссиқлик оқимлари тенглигидан топилади:

$$\alpha_s (t_{o2} - t_s) = \frac{\lambda_u}{\delta_u} (t_{o1} - t_{o2}) \quad (3.33)$$

бу ерда α_s - қоплама ташки юзасидан атроф мухитга иссиқлик бериш коэффициенти, Вт/м²;

$$\alpha_u = 9,3 + 0,058 t_{cm2} \quad (3.34)$$

бу ерда t_{o2} - қоплама ички юзаси, яъни қурилма билан контактда булган температураси, °С; t_{o1} - қоплама ташки юзаси, яъни атроф мухит билан контактда булган температураси, °С; ушбу температурани иситувчи буг температурасига тенг деб олинади. t_s - атроф мухит температураси, °С; λ - қоплама материалнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти, Вт/м·К.

Қоплама учун иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти $\lambda_u=0,09$ Вт/м·К булган совелит (85% магнезий+15% асбест) ни танлаймиз:

$$\alpha_u = 9,3 + 0,058 \cdot 40 = 11,6 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$$

Биринчи қобик учун иссиқлик қопламанинг қалинлигини ҳисоблаймиз:

$$\delta_u = \frac{0,09(183,2 - 40)}{11,6(40 - 20)} = 0,055 \text{ м} \quad (3.35)$$

Қолган қобиклар учун ҳам ушбу қалинликни қабул қиламиз.

3.5. Буглаткичларни ҳисоблаш намуналари

3.5.1. Иссиқлик инжекторли буглаткич ҳисоби

Бошланғич маълумотлар:

- | | |
|--------------------------------------|---|
| - қурилмага кираётган эритма миқдори | - $G_0=5$ т/соат; |
| - бошланғич концентрация | - $b_0=15\%$; |
| - охириги концентрация | - $b_1=25\%$; |
| - буг бўшлиғида | - $P_2=1$ атм; |
| - иситувчи буг | - $P_3=2$ атм; |
| - инжекторга узатилаётган буг босими | - $P_1=12$ атм; |
| - эритма бошланғич температураси | - $t_0=800^\circ\text{C}$; |
| - эритма қайнаш температураси | - $t_1=1100^\circ\text{C}$; |
| - узатилаётган буг температураси | - $t_3=3000^\circ\text{C}$; |
| - эритма солиштирма иссиқлик сифими | - $C_0=0,85$ ккал/кг $^\circ\text{C}$. |

Даставвал, 1 кг буг учун инжектор иссиқлик ҳисобини ўтказамиз.

Сопло. Бугнинг 12 дан 1 атм гача адиабатик кенгайишида (i - S диаграмма) иссиқлик ўзгариши $h_{ad}=118$ ккал/кг. Сопло учун тезлик йўқотилиш коэффициентини $\varphi_1=0,93$ деб қабул қилиб, ҳақиқий оқиб чиқиш тезлигини аниқлаймиз:

$$w_2 = 91,5 \cdot \varphi_1 \cdot \sqrt{h_{ad}} = 91,5 \cdot 0,93 \cdot \sqrt{118} = 920 \text{ м/с}$$

Соплода энергия йўқотилиши

$$\Delta i = (1 - \varphi_1^2) \cdot h_{ad} = (1 - 0,93^2) \cdot 118 = 15,9 \text{ ккал/кг} (66,6 \text{ Ж/кг})$$

i - S диаграммадан “С” нуктага оид, $i_2=62$ ккал/кг, $v_2=1,65$ м³/кг топилади (3.8 - расм).

Соплода ҳақиқий иссиқлик ўзгариши

$$h_1 = h_{ad} - \Delta i_1 = 118 - 15,9 = 102,1 \text{ ккал/кг}$$

Соплонинг ф.и.к.

$$\eta_1 = \varphi_1^2 = 0,93^2 = 0,865$$

Аралаштириш ва сиқиш камералари. Ҳақиқий тезлик ($u=0,5$ ва $\varphi_2=0,9$):

$$w_3 = \frac{\varphi_2 \cdot w_2}{1 + u} = \frac{0,9 \cdot 920}{1 + 0,5} = 550 \text{ м/с}$$

Аралашма энтальпияси

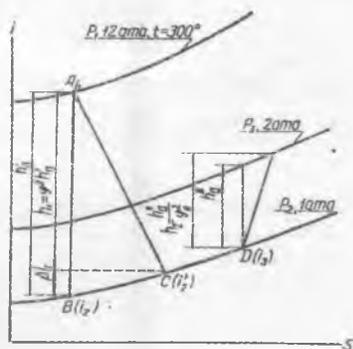
$$i_3 = \frac{i_1 + u \cdot i_0}{1 + u} - \frac{\varphi_1^2 \cdot \varphi_2^2 \cdot h}{(1 + u)^2} = \frac{726,6 + 0,5 \cdot 638,5}{1 + 0,5} - \frac{0,93^2 \cdot 0,9^2 \cdot 118}{(1 + 0,5)^2} = 658,2 \text{ ккал/кг}$$

бу ерда $i_1=726,6$ ккал/кг ($P=12$ атм, $t=3000^\circ\text{C}$); $i_0=638,5$ ккал/кг ($P=1$ атм).

Агар, P_2 ва i_2 маълум бўлса, i - S диаграммада “D” нуқтани топамиз ($t=135^\circ\text{C}$, $v_2=1,9$ м³/кг, сунг диаграммадан адиабатик иссиқлик ўзгариш (абсолют босим 2 атм гача) ни $h_{ad}'' = 33$ ккал/кг.

$\varphi=0,9$ да аралаштириш камерасининг ф.и.к. ни аниқлаймиз.

$$\eta_2 = \frac{\varphi_2^2}{1+u} = \frac{0,9^2}{1+0,5} = 0,54$$



3.8-расм. i - S диаграммада буғ-инжектордаги жараённинг тасвири.

$\varphi_3=0,95$ деб қабул қилиб, “ u ” нинг қийматини текшираимиз.

$$u = \varphi_1 \cdot \varphi_2 \cdot \varphi_3 \sqrt{\frac{h_{ad}''}{h_{ad}}} - 1 = 0,93 \cdot 0,9 \cdot 0,95 \sqrt{\frac{118}{33}} - 1 = 0,5$$

Кўришиб турибдики « u » даставвал олинган ва ҳисобланган қийматлари бир-бирига тенг. Демак, ҳисоблаш тўғри ўтказилган.

Инжектордан чиқаётган буғ энтальпияси

$$i_4 = \frac{i_1 + u \cdot i_0}{1+u} = \frac{726,6 + 0,5 \cdot 638,5}{1+0,5} = 695 \text{ ккал/кг}$$

унда

$$\eta_3 = \varphi_3^2 = 0,95^2 = 0,9$$

Инжектор ф.и.к.

$$\eta_{инж} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 = 0,865 \cdot 0,54 \cdot 0,9 = 0,42$$

Агар, P_3 ва i_4 ларни билсак, i - S диаграммада инжектордан чиқаётган буғ ҳолати ($P_3=2$ атм, $t=240^\circ\text{C}$) га тегишли нуқтани топиш мумкин (3.8-расм).

Буғлатилган сув миқдори

$$W = 5000 \cdot \left(1 - \frac{15}{25}\right) = 2000 \text{ кг/соат}$$

Ишчи буғ сарфи

$$D_p = \frac{[G_0 \cdot c_0 \cdot (t_1 - t_0) + W(i - t_1 \cdot c_1)] \cdot z}{(\lambda - t_k \cdot c_k) \cdot (1+u)}$$

$$\frac{[5000 \cdot 0,85 \cdot (110 - 80) + 2000 \cdot (638,5 - 110)] \cdot 1,05}{(645,8 - 117) \cdot (1+0,5)} = 1590 \text{ кг/соат}$$

Инжекторда ҳосил бўлаётган ўта кизиган буғ параметрлари: $P_4=2$ атм, $i_4=695$ ккал/кг ва $t=240^\circ\text{C}$. Лекин, қурилмага тўйинган буғ узатилиши зарур. Бунинг учун унга x кг сув

пуркалиб, намланиши керак.

Зарур сув миқдори ушбу формуладан топилади:

$$1500 \cdot \lambda = x \cdot i_4$$

ундан

$$x = \frac{1500 \cdot \lambda}{i_4} = \frac{1500 \cdot 645,8}{695} = 1480 \text{ кг/соат}$$

Ишчи буғ 1500 кг/соат сарфга инжектор ҳисобини ўтказамиз:

Сопло. Соплонинг минимал кўндаланг кесими

$$f_{\min} = \frac{D_{\text{сек}}}{\beta \cdot \sqrt{\frac{P_1}{v_1}}} = \frac{1500}{3600 \cdot 2,09 \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot 10^4}{0,218}}} = 0,00027 \text{ м}^2 = 2,7 \text{ см}^2$$

$$d_{\min} = \sqrt{\frac{2,7}{0,785}} = 1,86 \text{ см}$$

Соплонинг чиқиш кўндаланг кесими

$$f_2 = \frac{D_{\text{сек}} \cdot v_2}{w_2} = \frac{1500 \cdot 1,65}{3600 \cdot 920} = 0,00075 \text{ м}^2 = 7,5 \text{ см}^2$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{7,5}{0,785}} \approx 3,1 \text{ см}$$

$\alpha = 10^\circ \text{C}$ да f_{\min} дан f_2 кўндаланг кесимлар орасидаги масофа:

$$l_1 = \frac{d_2 - d_{\min}}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} = \frac{3,1 - 1,86}{2 \cdot 0,0875} = 9,2 \text{ см}$$

Аралаштириш камераси. Иккиламчи буғнинг кириш штуцерининг диаметри ушбу формуладан топилади:

$$\frac{D_{\text{ук}} \cdot v_{\text{ук}}}{3600 \cdot w_0} = \frac{\pi \cdot d_0^2}{4}$$

бундан

$$d_0 = 0,0188 \sqrt{\frac{2000 \cdot 1,725}{25}} = 0,214 \text{ м} = 21,4 \text{ см}$$

Аралаштириш камераси диаметри

$$d_k = \sqrt{d_2^2 + \frac{D_{\text{ук}} \cdot v_{\text{ук}}}{2826 \cdot w_0}} = \sqrt{0,031^2 + \frac{2000 \cdot 1,725}{2826 \cdot 25}} = 0,223 \text{ м} = 22,3 \text{ см}$$

Камеранинг чиқиш штуцери диаметри

$$d_3 = 0,0188 \sqrt{\frac{D_p \cdot (1+u) \cdot v_3}{w_3}} = 0,0188 \sqrt{\frac{1500 \cdot 1,5 \cdot 1,9}{550}} = 0,055 \text{ м} = 5,5 \text{ см}$$

Аралаштириш камераси узунлиги

$$l_2 = \frac{d_3 - d_2}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} = \frac{5,5 - 3,1}{2 \cdot 0,0875} = 13,7 \text{ см}$$

Сикиш камераси. Бугнинг солиштирма ҳажми $v_4=1,197 \text{ м}^3/\text{кг}$. Бугнинг тезлиги $w_4=25 \text{ м/с}$.

Сикиш камераси диффузорининг чиқиш патрубкеси диаметри

$$d_4 = 0,0188 \sqrt{\frac{D_p \cdot (1+u) \cdot v_4}{w_4}} = 0,0188 \sqrt{\frac{1500 \cdot 1,5 \cdot 1,197}{25}} = 0,202 \text{ м} = 20,2 \text{ см}$$

Диффузор узунлиги

$$l_2 = \frac{d_4 - d_3}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} = \frac{20,5 - 5,5}{2 \cdot 0,0875} = 84 \text{ см}$$

3.5.2. Мажбурий конвекцияли уч корпусли буглаткич ҳисоби

NaOH эритмасини концентрациялаш учун 3 корпусли буглатиш (тип 2, ижро 1) қурилмаси ҳисоблансин.

Иш унумдорлиги $G=4,7 \text{ т/соат}$

$b_1=10\%$

$b_2=33\%$

Буг босими $P=0,4 \text{ МПа}=4 \text{ атм}$

Конденсатордаги қалдик босим $0,3 \text{ атм}=(0,03 \text{ МПа})$

1) Учта қурилмада бугланаётган эритувчининг умумий миқдори [61]:

$$W = G \cdot \left(1 - \frac{X_{\text{hosh}}}{X_{\text{oxir}}}\right) = \frac{4700}{3600} \cdot \left(1 - \frac{10}{33}\right) = 0,90 \text{ кг/с}$$

2) $W_1:W_2:W_3=1:1,1:1,2$

$$W_1 = \frac{3275 \cdot 1}{3600 \cdot (1+1,1+1,2)} = \frac{3275}{11880} = 0,275 \text{ кг/с}$$

$$W_2 = \frac{3275 \cdot 1,1}{3600(1+1,1+1,2)} = \frac{3602,5}{11880} = 0,3032 \text{ кг/с}$$

$$W_3 = \frac{3275 \cdot 1,2}{3600(1+1,1+1,2)} = \frac{3930}{11880} = 0,3308 \text{ кг/с}$$

Жами : $W=0,90$ кг/с

3) 1-корпусдан 2-корпусга кираётган эритма

$$G_1 = G_{bosh} - W_1 = \frac{4700}{3600} - 0,275 = 1,03 \text{ кг/с}$$

Концентрацияси эса :

$$X_1 = \frac{G_{bosh} \cdot X_{bosh}}{G_{bosh} - W_1} = \frac{1,305 \cdot 10}{1,305 - 0,275} = 12,66\%$$

2-корпусдан 3-корпусга ўтаётган эритма

$$G_2 = G_{bosh} - W_1 - W_2 = 1,305 - 0,275 - 0,3032 = 0,73 \text{ кг/с}$$

Концентрацияси эса :

$$X_2 = \frac{1,305 \cdot 10}{0,73} = 17,87\%$$

Эритманинг 3-корпусдан чиқишида

$$G_{ox} = G_{bosh} - W = 1,305 - 0,90 = 0,405 \text{ кг/с}$$

$$X_2 = \frac{1,305 \cdot 10}{0,405} = 32,2\%$$

Корпуслар бўйича босимлар фарқининг тақсимланиши

$$\Delta P_{um} = P - P_{bk} = 4,132 - 0,3099 = 3,822 \text{ кг} \cdot \text{к/см}^2$$

Ҳар бир корпусга тўғри келадиган буг босими

$$\Delta P = \frac{3,822}{3} = 1,274 \text{ кг} \cdot \text{к/см}^2$$

$$\Delta P_{u61} = 4,132 \text{ кг} \cdot \text{к/см}^2$$

$$\Delta P_{u62} = 4,132 - 3,822 / 3 = 2,858 \text{ кг} \cdot \text{к/см}^2$$

$$\Delta P_{u63} = P_{u62} - \Delta P = 2,858 - 1,274 = 1,574 \text{ кг} \cdot \text{к/см}^2$$

Барометр конденсаторда буг босими

$$\Delta P_{u63} = P_{u63} - \Delta P = 1,584 - 1,274 = 0,31 \text{ кг} \cdot \text{к/см}^2$$

3-1 жадвал

$P, \text{ кг/к/см}^2$	$t, ^\circ\text{C}$	$p, \text{ кЖ/кг}$
$P_{u61}=4,132$	$t_{u61}=143,98$	$p_{u61}=2137,8$
$P_{u62}=2,858$	$t_{u62}=131,01$	$p_{u62}=2176,2$
$P_{u63}=1,584$	$t_{u63}=112,38$	$p_{u63}=2227,8$
$P_{6к}=0,3099$	$t_{6к}=71,36$	$p_{6к}=2334,4$

Иккиламчи буғларнинг корпусдаги температуралари :

$$t_{uk61} = t_{u62} - \Delta_1''' = 131,01 + 1 = 132,01^\circ\text{C}$$

$$t_{uk62} = t_{u63} - \Delta_2''' = 112,38 + 1 = 113,38^\circ\text{C}$$

$$t_{uk63} = t_{6к} - \Delta_3''' = 69,36 + 1 = 70,36^\circ\text{C}$$

Гидрадинамик депрессиялар йиғиндиси :

$$\sum \Delta = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 = 1 + 1 + 1 = 3^\circ\text{C}$$

Иккиламчи бугнинг температураси буйича уларнинг босимларини аниқлаймиз.

3-2 жадвал

Температура, °C	Босим, кгк/см ²
t _{икб1} =132,01	P _{ик1} =2,93
t _{икб2} =113,38	P _{ик2} =1,638
t _{икб3} =70	P _{ик3} =0,3177

Хар бир корпусда қайнаётган эритманинг P_{ур} ўрта қатламдаги босими қуйидаги тенглама орқали топилади

$$P_{ур} = P_{икб} + \frac{\rho g H}{2} (1 - \varepsilon)$$

Трубаларнинг баландлиги H=6 м да тенг деб танлаймиз. ε=0,5 да 20°C температурада сувли эритманинг зичлиги

$$\rho_1 = 1109 \text{ кг/м}^3 - 12,66\%$$

$$\rho_2 = 1219 \text{ кг/м}^3 - 17,87\%$$

$$\rho_3 = 1328 \text{ кг/м}^3 - 32,2\%$$

Труба ўрта қатламидаги босимлар:

$$P_{1ур} = P_{икб1} + \frac{\rho_1 \cdot H}{2} (1 - \varepsilon) = 2,93 + \frac{1109 \cdot 6}{2} (1 - 0,5) \cdot 10^{-4} = 3,096 \text{ кг} \cdot \text{к/см}^2$$

$$P_{2ур} = P_{икб2} + \rho_2 \cdot 10^{-4} = 1,638 + 1219 \cdot 10^{-4} = 1,76 \text{ кг} \cdot \text{к/см}^2$$

$$P_{3ур} = P_{икб3} + \rho_3 \cdot 10^{-4} = 0,3177 + 1328 \cdot 10^{-4} = 0,4505 \text{ кг} \cdot \text{к/см}^2$$

Бу босимларга қуйидаги бугланиш иссиқликлари тўғри келади.

3-4 жадвал

P ₁ кгк/см ²	t, °C	p кЖ/кг
P _{1ур} =3,096	t _{1ур} =133,03	p _{аб1} =2172
P _{2ур} =1,76	t _{2ур} =115,5	p _{аб2} =2222,031
P _{3ур} =0,4505	t _{3ур} =78,15	p _{аб3} =2313,022

Корпуслар буйича гидростатик депрессиялар:

$$\Delta_1 = t_{1ур} - t_{икб1} = 133,03 - 132,01 = 1,02^\circ\text{C}$$

$$\Delta_2 = t_{2ур} - t_{икб2} = 115,5 - 113,38 = 2,12^\circ\text{C}$$

$$\Delta_3 = t_{3ур} - t_{икб3} = 78,15 - 70 = 8,15^\circ\text{C}$$

Гидростатик депрессиянинг йиғиндиси

$$\sum \Delta = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 = 1,02 + 2,12 + 8,15 = 11,29^\circ\text{C}$$

Температура депрессияси қуйидаги тенглама орқали топилади :

$$\Delta_1 = 1,62 \cdot 10^{-2} \left(\frac{T^2}{r_{уб}} \right) \cdot \Delta_{амм} = 1,62 \cdot 10^{-2} \left(\frac{(133,03 + 273)^2}{2172} \right) \cdot 1,4 = 1,72$$

$$\Delta_2 = 1,62 \cdot 10^{-2} \left(\frac{T^2}{r_{уб}} \right) \cdot \Delta_{амм} = 1,62 \cdot 10^{-2} \left(\frac{(115,5 + 273)^2}{2222} \right) \cdot 3 = 3,3$$

$$\Delta_1 = 1,62 \cdot 10^{-2} \left(\frac{T^2}{r_{\text{уд}}} \right) \cdot \Delta_{\text{амм}} = 1,62 \cdot 10^{-2} \left(\frac{(78,15 + 273)^2}{2313} \right) \cdot 23,6 = 20,38$$

Температура депрессиялар йиғиндиси

$$\sum \Delta = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 = 1,72 + 3 + 20,38 = 25,11^\circ\text{C}$$

Корпусларда эритмаларнинг қайнаш температуралари

$$t_{\kappa 1} = t_{\text{уб2}} + \Delta_1 + \Delta_1 + \Delta_1 = 131,01 + 1,02 + 1,72 + 1 = 134,75^\circ\text{C}$$

$$t_{\kappa 2} = t_{\text{уб3}} + \Delta_2 + \Delta_2 + \Delta_2 = 112,38 + 2,12 + 3,3 + 1 = 118,8^\circ\text{C}$$

$$t_{\kappa 3} = t_{\text{бк}} + \Delta_3 + \Delta_3 + \Delta_3 = 70,36 + 8,15 + 20,38 + 1 = 99,89^\circ\text{C}$$

Фойдали температуралар фарқини ҳисоблаш

$$\sum \Delta t_{\phi} = \Delta t_{\phi 1} + \Delta t_{\phi 2} + \Delta t_{\phi 3}$$

$$\Delta t_{\phi 1} = t_{\text{уб1}} - t_{\kappa 1} = 144,98 - 134,75 = 10,23^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{\phi 2} = t_{\text{уб2}} - t_{\kappa 2} = 131,01 - 118,8 = 12,21^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{\phi 3} = t_{\text{уб3}} - t_{\kappa 3} = 112,38 - 99,89 = 12,49^\circ\text{C}$$

Унда умумий фойдали температуралар фарқи :

$$\sum \Delta t_{\phi} = \Delta t_{\phi 1} + \Delta t_{\phi 2} + \Delta t_{\phi 3} = 10,23 + 12,21 + 12,49 = 33,93^\circ\text{C}$$

Текшириб кўрсак :

$$\sum \Delta t_{\phi} = t_{\text{уб1}} - t_{\text{бк2}} - (\sum \Delta + \sum \Delta + \sum \Delta) = 143,98 - 71,36 - (3 + 11,29 + 25,11) = 33,22^\circ\text{C}$$

Конструкция материал танлаш: X17 маркали пўлатнинг йиллик коррозия тезлиги -0,1 мм, иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентини $\lambda = 25,1 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$.

Иссиқлик ўтказиш коэффициентини

1 - корпус учун

$$K_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

Деворнинг термик қаршилиги

$$\sum \frac{\delta}{\lambda} = 2,87 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Конденсацияланаётган буғдан деворга иссиқлик бериш

$$\alpha_1 = 2,04 \cdot \sqrt{\frac{2138 \cdot 10^3 \cdot 927^2 \cdot 0,683^3}{0,197 \cdot 10^{-3} \cdot 6 \cdot 2}} = 8092,36 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$$\Delta t_1 = 2^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{пп}} = t_{\text{б4}} - \Delta t_1 / 2 = 144 - 2 / 2 = 143^\circ\text{C}$$

Солиштирма иссиқлик юклама:

$$q = \alpha_1 \cdot \Delta t_1 = \frac{1}{\sum \frac{\sigma}{\lambda}} \cdot \Delta t_1 = \alpha_2 \cdot \Delta t_2$$

$$\Delta t_v = \alpha_1 \cdot \Delta t_1 \cdot \sum \frac{\sigma}{\lambda} = 8092,36 \cdot 2 \cdot 2,87 \cdot 10^{-4} = 4,6^\circ C$$

$$\Delta t_2 = \Delta t_{\phi 1} - \Delta t_d - \Delta t_1 = 9,23 - 4,6 - 2 = 2,6^\circ C$$

Қайнаётган эритмага девордан иссиқлик бериш коэффициенти

$$\alpha_2 = A \cdot q^{0,6} \cdot \frac{\lambda_1^{1,3} \cdot \rho_1^{0,6} \cdot \rho_{bl}^{0,06}}{\sigma_1^{0,5} \cdot \Gamma_1^{0,6} \cdot \rho_0^{0,66} \cdot c_1^{0,3} \cdot \mu_1^{0,3}} =$$

$$= 780 \cdot (8092,36)^{0,6} \cdot \frac{0,06626^{1,3} \cdot 1090^{0,5} \cdot 3,75^{0,06}}{0,058^{0,3} \cdot (2172 \cdot 10^3)^{0,6} \cdot 0,579^{0,66} \cdot 3771^{0,3} \cdot (0,19710^{-3})^{0,3}} = 4795 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Солиштира иссиқлик юклама:

$$q = \alpha_1 \cdot \Delta t_1 = 8092,36 \cdot 2 = 16184,72 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$$q^* = \alpha_2 \cdot \Delta t_2 = 4795 \cdot 2,6 = 12467 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Температуралар фарқи:

$$\Delta t_1 = 3^\circ C$$

Иссиқлик бериш коэффициентини аниқлаш:

$$\alpha_1 = 8092,36 \cdot \sqrt[4]{\frac{2}{3}} = 7312 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$$\Delta t_g = 7312 \cdot 3 \cdot 2,87 \cdot 10^{-4} = 6,3$$

$$\Delta t_2 = 10,23 - 3 \cdot 6,3 = 1,07$$

Иссиқлик бериш коэффициентини аниқлаш:

$$\alpha_2 = 14,3 \cdot (7312 \cdot 3)^{0,6} = 5754,8 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Солиштира иссиқлик юклама:

$$q = 7312 \cdot 3 = 21936 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$$q^* = 5754,8 \cdot 1,07 = 9783,16 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$$q^* \neq q$$

Иссиқлик бериш коэффициентини аниқлаш:

$$\alpha_1 = 8092,36 \cdot \sqrt[4]{\frac{2}{2,6}} = 1556,2 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Девор температураси:

$$\Delta t_{CT} = 1556,2 \cdot 2,6 \cdot 2,87 \cdot 10^{-4} = 1,1612$$

$$\Delta t_2 = 10,23 - 2,6 - 1,1612 = 6,4688$$

Иссиқлик бериш коэффициентини аниқлаш:

$$\alpha_2 = 14,3 \cdot (1556,2 \cdot 2,6)^{0,6} = 2087,17 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$$q' = 1556 \cdot 2,6 = 14046,12 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$$q'' = 2087,17 \cdot 6,4688 = 13501,53 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$$q' \neq q''$$

Иссиқлик ўтказиш коэффициентлари

$$K_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\sigma}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{1556,2} + 2,87 \cdot 10^{-4} + \frac{1}{2087,17}} = 1709,87 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$$K_1 : K_2 : K_3 = 1 : 0,58 : 0,34$$

$$K_2 = 991,72 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

I - корпусдаги иссиқлик сарфи:

$$Q_1 = w_1 \cdot r_1 = 0,275 \cdot 2172000 = 597300 \text{ Вт}$$

II- корпусдаги иссиқлик сарфи:

$$Q_2 = w_2 \cdot r_2 - G_1 C_1 (t_1 - t_2) = 0,3032 \cdot 2222,031 - 1,03 \cdot 3771 \cdot (134,75 - 118,8) = 611767,9 \text{ Вт}$$

III- корпусдаги иссиқлик сарфи:

$$Q_3 = w_3 \cdot r_3 - G_2 C_2 (t_2 - t_3) = 0,3308 \cdot 2313021 - 0,73 \cdot 3561 \cdot (118,8 - 99,89) = 715990,23 \text{ Вт}$$

II - корпусда иситувчи буғнинг сарфи :

$$\frac{597300}{2137800} = 0,27939 \text{ кг/с}$$

Фойдали температуралар фарқини корпуслар бўйича тақсимланиши

$$I - \text{ корпусда} \quad \frac{597300}{1709,87} = 350$$

$$II - \text{ корпусда} \quad \frac{611767,9}{991,72} = 616,8$$

$$III - \text{ корпусда} \quad \frac{715990,23}{581,35} = 1231,6$$

$$\sum \frac{Q}{K} = 2198,4$$

Корпуслар бўйича фойдали температуралар

$$\Delta t_1 = 350 \cdot \frac{33,21}{2198,4} = 5,32^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_2 = 616,8 \cdot \frac{33,21}{2198,4} = 9,8^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_3 = 1231,6 \cdot \frac{33,21}{2198,4} = 18,6^\circ\text{C}$$

$$\sum \Delta t_\phi = 33,22$$

Иссиқлик юзасини аниқлаш

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t}$$

$$F_1 = \frac{597300}{1709,87 \cdot 5,32} = 66,3 \text{ м}^2$$

69,7

$$F_2 = \frac{611767,3}{991,72 \cdot 9,3} = 66,3 \text{ м}^2$$

$$F_3 = \frac{715990,23}{581,35 \cdot 18,6} = 66,3 \text{ м}^2$$

ГОСТ 11987-81 бўйича 3-8 жадвалдан қуйидаги характеристикага қараб (номинал иссиқлик алмашиниш юзаси $F=100 \text{ м}^2$ тип 2, ижро 1 бўлган) бўғлатиш қурилмасини танлаймиз.

Трубаларнинг диаметри	$d=38 \times 2 \text{ мм}$
Трубалар баландлиги	$H=6000 \text{ мм}$
Иситувчи камера диаметри	$d=800 \text{ мм}$
Сепаратор диаметри	$D_c=2200 \text{ мм}$
Циркуляцион труба диаметри	$d_u=500 \text{ мм}$
Қурилманинг умумий узунлиги	$L=21000 \text{ мм}$
Қурилманинг массаси	$M_a=11300 \text{ кг}$

Гидравлик ҳисоб

NaOH эритмасини 20°C температурада $G=1,305 \text{ кг/с}$ сарф билан идишдан қурилмага узатиб бериш керак.

Зарур напор $H_2=4,5 \text{ м}$. Труба қувурининг узунлиги $L=15 \text{ м}$.

Труба қувурининг диаметри

$$d = \sqrt{4G / \rho \cdot \pi \cdot w} = \sqrt{4 \cdot 1,305 / 1109 \cdot 3,14 \cdot 1,038} = 0,038 \text{ м}$$

Стандарт диаметрли труба танлаймиз, яъни $d=40 \text{ мм}$.

Унда эритманинг трубадаги ҳақиқий тезлиги

$$w = \frac{4 \cdot G}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 1,305 / 1109}{3,14 \cdot 0,038^2} = 1,038 \text{ м/с}$$

Ҳаракат режими :

$$Re_1 = \frac{wd\rho}{\mu} = \frac{wd}{\nu} = \frac{1,038 \cdot 0,038}{0,295 \cdot 10^{-6}} = 1337084$$

Гидравлик ишқаланиш коэффициентлари :

$$\lambda = \frac{0,316}{Re^{0,25}} = \frac{0,316}{133708,4^{0,25}} = 0,0165$$

Махаллий коэффициентлар қаршилиги :

- трубага кириш - $\xi_1=0,5$;
- задвишка - $\xi_2=0,5$;
- 90°ли 3 та бурулиш - $\xi_3=0,15 \times 3=0,45$;
- нормал вентил - $\xi_4=4,9$;
- трубадан чиқиш - $\xi_5=1,0$;
- Жами: - $\xi_6=7,35$

Напор йўқотилишини аниқлаймиз:

$$h_u = \left(\lambda \frac{l}{d} + \sum \varepsilon \right) \cdot \frac{w^2}{2 \cdot g} = \left(0,0165 \cdot \frac{15}{0,038} + 7,35 \right) \cdot \frac{1,038^2}{2 \cdot 9,81} = 0,76 \text{ м}$$

Насос ҳосил қилаётган напор

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + H_r + h_u = \frac{101325}{1109 \cdot 9,81} + 4,5 + 0,76 = 14,57 \text{ м} \approx 15 \text{ м}$$

$$V = \frac{w \pi d^2}{4} = \frac{1,038 \cdot 3,14 \cdot (0,04)^2}{4} = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с}$$

Шу иккала параметер орқали 1-9 жадвалдан марказдан қочма насос танлаймиз.

Параметр номи	Белгиланиши	Ўлчов бирлиги
Насос тури	X8/18	-
Унумдорлиги	$V=2,4 \cdot 10^{-3}$	м ³ /с
Напор	$H=14,8$	м
Айланиш частотаси	$n=48,3$	1/с
Ф.и.к.	$\eta_n=0,4$	-
Электр юриткич	АОА-31-2	-
Электр юриткич қуввати	$N=3$	кВт
Электр юриткич ф.и.к.	$\eta_{эл}=0,82$	-

Механик ҳисоб

- Сепаратор обечайкасининг қалинлигини топамиз:

$$\delta = \frac{R_x \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]} + C + C_{\text{якл}} = \frac{1,8 \cdot 0,3}{2 \cdot 138 \cdot 0,95} + 0,001 + C_{\text{якл}} = 3 \text{ мм}$$

- Днишче қалинлигини аниқлаш:

$$\delta = \frac{D}{2[\sigma] \cdot \varphi_0 \cdot \cos \alpha} + C + C_{\text{якл}} = \frac{1,8}{2 \cdot 138 \cdot 0,89 \cdot \cos \alpha} + C_k + C_{\text{якл}} = 11 \text{ мм}$$

- Штуцер ҳисоби. Эритма учун $D_{ш}=40$ мм.

Буг учун ушбу формуладан аниқланади:

$$d = \sqrt{\frac{4V}{\pi w}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,305}{3,14 \cdot 1109}} = 0,038 \text{ м}$$

ГОСТ 26-1472-76 буйича 40 мм ли стандарт шуцер танлаймиз.

ГОСТ 1255-67 буйича фланецли бирикма танлаш.

Буг учун	Эритма учун
$D_w=40$	$D_w=40$
$D_\phi=130$	$D_\phi=130$
$D_6=100$	$D_6=100$
$D_1=80$	$D_1=80$
$D_2=70$	$D_2=70$

3.5.3. Мажбурий конвекцияли уч корпусли буглаткич ҳисоби

$G_6=20$ т/соат аммиакли селитра эритмасини бошланғич $x_6=65\%$ концентрациядан $x_{ox}=94\%$ гача концентрлаш учун уч корпусли буглаткич (тип 3, ижро 2) қурилма ҳисоблансин ва лойиҳалансин.

1. Иситиш $P_{ul}=6$ атм босимли тўйинган сув буғи билан амалга оширилаяпти.
2. Барометрик конденсатордаги босим - $P_{6к}=0,25$ атм.
3. Буглатиш аппаратининг тури - тип 3, ижро 2
4. Буг ва эритманинг ўзаро ҳаракат йўналиши – параллел.
5. Экстра буг олинмайди.
6. Эритма биринчи корпусга қайнаш температурасигача қизиган ҳолда узатилади.

Буглатиш аппаратлари иссиқлик алмашилиш юзасини аниқлаш

Буглатиш қурилмасининг ҳар бир корпусини иссиқлик алмашилиш юзасини иссиқлик узатишнинг асосий тенгламасидан аниқланади:

$$F = Q / K \Delta t_n$$

Иссиқлик юкмаси Q , иссиқлик узатиш коэффициентлари K ва температуралар фойдали фарқини Δt_n аниқлаш учун буглатилувчи сув, эритмалар концентрациясини ва улар температураларини корпуслар бўйича тақсимотини билиш зарур. Бу катталиқлар кетма-кет яқинлашиш усули билан топилади.

Биринчи яқинлашиш. Қурилманинг буглатилаётган сув бўйича унумдорлиги моддий баланс тенгламасидан аниқланади:

$$W = G_6 (1 - x_6 / x_{ox})$$

1-тенгламадан қуйидагини оламиз:

$$W = 5,56 \cdot (1 - 65/94) = 5,56 \cdot (0,3) = 1,71 \text{ кг/с}$$

Буглатилаётган эритма концентрацияларини ҳисоблаш

Эритма концентрацияларини қурилма корпуслари бўйича тақсимланиши ҳар бир корпусда сувни буглатиш бўйича юктамалар нисбатларига боғлиқ. Биринчи яқинлашишда,

амалиётдан келиб чикиб, буғлатилаётган сув бўйича унумдорлик корпуслар бўйича қуйидаги нисбатда тақсимланади деб қабул қилинади:

$$w_1 : w_2 : w_3 = 1,0 : 1,1 : 1,2$$

У ҳолда

$$w_1 = \frac{1,0W}{1,0 + 1,1 + 1,2} = \frac{W}{3,3} 1,0 = 0,518 \text{ кг/с}$$

$$w_2 = \frac{1,1W}{3,3} = 0,57 \text{ кг/с}$$

$$w_3 = \frac{1,2W}{3,3} = 0,622 \text{ кг/с}$$

Сўнг корпуслардаги эритмалар концентрациялари ҳисобланади:

$$x_1 = \frac{G_H x_H}{G_H - w_1} = \frac{5,56 \cdot 0,65}{5,56 - 0,518} = \frac{3,614}{5,042} = 0,717$$

$$x_2 = \frac{G_H x_H}{G_H - w_1 - w_2} = \frac{3,614}{4,472} = 0,808$$

$$x_3 = \frac{G_H x_H}{G_H - w_1 - w_2 - w_3} = \frac{3,614}{3,85} = 0,939$$

Охириги корпусдаги эритма концентрацияси x_3 буғлатилган эритманинг берилган концентрацияси $x_{ох}$ га тенг.

Эритмалар қайнаш температураларини аниқлаш

Қурилмада босимларнинг умумий йўқолиши:

$$\Delta P_{yw} = P_{r1} - P_{ок} = 0,6 - 0,025 = 0,575 \text{ МПа}$$

Биринчи яқинлашишда босимларнинг умумий йўқолишини корпуслар бўйича тенг қилиб оламиз. У ҳолда иситувчи буғнинг корпуслардаги босимлари

$$P_{r1} = 0,6 \text{ МПа}$$

$$P_{r2} = P_{r1} - \Delta P_{об} / 3 = 0,6 - 0,575 / 3 = 0,41 \text{ МПа}$$

$$P_{r3} = P_{r2} - \Delta P_{об} / 3 = 0,41 - 0,575 / 3 = 0,218 \text{ МПа}$$

Барометрик конденсаторда буғнинг босими

$$P_{ок} = P_{r3} - \Delta P_{об} / 3 = 0,218 - 0,575 / 3 = 0,026$$

бу берилган катталиқка $P_{бк}$ тенг.

Буг босимлари буйича унинг температура ва энтальпияларини топамиз [26,49]:

Босим, МПа	Температура, °C	Энтальпия, кЖ/кг
$P_{r1}=0,6$	$t_{r1}=158$	$I_1=2758$
$P_{r2}=0,41$	$t_{r2}=142$	$I_2=2743$
$P_{r3}=0,218$	$t_{r3}=120$	$I_3=2726$
$P_{бк}=0,026$	$t_{бк}=32$	$I_{бк}=2541$

Аппаратларда эритмаларнинг қайнаш температураларини аниқлашда куйидаги соддалаштиришларга йўл қўйилади. Жадал циркуляцияли буғлатиш аппаратида концентрацияларнинг тақсимланиши идеал аралаштириш моделига мосдир. Шунинг учун қайнаётган эритманинг концентрациясини шу корпусдаги концентрацияга тенг қилиб олинади ва демакки, эритманинг қайнаш температурасини концентрация буйича топилади.

Қайнаш температурасини трубалар баландлиги буйича ўзгариши суюқлик устунни гидравлик босимини ўзгариши оқибатида содир бўлади. Корпусда эритманинг қайнаш температурасини суюқлик ўрта қатламидаги қайнаш температурасига мос қилиб олинади. Шу тариқа корпусдаги эритманинг қайнаш температураси кейинги корпусдаги иситувчи буғ температурасидан фарқ қилади ва бу фарқ температуралар (Δ), гидростатик (Δ''), гидродинамик (Δ''') депрессиялар туфайли температуралар йўқотилишлари йиғиндисига тенг.

Гидродинамик депрессия буғнинг корпусдан корпусга ўтишида трубалар гидравлик қаршилигини энгишдаги босим йўқотилишлари билан боғлиқ. Одатда, ҳисоб ишларида ҳар бир корпус учун $\Delta'''=1,0-1,5^\circ\text{C}$ деб қабул қилинади. Ҳар бир корпус учун $\Delta'''=1^\circ\text{C}$ деб қабул қиламиз. У холда корпуслардаги иккиламчи буғ температуралари:

$$t_{ба1} = t_{r2} + \Delta_1''' = 142 + 1 = 143$$

$$t_{ба2} = t_{r3} + \Delta_2''' = 120 + 1 = 121$$

$$t_{ба3} = t_{бк} + \Delta_3''' = 32 + 1 = 33$$

Депрессиялар йиғиндис

$$\sum \Delta''' = \Delta_1''' + \Delta_2''' + \Delta_3''' = 1 + 1 + 1 = 3^\circ\text{C}$$

Иккиламчи буғ температуралари буйича уларнинг босимларини аниқлаймиз:

Температура, °C	Босим, МПа
$t_{ба1}=143$	$P_{ба1}=0,42$
$t_{ба2}=121$	$P_{ба2}=0,228$
$t_{ба3}=33$	$P_{ба3}=0,027$

Гидростатик депрессия қайнаётган эритма ўрта қатлами ва юзасидаги босимлар фарқи билан белгиланади. Ҳар бир корпусда қайнаётган эритманинг ўрта қатламидаги босим $P_{ур}$ куйидаги тенгламадан аниқланади

$$P_{ур} = P_{ба} + \frac{\rho g H}{2} \cdot (1 - \varepsilon) \quad (3.36)$$

бу ерда H – қурилманинг иситувчи трубаларининг баландлиги, м; ρ – қайнаётган эритманинг зичлиги, $\text{кг}/\text{м}^3$; ε – буг улуши (қайнаётган эритмадаги бугнинг ҳажмий улуши), $\text{м}^3/\text{м}^3$.

Н нинг қийматини танлаш учун буглатиш аппаратининг иссиқлик узатиш юзасини F_{op} тахминий баҳолаш лозим. Сувли эритмалар қайнашида табиий циркуляцияли аппаратлар учун нисбий иссиқлик юкласини $q=20\ 000-50\ 000\ \text{Вт}/\text{м}^2$, мажбурий циркуляцияли аппаратлар учун $q=40000\ \text{Вт}/\text{м}^2$ деб қабул қилиш мумкин. У ҳолда 1-корпуснинг иссиқлик узатиш юзаси тахминан қуйидагига тенг:

$$F_{op} = \frac{Q}{q} = \frac{w_1 r_1}{q} = \frac{0,518 \cdot 2068 \cdot 10^3}{4000} = 0,267 \cdot 10^3 = 267\ \text{м}^2$$

ГОСТ 11987-81 бўйича 3-6 жадвалдан табиий циркуляцияли ва иситиш камераси ажратилган (тип 1, ижро 2) трубкали аппаратлар баландлиги 4 ва 5 метрли, диаметри $d_m=38$ мм ва девор қалинлиги $\delta_0=2$ мм иситувчи трубалардан иборат. Иситувчи трубалар баландлигини $H=4$ м деб оламиз.

Пуфакчали қайнаш режимида буг улуши $\varepsilon=0,4\dots 0,6$ ни ташкил қилади. $\varepsilon=0,5$ деб оламиз. Сувли эритмалар, шу жумладан NaNO_3 эритманинг [5,26], зичлиги 15°C температура ва корпуслардаги тегишли концентрацияларда қуйидагига тенг:

$$\rho_1 = 1002,3\ \text{кг}/\text{м}^3; \quad \rho_2 = 1031,3\ \text{кг}/\text{м}^3; \quad \rho_3 = 1151,3\ \text{кг}/\text{м}^3.$$

Корпуслардаги эритмалар зичликларини аниқлашда ҳажмий кенгайиш коэффицентининг қиймати кичик бўлгани ва ε қиймати қабул қилингани сабабли температура 15°C дан қайнаш қийматигача ошганида зичлик ўзгаришини эътиборга олмаймиз. Корпуслар иситиш трубаларининг ўрта қатламидаги босимлар (Па) қуйидагига тенг

$$P_{1yp} = P_{аб1} + \frac{\rho_1 g H}{2} (1 - \varepsilon) = 42 + \frac{1002,3 \cdot 9,8 \cdot 4}{2} (1 - 0,5) = 43 \cdot 10^4$$

$$P_{2yp} = P_{аб2} + \frac{\rho_2 g H}{2} (1 - \varepsilon) = 22,8 + \frac{9,8 \cdot 1031,3 \cdot 4}{2} (1 - 0,5) = 23,9 \cdot 10^4$$

$$P_{3yp} = P_{аб3} + \frac{\rho_3 g H}{2} (1 - \varepsilon) = 0,27 + \frac{9,8 \cdot 1151,3 \cdot 4}{2} (1 - 0,5) = 1,37 \cdot 10^4$$

Бу босимларга қуйидаги қайнаш температуралари ва эритманинг бугланиш иссиқликлари мос келади:

Босим, МПа	Температура, $^\circ\text{C}$	Ғланиш иссиқлиги, $\text{кЖ}/\text{кг}$
$P_{1yp}=0,43$	$t_{1yp}=146,7^\circ\text{C}$	$r_{6a1}=2132$
$P_{2yp}=0,23$	$t_{2yp}=123,2^\circ\text{C}$	$r_{6a2}=2198$
$P_{3yp}=0,0137$	$t_{3yp}=24,3^\circ\text{C}$	$r_{6a3}=2380$

Корпуслардаги гидростатик депрессияларни аниқлаймиз ($^\circ\text{C}$):

$$\Delta_1'' = t_{1yp} - t_{6a1} = 146,7 - 143 = 3,7$$

$$\Delta_2'' = t_{2yp} - t_{6a2} = 123,2 - 121 = 2,2$$

$$\Delta_3'' = t_{3yp} - t_{6a3} = 33 - 24,3 = 8,7$$

Гидростатик депрессиялар йиғиндиси:

$$\sum \Delta'' = \Delta_1'' + \Delta_2'' + \Delta_3'' = 3,7 + 2,2 + 8,7 = 14,6^\circ\text{C}$$

Температура депрессияси

$$\Delta' = 1,62 \cdot 10^{-2} \cdot (T^2 / r_{\text{ба}}) \Delta'_{\text{атм}}$$

бу ерда T – иситувчи трубалар ўрта қатламидаги буғларнинг температуралари, К; $\Delta'_{\text{атм}}$ – атмосфера босимидаги температуралар депрессияси (И12-жадвалга қаранг).

Корпуслар бўйича Δ' ($^\circ\text{C}$) нинг қийматларини топамиз:

$$\Delta'_1 = 1,62 \cdot 10^{-2} \frac{(146,7 + 273)^2}{2132} \cdot 1,4 = 133,8 \cdot 10^{-2} = 1,33$$

$$\Delta'_2 = 1,62 \cdot 10^{-2} \frac{(123,2 + 273)^2}{2198} \cdot 3 = 347 \cdot 10^{-2} = 3,47$$

$$\Delta'_3 = 1,62 \cdot 10^{-2} \frac{(24,3 + 273)^2}{2198} \cdot 23,6 = 1537,4 \cdot 10^{-2} = 15,37$$

Депрессияларнинг йиғиндиси:

$$\sum \Delta' = \Delta'_1 + \Delta'_2 + \Delta'_3 = 1,33 + 3,47 + 15,37 = 20,17^\circ\text{C}$$

Корпусларда эритмаларнинг қайнаш температуралари ($^\circ\text{C}$):

$$t_{k1} = t_{r2} + \Delta'_1 + \Delta''_1 + \Delta_1''' = 142 + 1,33 + 3,7 + 1 = 148,3$$

$$t_{k2} = t_{r3} + \Delta'_2 + \Delta''_2 + \Delta_2''' = 120 + 3,47 + 2,2 + 1 = 126,67$$

$$t_{k3} = t_{\text{ок}} + \Delta'_3 + \Delta''_3 + \Delta_3''' = 32,0 + 15,37 + 8,7 + 1 = 57,07$$

Юпқа қатламли буғлатиш қурилмаларида қайнаш температураларини ҳисоблаш даврида (тип 3, ижро 1) гидростатик депрессия Δ'' эътиборга олинмайди (3-10 жадвал). Эритманинг аппаратдаги ҳаракати тўлиқ сиқиб чиқариш моделига мос деб қаралиб, бу аппаратлардаги қайнаш температуралари ушбу корпусдаги босимда бошланғич ва охириги концентрацияли эритмалар қайнаш температуралари ўртача қиймати сифатида аниқланади.

ж-корпус учун иссиқлик баланс тенгламаси қуйидагича ёзилади:

$$G_{Hj} c_{Hj} (t_{kj-1} - t_{kj}) + M_{cHj} \Delta t_{непj} = w_j (I_{енj} - c_6 t_{kj})$$

бу ерда M – циркуляцион насос унумдорлиги (кг/с), унинг тури иссиқлик узатиш юзаси $F_{ур}$ бўлган буғлатиш қурилмалари каталогидан аниқланади.

Биринчи корпус учун $t_{кж-1}$ – бу иситкичдан қурилмага келаётган эритма температураси.

Мажбурий циркуляцияли аппаратда трубкадаги эритма тезлиги $w=2,0-2,5$ м/с бўлганида циркуляцион насослар юқори даражада ривожланган турбулент режимини ҳосил қилиб беради.

Иситиш камераси ташқарига ўрнатилган ва табиий циркуляцияли аппаратларда, одатда, эритманинг тезлиги $w=0,6...0,8$ м/с га етади. Бу аппаратлар учун циркуляция қилинадиган эритманинг массаси:

$$M = wSp$$

бу ерда S – қурилмадаги оқимнинг қўндаланг кесим юзаси, m^2 ;
 U қуйидаги формуладан аниқланади

$$S = F_{yp} d_n / 4H$$

бу ерда d_n – трубаларнинг ички диаметри, м; H – трубаларнинг қабул қилинган баландлиги, м.
 Шундай қилиб, ж-аппаратдаги эритманинг ўта қизиши $\Delta t_{жкжк}$ тенг:

$$\Delta t_{жкжк} = \frac{w_j (I_{anj} - c_a t_{kj}) - G_{Hj} c_{Hj} (t_{kj-1} - t_{kj})}{Mc_{Hj}}$$

Ҳар бир корпусдаги температураларнинг фойдали фарқи қуйидаги тенгламадан ҳисобланиши мумкин:

$$\Delta t_{nj} = t_{rj} - (t_{kj} + \Delta t_{неpj} / 2)$$

Температуралар фойдали фарқини ҳисоблаш

Температуралар умумий фойдали фарқи қуйидагига тенг:

$$\Sigma \Delta t_n = \Delta t_{n1} + \Delta t_{n2} + \Delta t_{n3}$$

Корпуслар бўйича температуралар фойдали фарқи:

$$\Delta t_{n1} = t_{z1} - t_{k1} = 158 - 148,3 = 9,7$$

$$\Delta t_{n2} = t_{z2} - t_{k2} = 142 - 126,67 = 15,33$$

$$\Delta t_{n3} = t_{z3} - t_{k3} = 120 - 57,07 = 62,93$$

У ҳолда температуралар умумий фойдали фарқи

$$\Sigma \Delta t_{\phi} = \Delta t_{n1} + \Delta t_{n2} + \Delta t_{n3} = 9,7 + 15,33 + 62,93 = 87,96^{\circ}C$$

Температуралар умумий фойдали фарқини текшираемиз:

$$\Sigma \Delta t_n = t_{z1} - t_{ок} - (\Sigma \Delta t' + \Sigma \Delta t'' + \Sigma \Delta t''') = 158 - 32 - (20,17 + 14,6 + 3) = 87,96^{\circ}C$$

Иссиқлик юкламаларини аниқлаш

Корпуслар бўйича иссиқлик баланс тенгламаларини ва бутун қурилма учун сув бўйича баланс тенгламасини биргаликда ечиш орқали иситувчи буғнинг 1-корпусдаги

сарфини, буглатилган сув бўйича ҳар бир корпуснинг унумдорлигини ҳамда корпусларнинг иссиқлик юкламаларини аниқлаймиз:

$$Q_1 = D(I_{r1} - i_1) = 2,03 [G_H c_H (t_{k1} - t_H) + w_1 (I_{en1} - c_a t_{k1}) + Q_{конц}] \quad (3.37)$$

$$Q_2 = w_1 (I_{r2} - i_2) = 2,03 [(G_H - w_1) c_1 (t_{k2} - t_{k1}) + w_2 (I_{en2} - c_a t_{k2}) + Q_{2, конц}] \quad (3.38)$$

$$Q_3 = w_2 (I_{r3} - i_3) = 2,03 [(G_H - w_1 - w_2) c_2 (t_{k3} - t_{k2}) + w_3 (I_{en3} - c_a t_{k3}) + Q_{3, конц}] \quad (3.39)$$

бу ерда 1,03-иссиқликни атроф муҳитга 3% йўқолишини эътиборга олувчи коэффициент.

(3.37) - (3.39) тенгламаларни ечишда $I_{ба1} \approx I_{р2}$; $I_{ба2} \approx I_{р3}$; $I_{ба3} \approx I_{бк}$ деб қабул қилиш мумкин.

$$t_H = t_{en1} + \Delta'_H = 143 + 1 = 144$$

бу ерда Δ'_6 - дастлабки эритма учун температуралар депрессияси.

Концентрацияланиш иссиқлигини концентрация ва температурага боғлиқлигини таҳлили шуни кўрсатдики, бу боғлиқлик учинчи корпус учун энг каттадир. Шу сабабли 3-корпус учун концентрацияланиш иссиқлигини ҳисоблаймиз:

$$K_{3, конц} = 5,56 \cdot 0,09(963,7 - 838) = 62,9 \text{ кВт}$$

$Q_{3, конц}$ ни 3-корпус учун тахминий иссиқлик юкласи $Q_{3ор}$ билан таққослаймиз:

$$Q_{3ор} = (G_H - w_1 - w_2) c_2 (t_{k3} - t_{k2}) + w_3 (I_{en3} - c_a t_{k3}) = (5,56 - 0,518 - 0,57) \cdot 4,45 \cdot (57,07 - 126,67) + 0,622(2596 - 4,19 \cdot 57,07) = 80,83 \text{ кВт}$$

ва қуйидагини оламиз:

$$Q_1 = D(2768 - 659,3) = 2,03 [5,56 \cdot 4,42(148,3 - 144) + 0,518(2742 - 4,19 \cdot 148,3)] = 2449,2$$

$$Q_2 = w_1(2742 - 596) = 2,03 [(5,56 \cdot 0,518) \cdot 3,77 \cdot (126,67 - 148,3) + 0,57(2743 - 4,19 \cdot 126,67)] = 1724,9$$

$$Q_3 = 0,57(2723 - 506) = 2,03 [(5,56 \cdot 0,518 - 0,57) \cdot 3,44 \cdot (57,07 - 126,67) + 0,622(2698 - 4,19 \cdot 57,07)] = 1263$$

Тенгламалар системасини ечиш қуйидаги натижаларни беради:

$$D=4,2 \text{ кг/с}; \quad w_1=0,518 \text{ кг/с}; \quad w_2=0,57 \text{ кг/с}; \quad w_3=0,622 \text{ кг/с}; \\ Q_1=2449 \text{ кВт}; \quad Q_2=1724 \text{ кВт}; \quad Q_3=1263 \text{ кВт}.$$

Олинган катталикларни 3-4 жадвалга киритамиз.

Ҳар бир корпусда буглатилган сув бўйича ҳисобланган юкламанинг дастлаб қабул қилинган қийматларидан энг катта фарқи 3% дан ошмайди ($w_1=0,518$ кг/с, $w_2=0,57$ кг/с, $w_3=0,622$ кг/с). Шунинг учун концентрация ва температураларни корпуслар бўйича қайтадан ҳисоблаш шарт эмас.

Параметр	Корпуслар		
	1	2	3
Буглатилаётган сув бўйича унумдорлик η , кг/с	0,518	0,57	0,622
Эритмалар концентрацияси x , %	71,7	30,08	93,9
Иситувчи буг босими P_u , МПа	0,6	0,41	0,218
Иситувчи буг температураси t_z , °С	158	142	120
Температура йўқотуви $\sum \Delta$, град	3,7	2,2	15,37
Эритманинг қайнаш температураси t_k , °С	148,3	26,67	57,07
Температуралар фойдали фарқи Δt_ϕ , °С	9,7	15,33	62,93

Конструкциян материални танлаш

Концентрация ўзгариш интервали 65 дан 94% гача бўлган, қайнаётган $NaNO_3$ эритма мухитига чидамли конструкциян материал танлаймиз. Бундай шароитларда пулат Х17 маркаси кимёвий чидамлидир. Унинг занглаш тезлиги 0,1 мм/йил, иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентини $\lambda=25,1$ Вт/(м·К).

Иссиқлик узатиш коэффициентларини ҳисоблаш

Биринчи корпус учун иссиқлик узатиш коэффициенти K_1 термик қаршиликлар аддитивлиги тенгласидан аниқланади:

$$K_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

Умумий термик қаршилик девор ва ҳосил бўлувчи қуйқа, ифлосликлар термик қаршиликлари (δ/λ_δ ; δ_k/λ_k) йиғиндисига тенг. Буг томонидан ифлосликларнинг термик қаршилигини эътиборга олмаймиз. Қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$\sum \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,004}{28,3} + \frac{0,008}{2,82} = 0,00014 + 0,00028 = 4,2 \cdot 10^{-4} [(m^2 \cdot K / Bm)]$$

α_1 ни кетма-кет яқинлашиш усули билан ҳисобланади. Биринчи яқинлашишда $\Delta t_1=2,0^\circ\text{C}$ деб оламиз. У ҳолда турғун иссиқлик узатиш жараёни учун қуйидаги тенглама ўринли

$$\alpha = \alpha_1 \cdot \Delta t_1$$

Бугдан девор орқали қайнаётган эритмага иссиқлик узатишда температураларнинг тақсимланиши 3.9-расмда кўрсатилган.

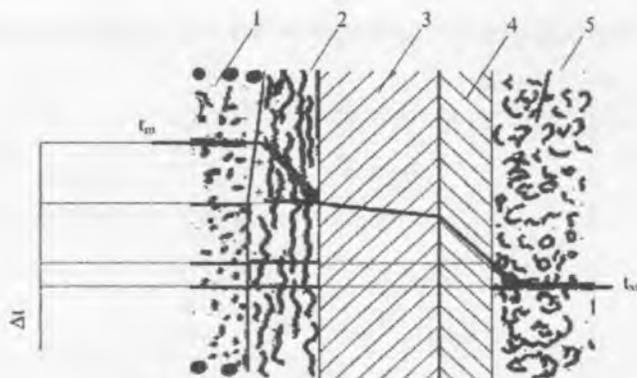
$$\Delta t_\phi = \alpha_1 \Delta t_1 \sum (\delta / \lambda) = 35350 \cdot 3 \cdot 2,87 \cdot 10^{-4} = 11,2^\circ\text{C}$$

У ҳолда

$$\Delta t_2 = \Delta t_{n1} - \Delta t_{cm} - \Delta t_1 = 15,33 - 3 - 11,2 = 1,13$$

Эритманинг табиий циркуляция шароитида вертикал иситиш трубаларда пуфакчали қайнаш учун девордан қайнаётган эритмага иссиқлик бериш коэффициенти қуйидагича аниқланади:

$$\alpha_2 = A \cdot q^{0,6} = 780 \cdot q^{0,6} \cdot \frac{\lambda_1^{1,3} \rho_1^{0,5} \rho_{n1}^{0,06}}{\sigma_1^{0,5} r_{\sigma 1}^{0,6} \rho_0^{0,66} c_1^{0,3} \mu_1^{0,3}} = 8890 \text{ Bm} / (m^2 \cdot K)$$



3.9-расм. Бугдан қайнаётган эритмага қўп қатламли девор орқали иссиқлик узатиш жараёнида температураларнинг тақсимланиши.
1 – буғ; 2 – конденсат; 3 – девор; 4 – қуйқа ва ифлосликлар;
5 – қайнаётган эритма.

Биринчи яқинлашишни нисбий иссиқлик юкламалари тенглиги бўйича текшираимиз:

$$q' = \alpha_1 \Delta t_1 = 14400 \cdot 2 = 28800 \text{ Вт} / \text{м}^2$$

$$q'' = \alpha_2 \Delta t_2 = 8890 \cdot 3,4 = 30226 \text{ Вт} / \text{м}^2$$

Кўринадикки $q' \neq q''$.

Иккинчи яқинлашиш учун $\Delta t_1 = 3,0^\circ\text{C}$ деб қабул қиламиз.

Температура 1°C га ўзгарганида конденсатнинг физик хоссалари ўзгаришини эътиборга олмай, α_1 ни қуйидаги муносабатдан ҳисоблаймиз:

$$\alpha_1 = 14400 \sqrt[4]{2/3} = 13011 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

У ҳолда қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$\Delta t_0 = 35350 \cdot 3 \cdot 2,87 \cdot 10^{-4} = 11,2^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_2 = 15,33 - 3 - 11,2 = 1,13^\circ\text{C}$$

$$\alpha_2 = 18,76 \cdot (13011 \cdot 3)^{0,6} = 10668 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$q' = \alpha_1 \Delta t_1 = 13011 \cdot 3 = 39033 \text{ Вт} / \text{м}^2$$

$$q'' = \alpha_2 \Delta t_2 = 10668 \cdot 1,13 = 12055 \text{ Вт} / \text{м}^2$$

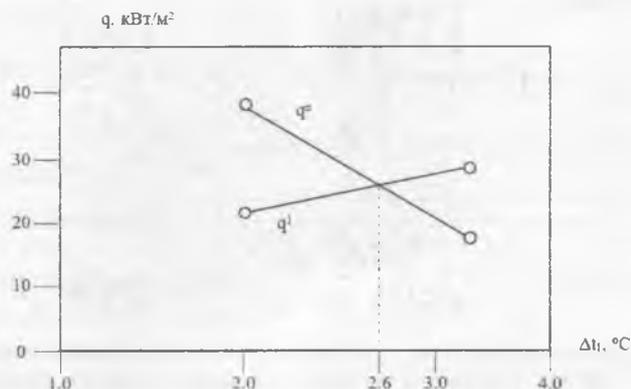
Учинчи яқинлашишда ҳисоблаш учун биринчи корпусда нисбий иссиқлик юкламасини q буғ ва девор температуралари фарқига график боғлиқлигини кураимиз (3.10-расм) ва $\Delta t_1 = 2,6^\circ\text{C}$ деб оламиз.

$q' \neq q''$ экани маълум бўлди.

Бундан қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$\alpha_1 = 14400 \sqrt[4]{2/2,6} = 10710 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$\Delta t_2 = 13485 \cdot 2,6 \cdot 2,87 \cdot 10^{-4} = 10,06^\circ C$$



3.10-расм. Нисбий иссиқлик юкчасини q температуралар фаркига Δt_1 боғлиқлиги.

$$\Delta t_2 = 15,33 - 2,6 - 10,06 = 2,67^\circ C$$

$$\alpha_2 = 18,76 \cdot (13485 \cdot 2,6)^{0,6} = 10002 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)}$$

$$q' = \alpha_1 \Delta t_1 = 10710 \cdot 2,6 = 27846 \text{ Вт / м}^2$$

$$q'' = \alpha_2 \Delta t_2 = 10002 \cdot 2,67 = 26705 \text{ Вт / м}^2$$

Кўринадикки $q' \approx q''$.

Агар иссиқлик юкчалари орасидаги тафовут 3% дан ошмаса, у ҳолда α_1 ва α_2 коэффициентларини ҳисоблаш тўхтатилади. K_1 ни топамиз:

$$K_1 = \frac{1}{\frac{1}{13485} + 2,87 \cdot 10^{-4} + \frac{1}{10002}} = 2173,9 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)}$$

Сўнгра иккинчи корпус учун иссиқлик узатиш коэффициентини K_2 ҳисоблаймиз. Бунинг учун қуйидагиларни топамиз:

$$\alpha_1 = 2,04 \cdot \sqrt[4]{\frac{2070 \cdot 10^3 \cdot 720^2 \cdot 0,707^3}{0,11 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot 4,1}} = 2450 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)}$$

$$\Delta t_{cm} = 2450 \cdot 4,1 \cdot 2,87 \cdot 10^{-4} = 2,89^\circ C$$

$$\Delta t_2 = 9,7 - 2,89 - 4,1 = 2,71^\circ C$$

$$\alpha_2 = 12,77 \cdot (2450 \cdot 4,1)^{0,6} = 3216 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)}$$

$$q' = \alpha_1 \Delta t_1 = 2450 \cdot 4,1 = 9045 \text{ Вт / м}^2$$

$$q'' = \alpha_2 \Delta t_2 = 3216 \cdot 2,71 = 8715 \text{ Вт / м}^2$$

Кўришиб турибдики, $q' \approx q''$. Иссиқлик ўтказиш коэффициенти K_2 ни топамиз:

$$K_2 = \frac{1}{\frac{1}{2450} + 2,87 \cdot 10^{-4} + \frac{1}{3216}} = 2024 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)}$$

Иссиқлик бериш коэффициенти α_1 ни топамиз:

$$\alpha_1 = 2,04 \cdot \sqrt[4]{\frac{2144 \cdot 10^3 \cdot 0,23^2 \cdot 0,68^3}{0,24 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot 16}} = 2517 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)}$$

Девор температураси қуйидагича топилади:

$$\Delta t_0 = 2517 \cdot 16 \cdot 2,87 \cdot 10^{-4} = 11,56^\circ \text{C}$$

$$\Delta t_2 = 62,93 - 16 - 11,56 = 35,37^\circ \text{C}$$

Иссиқлик бериш коэффициенти α_1 ни топамиз:

$$\alpha_2 = 8,77 \cdot (2517 \cdot 16)^{0,6} = 5081,6 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)}$$

Солиштирма иссиқлик юкломани ҳисоблаймиз:

$$q' = \alpha_1 \Delta t_1 = 2517 \cdot 16 = 40272 \text{ Вт / м}^2$$

$$q'' = \alpha_2 \Delta t_2 = 5081,6 \cdot 8,14 = 41384 \text{ Вт / м}^2$$

Кўришиб турибдики, $q' \approx q''$. Иссиқлик ўтказиш коэффициенти K_3 ни аниқлаймиз:

$$K_3 = \frac{1}{\frac{1}{3216} + 2,87 \cdot 10^{-4} + \frac{1}{5081}} = 1455,6 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)}$$

Фойдали температуралар фарқининг тақсимланиши

Қурилма корпусларидаги температуралар фойдали фарқини уларнинг иссиқлик узатиш юзаларини тенглиги шартидан топамиз:

$$\Delta t_{nj} = \Sigma \Delta t_n \frac{Q_j / K}{\Sigma_{j=1} Q / K}$$

бу ерда Δt_{nj} , $Q_{ж}$, $K_{ж}$ – мос равишда ж-корпус фойдали температуралар фарқи, иссиқлик юкломаси ва иссиқлик ўтказатиш коэффициенти.

$$\Delta t_{n1} = 87,96 \frac{7392 / 2173}{\frac{7392}{2173} + \frac{7078}{2024} + \frac{6848}{1455}} = 24,26^\circ \text{C}$$

$$\Delta t_{n_2} = 87,96 (3,49 \div 12,28) = 28,71 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{n_3} = 87,96 (5,39 \div 12,28) = 34,97 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Курилманинг температуралар умумий фойдали фаркини текшираимиз:

$$\Sigma \Delta t_n = 24,26 + 28,71 + 34,97 = 87,96 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Энди буглатиш курилмаларининг иссиқлик алмашиниш юзаларини ҳисоблаймиз:

$$F_1 = \frac{6392 \cdot 10^3}{2173 \cdot 24,28} = 140 \text{ } \text{м}^2$$

$$F_2 = \frac{7078 \cdot 10^3}{2024 \cdot 28,71} = 140 \text{ } \text{м}^2$$

$$F_3 = \frac{7848 \cdot 10^3}{1455 \cdot 34,97} = 140 \text{ } \text{м}^2$$

Иссиқлик узатиш юзаларининг тенглиги шартидан тақсимланган ва температуралар фойдали фаркини дастлабки ҳисобланган қийматлари қуйида келтирилган:

	Корпуслар		
	1	2	3
1-яқинлашувда Δt_n , $^\circ\text{C}$ қийматларининг тақсимоти	24,28	28,71	34,97
Дастлабки ҳисобланган Δt_n , $^\circ\text{C}$ қийматлар	9,7	15,33	62,93

Иссиқлик узатиш юзасининг аниқ ҳисоби

Иссиқлик юктамаларини ҳисоблаймиз (кВт):

$$Q_1 = 1,03 \cdot [5,56 \cdot 4,2(167,48 - 164,8) + 3,04(2769 - 4,19 \cdot 148,4)] = 6786$$

$$Q_2 = 1,03 [4,03 \cdot 4(123,98 - 158,48) + 3,21(2724 - 4,19 \cdot 130,4)] = 6626$$

$$Q_3 = 1,03 \cdot [2,93 \cdot 3,85(89,43 - 127,98) + 3,47 \cdot (2616 - 4,19 \cdot 92,33)] = 7519$$

Юқорида тавсифланган усул билан иссиқлик узатиш коэффицентини ҳисоблаш қуйидаги натижаларни беради:

$$K_1=2012 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}); \quad K_2=1790 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}); \quad K_3=1587 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

Температуралар фойдали фарқининг тақсимланиши:

$$\Delta t_{n1} = 87,96 \frac{6786 / 2012}{\frac{6786}{2012} + \frac{6626}{1790} + \frac{7186}{1587}} = 23,87^\circ C$$

$$\Delta t_{n2} = 87,96 \frac{6626 / 1790}{\frac{6786}{2012} + \frac{6626}{1790} + \frac{7186}{1587}} = 28,01^\circ C$$

$$\Delta t_{n3} = 87,96 \frac{7186 / 1587}{\frac{6786}{2012} + \frac{6626}{1790} + \frac{7186}{1587}} = 36,08^\circ C$$

Температуралар фойдали фаркининг умумий қийматини текшираимиз

$$\Sigma \Delta t_n = 23,87 + 28,01 + 36,08 = 87,96^\circ C$$

Буглатиш аппаратларининг иссиқлик узатиш юзалари:

$$F_1 = \frac{6589 \cdot 10^3}{2012 \cdot 23,87} = 137 \text{ м}^2$$

$$F_2 = \frac{6626 \cdot 10^3}{1790 \cdot 28,01} = 138 \text{ м}^2$$

$$F_3 = \frac{7519 \cdot 10^3}{1584 \cdot 36,08} = 137 \text{ м}^2$$

ГОСТ 11987-81 бўйича 3-11 жадвалдан қуйидаги характеристикаларга эга бўлган тип 3, ижро 2 русумли буглатиш қурилмасини танлаймиз.

Иссиқлик алмашиниш юзаси F_m	140 м ²
Трубалар диаметри d	38x2 мм
Трубалар баландлиги H	5000 мм
Иситиш камерасининг диаметри d_k	1000 мм
Сепаратор диаметри d_c	2200 мм
Циркуляцион трубалар диаметри d_u	700 мм
Қурилманинг умумий баландлиги H_a	13500 мм
Қурилма массаси M_a	11500 кг

3.6. Барометрик конденсатор ҳисоби

Экстракцион фосфор кислота ишлаб чиқаришда ҳосил бўлган буғлар учун барометрик конденсатор ҳисоблансин ва лойиҳалансин

$$G=60 \text{ т/соат}, \quad t_{cye}=20^\circ C, \quad t_{byx}=92^\circ C, \quad B_6=8\%, \quad P_{abc}=45 \text{ мм.сим.уст.}$$

Б е р и л г а н : Мазут бўйича вакуум қурилманинг иш унумдорлиги суткасига 1440 т.; колоннага узатилаётган буғнинг сарфи хом-ашёнинг 8% ни ташкил этади; совуtuvчи сувнинг

бошланғич температураси 20°C; барометрик конденсаторга узатилаётган буғ ва газлар аралашмасының температураси 92°C; конденсатордаги абсолют босим 45 мм.сим.уст.

Аниқлаш керак: совутувчи сув сарфини; барометрик труба баландлигини; барометрик конденсатор диаметрини; вакуум-насос ёки сўриб олувчи эжектор унумдорлигини.

Е ч и ш : барометрик конденсаторда конденсацияланиши зарур бўлган сув буғларининг миқдорини топамиз. Курилманинг хом-ашё бўйича иш унумдорлиги:

$$\frac{1440}{24} = 60 \text{ м / соат} = 60000 \text{ кг / соат}$$

Колоннага узатилаётган буғ сарфи (хом-ашёнинг 8%):

$$z_6 = \frac{8}{100} \cdot 60000 = 4800 \text{ кг / соат} = \frac{4800}{18} = 266,7 \text{ кмоль / соат}$$

бу ерда 18 – сув буғининг молекуляр оғирлиги.

Конденсаторга, сув буғидан ташқари, конденсацияланмайдиган (перманент) газлар ҳам киради ва уларнинг миқдори хом-ашёнинг 0,1% ни ташкил этади, яъни:

$$G_{б.г.} = \frac{0,1}{100} \cdot 60000 = 60 \text{ кг / соат} = \frac{60}{29} = 2,07 \text{ кмоль / соат}$$

бу ерда 29 – перманент газларнинг молекуляр оғирлиги.

Вакуум остидаги конденсаторга газлар билан ҳаво ҳам кириб келади. Ҳавонинг миқдори сув буғи оғирлигининг 0,4% ни ташкил этади. Колоннага кираётган ҳаво миқдори куйидагича топилади:

$$G_{\text{хаво}} = \frac{0,4}{100} \cdot 4800 = 19,2 \text{ кг / соат} = \frac{19,2}{29} = 0,66 \text{ кмоль / соат}$$

Шундай қилиб, ҳаммаси бўлиб барометрик конденсаторга кираётган буғ-ҳаво аралашмаси:

$$266,7 + 2,07 + 0,66 = 269,43 \text{ кмоль / соат}$$

Буғ-газ аралашмасынинг молекуляр таркибини аниқлаймиз:

сув буғининг молекуляр концентрацияси

$$y' = \frac{266,7}{269,43} = 0,989$$

газларнинг молекуляр концентрацияси

$$1 - y' = \frac{2,73}{269,43} = 0,0101$$

сув буғларининг парциал босими

$$p_{с.б.} = \pi \cdot y' = 45 \cdot 0,989 = 44,5 \text{ мм.сим.уст.}$$

газларнинг парциал босими

$$p_2 = 45 \cdot 0,0101 = 0,45 \text{ мм.сим.уст.}$$

Маълумки, 44,5 мм.сим.уст. сув буғининг температураси $t=36^\circ\text{C}$. Курилмадан чиқаётган сувнинг температурасини 5°C захира билан 31°C деб қабул қиламиз.

Қарама-қарши йўналишли барометрик конденсаторгадаги сув сарфи ушбу формула ёрдамида ҳисобланади:

$$B = \frac{z_{с.б.} \cdot (q - c \cdot t_2) + G_{газ} \cdot 0,5 \cdot (t_3 - t_4)}{c \cdot (t_2 - t_1)}$$

бу ерда t_1 - кираётган сув температураси; t_2 - чиқаётган сув температураси; t_3 - сув буғи ва газ аралашмасынинг температураси; t_4 - барометрик конденсаторнинг тепа қисмидан сўриб олинаётган газлар температураси; c - сувнинг иссиқлик сифими; z - барометрик конденсаторга кираётган 1 кг сув буғининг иссиқлик сифими; z - сув буғининг миқдори; 0,5 – газлар иссиқлик сифими.

Барометрик конденсаторга кираётган буғлар температураси 92°C бўлгани учун, у $92 - 36 = 56^\circ\text{C}$ га ўта қизиган ҳолда киради. $t=36^\circ\text{C}$ даги сув буғининг учун 611,7 ккал/кг, 36 дан 92°C гача ўта қизиган буғ учун 0,47·(92-36) ккал/кг.

Демак,

$$Q=611,7+0,47(92-36)=638,02 \text{ ккал/кг}$$

бу ерда 0,47-ўта кизиган буғ солиштирма иссиқлик сиғими.

Олинган параметрлар қийматларини формулага қўйиб, барометрик конденсатордаги сув сарфини топамиз:

$$B = \frac{4800 \cdot (638,02 - 31) + 79,2 \cdot 0,5(92 - 20)}{31 - 20} = 265123 \text{ кг/соат} = 266 \text{ м}^3/\text{соат}$$

Барометрик труба баландлиги ушбу формуладан аниқланади:

$$H = 10,33 \frac{b}{760} + h + 0,5 \text{ м}$$

бу ерда $B=760-45=715$ мм.сим.уст. – конденсатордаги вакуум; $h=0,7...1,0$ м - қаршиликларни енгиш учун зарур напор; 0,5 –барометрик конденсатор буғ штуцерини сув остида чўкиш олдини олувчи захира коэффициенти.

$$H = 10,33 \frac{715}{760} + 1,0 + 0,5 = 9,72 + 1,0 + 0,5 = 11,22 \text{ м}$$

Барометрик конденсатор диаметри буғ ва газларнинг рухсат этилган тезликлари оралиғидан (25...50 м/с) танланади. Лекин, конденсатор иш унумдорлигини лойиҳа ёки амалий унумдорлиғидан 1,5 баробар катта қилиб олинади.

Конденсаторга кираётган буғ ва газ аралашмасининг сарфи:

$$\begin{aligned} V &= 22,4 \cdot \frac{273+t}{273} \cdot \frac{760}{3600 \cdot P} \cdot \left(\frac{G_{\text{газ}}}{M} + \frac{z_{\text{с.б.}}}{18} \right) = \\ &= 22,4 \cdot \frac{272+92}{273} \cdot \frac{760}{3600 \cdot 45} \cdot \left(\frac{79,2}{29} + \frac{4800}{18} \right) = 37,7 \text{ м}^3/\text{с} \end{aligned}$$

бу ерда P - қурилмадаги абсолют босим, мм.сим.уст; t - сув буғи ва газ аралашмасининг температураси, °С; $z_{\text{с.б.}}$ ва $G_{\text{газ}}$ – сув буғи ва газ миқдорлари, кг/соат; 18 – сувнинг молекуляр оғирлиги; $M=29$ – ҳаво ва газларнинг молекуляр оғирлиги.

Конденсатор унумдорлиги 1,5 баробар катта қилиб олсак, унда буғларнинг ҳажмий сарфи:

$$V' = 1,5 \cdot 37,7 = 56,62 \text{ м}^3/\text{с}$$

Конденсаторда газ ва буғларнинг тезлиги 40 м/с бўлганда, зарур кўндаланг кесим юзаси:

$$F = \frac{56,62}{40} = 1,41 \text{ м}^2$$

Ушбу юза конденсаторнинг қуйидаги диаметрига тўғри келади:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,41}{3,14}} = 1,05 \text{ м}$$

3-13 жадвалдан ҳисобланган ёки унга энг яқин каттароқ бўлган конденсатор танлаймиз. Диаметри $D=1200$ мм бўлган конденсаторни танлаймиз.

Ўлчамлар	Белги	Ўлчов бирлиги, мм
Қурилма деворининг калинлиги	S	6
Теза токчадан копкакгача масофа	a	1300
Пастки токчадан днишегача масофа	r	1200
Токча эни	b	750
	K_1	1200

	K_2	1095
Қурилма баландлиги	H	6220
Қурилма эни	T	2965
Ушлагич диаметри	D	600
Ушлагич баландлиги	h	2100
Ушлагич диаметри	D_1	500
Ушлагич баландлиги	h_1	1400
	a_1	300
	a_2	400
	a_3	480
	a_4	575
	a_5	660
Буг кириши учун	A	450
Сув кириши учун	B	250
Буг-газ аралашма чиқиши у-н	B	200
Барометрик труба учун	Γ	250
Ҳаво учун	C	25
Буг-газ аралашма кириши у-н	H	260
Буг-газ аралашма чиқиши у-н	$Ж$	150
Барометрик труба учун	E	80

3.7. Вакуум-насос ҳисоби

Қурилмадаги аралашманинг умумий босими газларнинг парциал босимлари йиғиндисига тенг. Агар, колоннани синаш охирида ундаги қолдиқ босим 6 мм.сим.уст. га кўпайса, бу қурилмага кирган ҳавонинг парциал босимига тўғри келади.

Синов даврида колоннага кириб қолган ҳаво ҳажми ушбу формуладан ҳисоблаб топилади:

$$V'' = V \cdot \frac{\Delta P}{760} \cdot \frac{273}{273+t} = 7,464 \cdot \frac{8}{760} \cdot \frac{273}{273+20} = 0,07 \text{ м}^3 / \text{соат}$$

бу ерда V - вакуум колонна ҳажми, м^3 ; ΔP - синов даврида колоннада вакуумнинг йўқотилиши, мм.сим.уст; t - колоннадаги ҳавонинг синов охиридаги температураси, $^{\circ}\text{C}$.

Нормал шароитда ҳавонинг зичлиги $\rho_o = 1,29 \text{ кг/м}^3$ бўлгани учун, колоннага сўриб олинган ҳавонинг миқдори қуйидагига тенг бўлади:

$$G_{\text{хаво}} = \rho_o \cdot V_o = 1,293 \cdot 0,07 = 0,09 \text{ кг} / \text{соат}$$

Ушбу миқдорда ҳаво сўрилиши руҳсат этилади. Вакуум-насос унумдорлиги.

$$G_{\text{хаво}} = 79,2 \text{ кг} / \text{соат} = 0,022 \text{ кг} / \text{с}$$

Вакуум-насос ҳажмий унумдорлиги:

$$V_{\text{возд}} = \frac{R(273+t_{\text{возд}}) \cdot G_{\text{возд}}}{M_{\text{возд}} \cdot P_{\text{возд}}} = \frac{8310 \cdot (273+20) \cdot 0,022}{29 \cdot 1,1 \cdot 10^4} = 0,168 \text{ м}^3 / \text{с} = 10,08 \text{ м}^3 / \text{мин}$$

3-14 жадвалдан ушбу унумдорликли вакуум-насос ёки буг-оқимчали эжектор танланади.

Вакуум насос тури
Қолдиқ босим
Унумдорлиги
Ўқдаги қувват

ВВН-12
 $P_{\text{ост}} = 23 \text{ мм.сим.ст.};$
 $V = 12 \text{ м}^3 / \text{мин};$
 $N = 20 \text{ кВт.}$

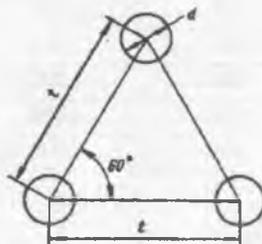
3.8. Стандарт буглаткичлар конструкциялари, катори ва ўлчамлари

Трубали буглатиш қурилмаларининг турлари

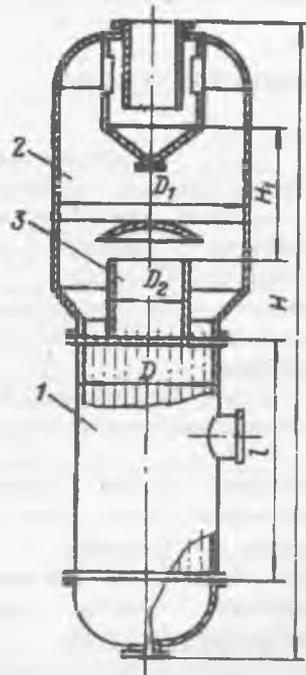
Тип	Номи	Исполнение	Қўллаш соҳаси
1	Табийий циркуляцияли трубали буглатиш қурилмалари	1-иситиш камераси бир ўқда жойлашган икки йўлли буглаткич	Иситиш камераси трубаларида чуқинди ҳосил қилмайдиган, ҳамда сув окими билан ювилиб кетадиган даражада чуқма ўтирадиган эритмаларни буглатиш
		2-иситиш камераси ташқарида жойлашган буглаткич	Механик усулда бартараф қилинадиган даражада оз миқдорда чуқма ҳосил қиладиган эритмаларни буглатиш
		3-иситиш камераси бир ўқда жойлашган ва туз ажраткичли буглаткич	Сув окими билан ювиладиган туз ва кристаллар ажралиб чиқадиган эритмаларни буглатиш
2	Мажбурий циркуляцияли трубали буглатиш қурилмалари	1-иситиш камераси ташқарида жойлашган буглаткич	Механик усулда бартараф қилинадиган трубаларда чуқма ҳосил қиладиган қовушқоқ эритмаларни буглатиш
		2-йИситиш камераси бир ўқда жойлашган	Сув окими билан ювиладиган трубаларда оз миқдорда чуқинди ажралиб ўтирадиган эритмаларни буглатиш
3	Юпка қатламли трубали буглаткичлар	1-қутарилувчи юпка қатламли	Қўпик ҳосил қиладиган эритмаларни буглатиш
		2-оқиб тушувчи юпка қатламли	Қовушқо ва иссиқликка бардошмас эритмаларни буглатиш

Иситиш камерасининг тешикли панжарасида трубаларнинг қадами ва жойлашиши ушбу ўлчамларга мос келиши шарт.

Труба диаметри d , мм	Жойлашиш қадами l , мм
38	48



Эркин конвекцияли ва иситиш камераси бир ўқда жойлашган
икки йўлли буғлаткич (тип 1, ижро 1)



Буғлатиш қурилмаси. (тип 1, ижро 1).
1-иситувчи камера; 2-сепаратор;
3-таксимловчи камера

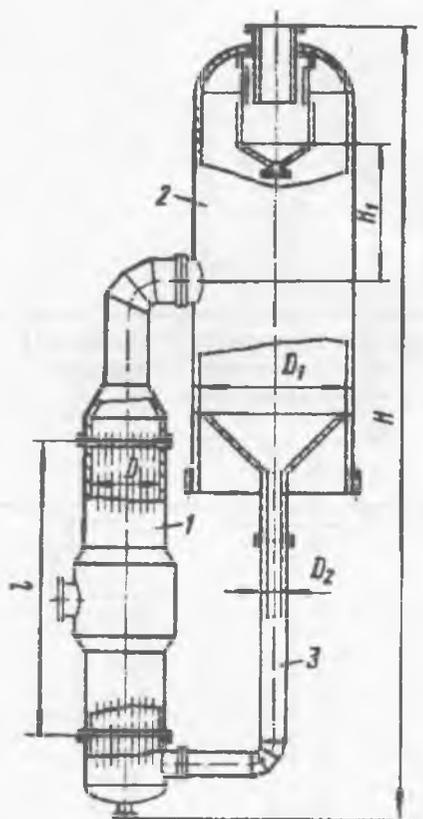
3-5 жадвал

Техник характеристика

Труба диаметри 38x2 мм ва куйидаги узунликда иссиқлик алмашилиш юзаси, м ²		Иситиш камерасининг диаметри D, мм	Сепаратор диаметри D ₁ , мм	Циркуляцион труба диаметри D ₂ , мм	Қурилма баландлиги Н, мм	Қурилма массаси М, кг
l=3000	l=4000					
10	-	400	600	250	10500	1000
16	-	600	800	300	10500	1200
25	-	600	1000	400	11000	2200
40	-	800	1200	500	11000	3000
63	-	1000	1400	600	11500	4800
100	-	1000	1800	700	11500	6000
-	160	1200	2400	1200	12500	8600
-	250	1400	3000	1400	12500	13000
-	400	1800	3800	1800	12500	21000

Эслатма: иситиш камерасидаги шартли босим $P_{и.к.}=0,014 \dots 1,6$ МПа; сепараторда $P_{сен}=0,0054 \dots 1,0$ МПа.
Буғ бўшлиғининг баландлиги $H < 2,0$ м.

Эркин конвекцияли ва иситиш камераси ташқарида жойлашган буғлаткич
(тип 1, ижро 2)



Буғлатиш қурилмаси. (тип 1, ижро.2).
1-иситувчи камера; 2-сепаратор;
3-циркуляцион труба.

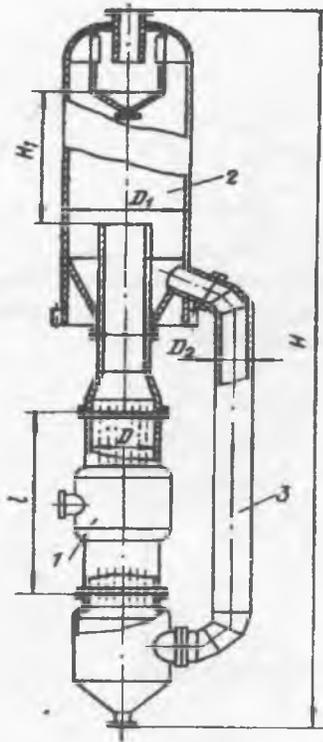
3-6 жадвал

Техник характеристика

Труба диаметри 38x2 мм ва куйидаги узунликда иссиқлик алмашиниш юзаси, м ²		Иситиш камерасининг диаметри D, мм	Сепаратор диаметри D ₁ , мм	Циркуляцион труба диаметри D ₂ , мм	Қурилма баландлиги H, мм	Қурилма массаси M, кг
l=4000	l=5000					
10	-	400	600	200	12000	1700
16	-	400	800	250	12000	2500
25	-	600	1000	300	12500	3000
40	-	600	1200	400	12500	4700
63	-	800	1600	500	13000	7500
100	112	1000	1800	600	13000	8500
125	140	1000	2200	700	13500	11500
160	180	1200	2400	700	13500	12000
200	224	1200	2800	800	14500	14800
250	280	1400	3200	900	14500	15000
315	355	1600	3600	1000	15000	21000
-	400	1600	3800	1000	15000	26500
-	450	1600	4000	1000	15000	31800
-	500	1600	4500	1200	16500	33000
-	560	1800	4500	1200	17000	38300
-	630	1800	5000	1200	17000	40000
-	710	2000	5000	1400	18000	50000
-	800	2000	5600	1400	18000	55000

Эслатма: иситиш камерасидаги шартли босим $P_{и.к.}=0,014...1,0$ МПа; сепараторда $P_{сеп.}=0,0054...1,0$ МПа.
Буғ бушлигининг баландлиги $H < 2,5$ м.

Эркин конвекцияли, иситиш камераси бир ўқда жойлашган ва туз ажраткичли буглаткич (тип 1, ижро 3)



Буглатиш қурилмаси. (тип 1, ижро.3).
1-иситувчи камера; 2-сепаратор;
3-циркуляцион труба.

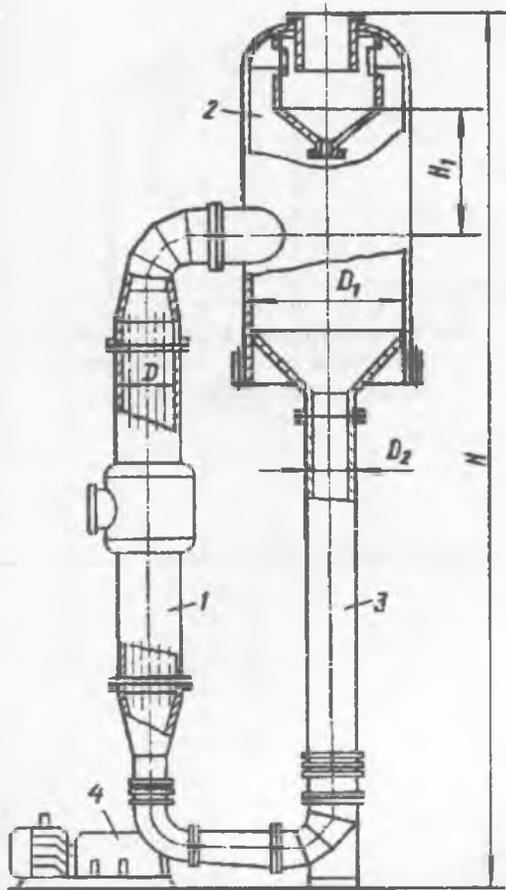
3-7 жадвал

Техник характеристика

Труба диаметри 38x2 мм ва қуйидаги узунликларда иссиқлик алмашиниш юзаси, м ²		Иситиш камерасининг диаметри D, мм	Сепаратор диаметри D ₁ , мм	Циркуляцион труба диаметри D ₂ , мм	Қурилма баландлиги H, мм	Қурилма массаси M, кг
l=4000	l=6000					
10	-	400	600	200	14500	1000
16	-	400	800	250	14500	2500
25	-	600	1000	300	11500	2700
40	50	600	1200	400	15500	3000
63	80	800	1600	500	15500	3500
100	112	1000	1800	600	15500	5200
125	140	1000	2200	700	16000	10000
160	180	1200	2400	700	16000	12500
200	224	1200	2800	800	16000	15000
250	280	1400	3200	900	16500	20000
315	355	1600	3600	1000	17500	23000
-	400	1600	3800	1000	17500	30000
-	450	1600	4000	1000	18000	31500
-	500	1600	4500	1200	18000	33000
-	560	1600	4500	1200	18000	40000
-	630	1800	5000	1200	19000	43500
-	710	1800	5600	1400	19000	48500
-	800	2000	5600	1400	19000	50000

Эслатма: иситиш камерасидаги шартли босим $P_{ш.к.} = 0,014 \dots 1,6$ МПа; сепараторда $P_{сеп.} = 0,0054 \dots 1,6$ МПа. Бут бўшлиғининг баландлиги $H < 2,5$ м.

**Мажбурий конвекцияли, иситиш камераси ташқарида жойлашган
буғлаткич (тип 2, ижро 1)**



Буғлатиш қурилмаси. (тип 2, ижро.1)
1-иситувчи камера; 2-сепаратор;
3-циркуляцион труба; 4-насос.

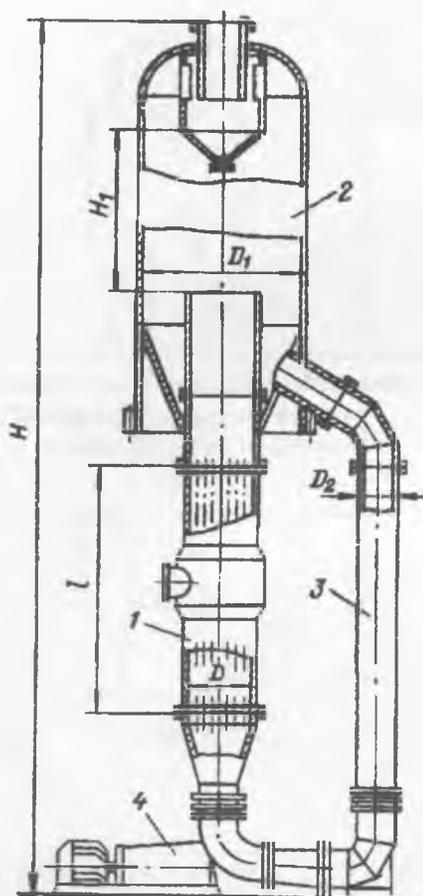
3-8 жадвал

Техник характеристика

Труба диаметри 38x2 мм ва узунлиги $l=6000$ мм булганда иссиқлик алмашиниш юзаси, m^2	Иситиш камерасининг диаметри D , мм	Сепаратор диаметри D_1 , мм	Циркуляцион труба диаметри D_2 , мм	Қурилма баландлиги H , мм	Қурилма массаси M , кг
25	400	1200	200	19000	6000
40	600	1400	250	19000	6600
63	600	1900	400	19000	8300
100	800	2200	500	21000	11300
125	800	2600	500	21000	13000
160	1000	2800	600	21000	15500
200	1000	3000	600	23500	19100
250	1200	3400	700	23500	26500
315	1200	3800	800	23500	29800
400	1400	4000	900	25000	32000
500	1600	4500	1000	25000	42000
630	1800	5000	1000	25000	55000
800	2000	5600	1200	25000	62000
1000	2200	6300	1400	25000	65000

Эслатма: иситиш камерасидаги шартли босим $P_{и.к}=0,014...1,6$ МПа; сепараторда $P_{сен}=0,0054...1,0$ МПа.
Буғ бушлиғининг баландлиги $H < 3$ м.

Мажбурий конвекцияли, иситиш камераси ташқарида жойлашган буғлаткич
(тип 2, ижро 2)



Буғлатиш қурилмаси. (тип 2, ижро 2)
1-иситувчи камера; 2-сепаратор;
3-циркуляцион труба; 4-насос.

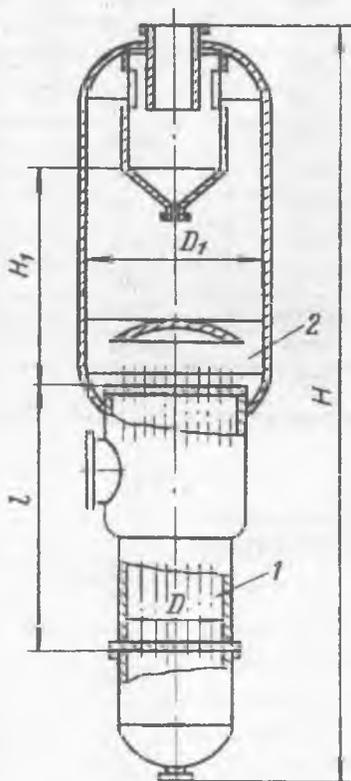
3-9 жадвал

Техник характеристика

Труба диаметри 38x2 мм ва узунлиги $l=6000$ мм булганда иссиқлик алмашиниш юзаси, m^2	Иситиш камерасининг диаметри D , мм	Сепаратор диаметри D_1 , мм	Циркуляцион труба диаметри D_2 , мм	Қурилма баландлиги H , мм	Қурилма массаси M , кг
25	400	1000	200	19500	6200
40	600	1200	250	19500	7000
63	600	1400	400	19500	9500
100	800	1900	500	21500	14500
125	800	2200	500	21500	15500
160	1000	2600	600	21500	20000
200	1000	2800	600	24500	22500
250	1200	3000	700	24500	28000
315	1200	3400	800	24500	36000
400	1400	3800	900	26000	44500
500	1600	4000	1000	26000	55500
630	1800	4500	1000	26000	69500
800	2000	5000	1200	26500	87000
1000	2200	5600	1400	26500	112000

Эслатма: иситиш камерасидаги шартли босим $P_{и.к}=0,014...1,6$ МПа; сепараторда $P_{сеп}=0,0054...1,6$ МПа.
Буғ бушлигининг баландлиги $H < 3$ м.

**Кутарилувчи юпка қатламли буғлаткич
(тип 3, ижро 1)**



Буғлатиш қурилмаси. (тип 3, ижро 1)
1-иситувчи камера; 2-сепаратор;

3-10 жадвал

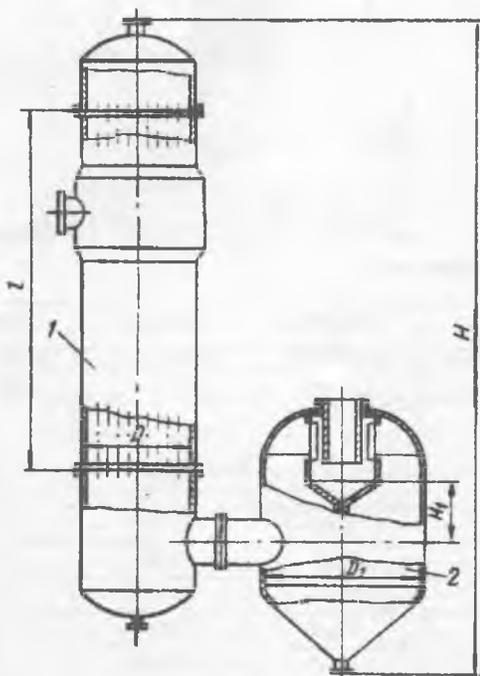
Техник характеристика

Труба диаметри 38x2 мм ва куйидаги узунликларда иссиқлик алмашиниш юзаси, м ²		Труба диаметри 57x3,5 мм да юзаси, м ² <i>l=7000</i>	Иситиш камерасининг диаметри <i>D</i> , мм	Сепаратор диаметри <i>D₁</i> , мм	Қурилма баландлиги <i>H</i> , мм	Қурилма массаси <i>M</i> , кг
<i>l=4000</i>	<i>l=6000</i>					
10	-	10	400	600	11000	2200
16	-	16	400	800	11000	3000
25	-	25	600	1000	11000	3600
40	-	40	600	1200	11000	4400
63	-	63	800	1400	12000	5000
100	-	100	800	1800	12000	7000
125	-	125	1000	2200	12000	9000
160	-	160	1000	2400	12000	10000
200	-	200	1200	2800	12500	11500
224	-	224	1200	2800	12500	12000
250	-	250	1200	3000	12500	13000
280	-	280	1400	3200	12500	14000
315	-	315	1400	3400	13000	15000
355	-	355	1400	3600	13000	18500
400	-	400	1600	3800	13000	20000
450	-	450	1600	4000	13500	22500
500	-	500	1800	4500	13500	24000

560	-	560	1800	4500	13500	26000
630	-	630	1800	5000	14000	29000
710	-	710	2000	5000	14000	31000
800	-	800	2200	5600	14500	37800
-	-	900	2200	5600	14500	40500
-	1000	-	2000	6300	14500	42600
-	-	1120	2400	6300	15000	45400
-	1250	-	2200	6300	15000	51900
-	-	1400	2800	7000	16000	60300
-	1600	-	2400	7500	16000	70200
-	-	1800	3000	8000	16500	75000
-	2000	-	2800	8500	16500	83000
-	-	2240	3200	9000	17000	90000
-	2500	-	3000	9500	17000	103000
-	2800	-	3200	10000	18000	120000
-	3150	-	3400	10000	18000	130000

Эслатма: иситиш камерасидаги шартли босим $P_{и.к} = 0,014 \dots 1,6$ МПа; сепараторда $P_{сеп} = 0,0054 \dots 1,6$ МПа.
 Буг бушлигининг баландлиги $H < 2,5$ м.

Юпқа қатламда оқиб тушувчи буглаткич (тип 3, ижро 2)



Буглатиш қурилмаси. (тип 3, исп.2.)
 1-иситувчи камера; 2-сепаратор;

3-11 жадвал

Техник характеристика

Труба диаметри 38x2 мм ва қуйидаги узунликларда иссиқлик алмашиниш юзаси, м ²		Труба диаметри 57x3,5 мм да юзаси, м ² <i>l=7000</i>	Иситиш камерасининг диаметри <i>D</i> , мм	Сепаратор диаметри <i>D</i> ₁ , мм	Қурилма баландлиги <i>H</i> , мм	Қурилма массаси <i>M</i> , кг
<i>l=4000</i>	<i>l=6000</i>					
10	12,5	400	600	9000	1500	1500
16	20	400	800	9000	1500	2000
25	31,5	600	1000	9500	1500	2900

40	50	600	1200	9500	1500	3600
63	80	800	1600	10500	1500	5800
100	112	1000	1800	12000	2000	8800
125	140	1000	2200	12000	2000	10000
160	180	1200	2400	12500	2000	13000
200	224	1200	2800	12500	2000	15000
250	280	1400	3200	13500	2000	20000
315	355	1600	3600	15000	2000	23500
-	400	1600	3800	15000	2000	30500
-	450	1600	4000	16000	2000	32500
-	500	1600	4500	16000	2000	35500
-	560	1600	4500	16000	2000	40000
-	630	1800	5000	17000	2000	45500
-	710	1800	5000	17000	2000	51000
-	800	2000	5600	18000	2000	58500

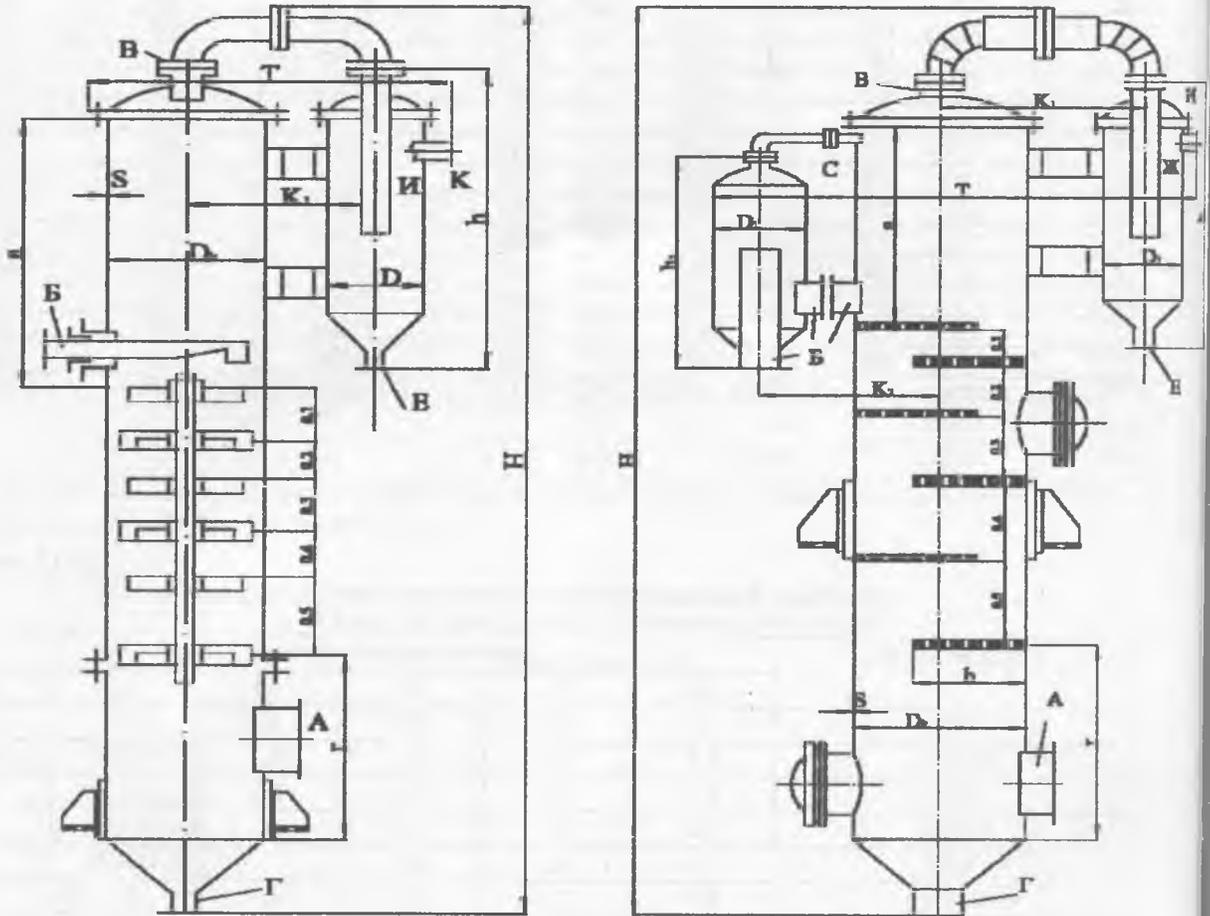
Эслатма: иситиш камерасидаги шартли босим $P_{и.к} = 0,014 \dots 1,6$ МПа; сепараторда $P_{сеп} = 0,0054 \dots 1,6$ МПа.

3-12 жадвал

Атмосфера босимнда сувли эритмалар температура депрессияси

Эриган модда	Эритма концентрацияси, % (масс)					
	10	20	30	40	60	80
CaCl ₂	1,5	4,5	10,5	19	43	-
Ca(NO ₃) ₂	1,1	2,5	4,3	6,7	17,2	49,2
CuSO ₄	0,3	0,6	1,4	3,1	-	-
FeSO ₄	0,3	0,7	1,3	-	-	-
KCl	1,3	3,3	6,1	-	-	-
KNO ₃	0,9	2,0	3,2	4,5	8,5	-
KOH	2,2	6,0	12,2	23,6	78,8	190,3
K ₂ CO ₃	0,8	2,2	4,4	8,0	24	-
MgCl ₂	2,0	6,6	15,4	-	-	-
MgSO ₄	0,7	1,7	3,4	-	-	-
NH ₄ Cl	2,0	4,3	7,6	11,6	-	-
NH ₄ NO ₃	1,1	2,5	4,0	6,3	13,2	28,0
(NH ₄) ₂ SO ₄	0,7	1,6	2,9	4,7	-	-
NaCl	1,9	4,9	9,6	-	-	-
NaNO ₃	1,2	2,6	4,5	6,8	-	-
NaOH	2,8	8,2	17,0	28,0	59,6	106,6
Na ₂ CO ₃	1,1	2,4	4,2	-	-	-
Na ₂ SO ₄	0,8	1,8	2,8	-	-	-

Барометрик конденсатор асосий ўлчамлари



Барометрик конденсаторлар.

а – концентрик тоқчали (диаметри 500 ва 600 мм);

б – сегмент тоқчали (диаметри 800–2000 мм);

3-13 жадвал

Техник характеристика

Ўлчамлар	Конденсатор ички диаметри $d_{\text{БК}}$, мм						
	500	600	800	1000	1200	1600	2000
Қурилма деворининг қалинлиги - S	5	5	5	6	6	6	10
Тёпа тоқчадан қопқоқгача масофа - a	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300
Пастки тоқчадан днишегача масофа - r	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
Тоқча эни - b	-	-	500	650	750	1000	1250
Конденсатор ва ушлағич ўқлари орасида масофа:							
K_1	675	725	950	1100	1200	1450	1650
K_2	-	-	835	935	1095	1355	1660
Қурилма баландлиги - H	4300	4550	5080	5680	6220	7530	8500
Қурилма эни - T	1300	1400	2350	2600	2965	3200	3450
Ушлағич диаметри - D	400	400	500	500	600	800	800
Ушлағич баландлиги - h	1440	1440	1700	1900	2100	2300	2300
Ушлағич диаметри - D_1	-	-	400	500	500	600	800
Ушлағич баландлиги - h_1	-	-	1350	1350	1400	1450	1550

Токчалар орасидаги масофа:								
	- a_1	220	260	200	250	300	400	500
	- a_2	260	300	260	320	400	500	650
	- a_3	320	360	320	400	480	640	800
	- a_4	360	400	380	475	575	750	950
	- a_5	390	430	440	550	660	880	1070
Шгуцерларнинг шартли диаметри:								
Буг кириши учун	- A	300	350	350	400	450	600	800
Сув кириши учун	- B	100	125	200	200	250	300	400
Буг-газ аралашма чиқиши у-н	- B	80	100	125	150	200	200	250
Барометрик труба учун	- $Г$	125	150	200	200	250	300	400
Ҳаво учун	- C	-	-	25	25	25	25	25
Буг-газ аралашма кириши у-н	- $И$	80	100	180	150	260	200	250
Буг-газ аралашма чиқиши у-н	- $Ж$	50	70	80	100	150	200	250
Барометрик труба учун	- E	50	50	70	70	80	80	100

3-14 жадвал

ВВН типдаги вакуум-насосларнинг техник характеристикалари

Тип	Қолдик босим, мм.с.и.м.уст.	Унумдорлик, м ³ /мин	Ўқдаги қувват, кВт	Тип	Қолдик босим, мм.с.и.м.уст.	Унумдорлик, м ³ /мин	Ўқдаги қувват, кВт
ВВН-0,75	110	0,75	1,3	ВВН-0,75	23	12	20
ВВН-1,5	110	1,50	2,1	ВВН-1,5	15	25	48
ВВН-3	75	3	6,5	ВВН-3	50	50	94
ВВН-6	38	6	12,5				

4 боб. ҚУРИЛМА АСОСИЙ ҚИСМ ВА ДЕТАЛЛАРНИНГ 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 қаттиқ заррачалар бор аралаш оқимлар ҳаракатланади. Труба қувурларини тўғри эксплуатация қилиш учун улардаги босим, ҳамда узатилаётган муҳитнинг температураси, коррозион ва эррозион 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. Коррозион фаол муҳитлар учун биметалл трубалар қўлланилади. Худди шу муҳитлар учун ички юзаси полимер материал, резина ва эмаллар билан копланган чоксиз трубаларни ишлатиш мумкин.

Айрим ҳолларда, 0°C дан паст температураларда эксплуатация қилинадиган труба қувурлари рангли ёки уларнинг қотишмалардан тайёрланади.

Коррозион 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, захарли 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 типигаги очик лотокларда ўрнатилади.

Фланецли, иссиқлик копламали 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 ташки диаметри, м; a – фланецлар орасидаги масофа, м; трубалар диаметри 200 мм дан кам бўлганда $a=80\text{...}100$ мм; трубалар диаметри 250...700 мм бўлса $a=105\text{...}150$ мм.

Энг четки труба қувири ўқидан қўшни конструктив элементгача бўлган масофа c ушбу формула орқали топилади:

$$c = \frac{D}{2} + a \quad (4.2)$$

бу ерда D – труба қувири фланецининг ташки диаметри.

Кўпчилик ишлатилаётган труба қувурлари статик электр майдони таъсирига дучор бўлади. Шунинг учун, труба қувурларини ерга улаб қўйиш керак.

Кўрилаётган труба қувурлари хизматчилар, машина ва юк кўтарувчи транспорт юриш ва ўтиш йўлларини ёпиб қўймаслиги керак. Эстакада ёки ер устидаги энг пастки труба қувири 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 қувирига шикаст етказмайди. Одатда, гильзалар мустаҳкам ва қўзғалмас 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 қувири 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.

Бинолар, 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 кўндаланг 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** белгилаган (МПа): 0,1; 0,25; 0,4; 0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6,4; 10; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 64; 80; 100.

Ишлаш шароитига 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 кўндаланг ва бўйлама қилиб бажарилади.

4-4 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 (4-2 жадвал).

Ушбу трубалар пўлат трубалар мустаҳкамлигига ва қоплама материалнинг коррозион 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 219мм 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 кўламда қўлланилмоқда. Улар пўлат трубалардан коррозион бардошлиги, кичик массаси ва бошқа афзалликлари билан пўлат трубалардан фарқланади. Лекин юқори температураларда мустаҳкамлиги жуда паст. Масалан, 50°С дан юқори температураларда полиэтилен трубаларни қўллаб бўлмайди. Саноат миқёсида винипласт трубалар 60°С ва 0,6 МПа босимгача фаолит, 160°С 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°С) гача ва юқори (бошқа металмас трубаларга нисбатан) мустаҳкам. Янада катта мустаҳкамликка шишапластик (боғловчи смолалар шимдирилган шиша толалар) трубалар эга. Бу трубалар коррозион бардош ва кичик массага эга, лекин газ ютиш хоссага эга бўлгани учун саноатда қўлланиши чекланган.

Коррозион – 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. Кўпинча 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 ммли 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 материалнинг жўнатиш гуруҳи ва материал ГОСТи.

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°С дан ошмаган” температурада труба қувурининг ҳисобланган шартли босими тушунилади.

Труба қувури эксплуатация жараёнидаги номинал босим ишчи босим деб ҳисобланади. Муҳит температураси 200°С гача бўлган ҳолларда ишчи ва шартли босимларни

бир хил деб қабул қилса бўлади. Бундан юкори температураларда рухсат этилган ишчи босим ҳар бир ҳолат учун жадвалларда берилган маълумотлардан танланади. 4-3жадвалда 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 тенгласидан аниқланади:

4-1 жадвал

Технологик труба қувурлари классификацияси

Гу-рух	Труба қувуридаги муҳит	Труба қувурлари категорияси									
		I		II		III		IV		X	
		P _p , МПа	t, °C	P _p , МПа	t, °C	P _p	t, °C	P _p	t, °C	P _p	t, °C
А	Захарли маҳсулотлар:										
	а) қаттик, захарли моддалар: аммиак угле-род оксиди, олтингурут-ли водород ва углерод, тетраэтил қўргошин, хлор, дихлорэтан, хлор-метил, синиль кислота, ароматик ва амин бирик.	Боғлик бўлма-ган	>-70; <+700	-	-	-	-	-	-	-	-
	б) утувчи кислоталар: олеум; азот, хлорид ва сульфат кислоталар		>-70; <+700	-	-	-	-	-	-	-	-
	в) токсик маҳсулотлар: ацетальдегид, бензол, метанол, этилен оксид, хлорбензол, фенол, крезол, тодуол, моно-хлор олтингурут, рух оксиди, диэтил ва изо-пропилбензол, пиридин	>1,6; <0,08	>-70; <+700	>-0,08; <+1,6	>-70; <+350	-	-	-	-	-	-
Б	Ёнувчи ва фаол газ-лар, осон ёнувчи ва ёнувчан суюкликлар										
	а) портловчи, суюл-тирилган газлар 20°C даги буглар босими 0,6 МПа дан юкори: пропан, пропилен, этан, этилен	>2,5	>250	<2,5	>-70; <+250	-	-	-	-	-	-
	б) портловчи суюк газларва уларнинг 20°C даги буглар 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, водо-род, изобутан, изобути-лен, крекинг-газ;	Боғлик бўлма-ган	> 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,	<0,08	Боғлик	< 0,095	Боғлик	-	-	-	-	-	-

	пропилен, ёкилги газ, факел газ, этан, этилен		бўлмаган		бўлмаган						
	г) Қайнаш температура 45°C дан юкори осон ёнувчан суюкликлар: ацетон, бензин, керосин;	Боғлик бўлмаган	>350 <700	>2,5 <6,4	>250 <350 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	Боғлик бўлмаган	<0,095	Боғлик бўлмаган	-	-	-	-	-	-
	д) ёнуви суюкликлар: мазут, мойлар, дизел ёкилгиси, гудрон, соляр мойи, асфальт, этаноламин	Боғлик бўлмаган	>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 дистилляти, диэтиленгликоль, диэтилкетон	<0,003	Боғлик бўлмаган	<0,08	-	<0,095	-	-	-	-	-
В	Сув буғи, ўта қиздирилган	Боғлик бўлмаган	>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	Боғлик бўлмаган	>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, инертгазлар, намоқоб, ишқор	<0,003	Боғлик бўлмаган	<0,08	-	<0,095	-	-	-	-	-

4-2 жадвал

Узатилаётган муҳит хоссаларига қараб пулат трубаларни танлаш

Чегаравий ўлчамлар			Шартли ўтиш, мм	Трубалар тури	Труба материали	
Рш, МПа, дан кам	Температура, °С				Пулат маркази	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	Х18Н10Т	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	Х17Н13М2Т	5632-61
10	-196	+700	70-400	Чоксиз иссиқ юмалатиш	Х17Н13М2Т	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	- " -	Х18Н10Т	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	X18H10T	5632-61
10	-40	+450	50-400	- " -	20	1050-60

4-3 жадвал

Арматура ва 2МХ пўлатли трубалар учун ишчи босимлар

Давление, МПа		Мухитнинг 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

$$V_c = w \cdot \frac{\pi D_a^2}{4} \quad \text{дан} \quad D_a = \sqrt{\frac{4V_c}{\pi w}} \quad (4.3)$$

бу ерда D_a - труба ички диаметри; V_c - хажмий 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 қувири гидравлик қаршилигини, яъни ишқаланиш ва маҳаллий қаршиликларни билиш керак.

Труба қувурларида ишқаланиш қаршилиги ушбу формуладан топилади:

$$h_{u,x} = \lambda \frac{l}{d} \frac{w^2}{2g} \quad (4.4)$$

бу ерда l - труба қувири узунлиги; λ - ишқаланиш коэффиценти.

Суюқлик ламинар ҳаракат режимида ишқаланиш коэффиценти 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:

$$h_{u,x} = \sum \xi_{u,x} \cdot \frac{w^2}{2g} \quad (4.5)$$

Труба қувурларининг турли конструкциядаги элементлари маҳаллий қаршилиқ коэффициентларининг қийматлари адабиётларда келтирилган [5,26,28,49].

Юқорида келтирилган формулалардан кўришиб турибдики, трубадинг оптимал диаметрини аниқлаш учун суюқлик тезлигини белгилаб олишимиз керак. Албатта, бу тезлик техник-иктисодий ҳисоблашлар асосида бажарилиши лозим. 4-4 жадвалда газ, буғ ва суюқликларнинг тавсия этилган тезликларининг ўзгариш чегаралари келтирилган.

4-4 жадвал

Суюқликлар		Газлар	
Мухит	w, м/с	Мухит	w, м/с
Қовушоклиги паст	<3	0,1 МПа дан паст босимда	8...15
Қовушқок	<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 куйидаги формуладан аниқлаш мумкин:

$$s = \frac{P \cdot D_n}{(2,3[\sigma] - P) \cdot \varphi} + C \quad \text{ёки} \quad s = \frac{P \cdot D_n}{2,3[\sigma] \cdot \varphi + P} + C \quad (4.6)$$

бу ерда $[\sigma]$ – рухсат этилган кучланиш; φ – буйлама 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:

$$l = \sqrt{\frac{12 \cdot [\sigma] \cdot w}{100 \cdot q_p}} \quad (4.7)$$

бу ерда $[\sigma]$ – труба материали эгилишига рухсат этилган кучланиш, $[\sigma] = 45...40$ МПа; w – труба кўндаланг кесимининг қаршилиқ моменти; q_p – эгишга олиб келувчи ҳисоб юкламаси.

$$q_p = n_1 q_{mp} + n_2 q_{np} + n_3 q_{us} + n_4 q_o \quad (4.8)$$

бу ерда q_{mp} – бир метр труба массаси; q_{np} – бир метр трубадаги махсулот массаси; q_{us} – бир метр иссиқлик қоплама массаси; q_o – 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 коэффициенти, одатда $m = 0,8$.

4.4. Трубаларни бирлаштирувчи деталлар

Технологик қувурларда пайвандланган ва чоксиз пўлат трубалар кўп миқдорда ишлатилади. Пайвандланган трубалар буйлама 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. Охириги 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 копланган трубаларни ишлаб чиқариш яхши йўлга қўйилган.

Коррозион фаол муҳитларга нисбатан кимёвий бардошлигига, кичик солиштирма оғирлиги, тайёрланиши энгил 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 кум билан тўлдирилади ва 130...145°C да ишлов берилади. Бундай трубаларни пайвандлаш 200...210°C ли иссиқ ҳаво оқимчаси ёки газ алангасида амалга оширалади. 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.

Охириги 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.

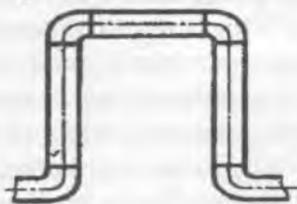
Агарда, трубаларни пайвандлаш мақсадга мувофиқ бўлмаса, унда трубалар фланецли бирикмалар ёрдамида бирлаштирилади. Кўпинча, пайвандланган фланецлар қўлланилади. Резьбали фланецлар асосан юқори босимли труба қувурларида ишлатилади.

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.

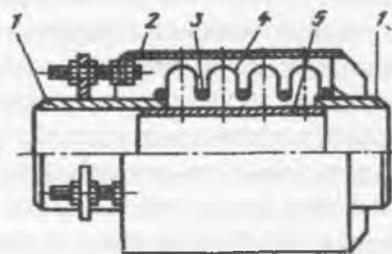
Технологик труба қувурларидаги температура деформацияларини бартараф қилиш учун П-симон, линзали, тўлқинсимон ва сальникли компенсаторлар ишлатилади.

Труба қувурларининг диаметрдан катъий 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.



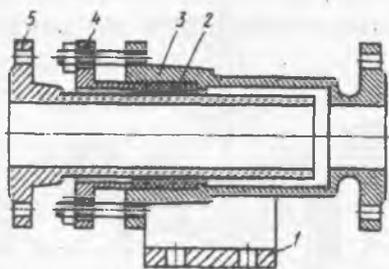
4.2-расм. Тўлқинсимон компенсатор.
1-патрубка; 2--қобик; 3-ҳалқа;
4- гофриланган элемент; 5-стакан.

Ишчи босим 1,6 МПа бўлган газ қувурларида линзали компенсаторлар ўрнатилади.

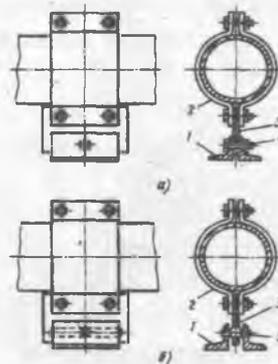
Тўлқинсимон компенсаторлар босими 6,4 МПа гача бўлган ноагрессив ва ўртача агрессив муҳитлар узатиладиган труба қувурларида ишлатилади (4.2-расм).

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,



4.3 – расм. Сальникли компенсатор
1-таянч; 2-зичловчи қистирма;
3-қобик; 4-грундбукса; 5-труба



4.4 – расм. Труба учун таянчлар.
1-угольник; 2-хомут; 3-ясси
пластина; 4-болт; 5-гилдирак.

зичловчи қистирма 2 ва грундбукса 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 гилдирак 5 ўрнатирилган. 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; химояловчи арматура, тўсатдан муҳит параметрларини ўзгариши туфайли қурилмаларни бузилиш олдини олувчи; фаза ажратувчи арматура – буғ ва газ қувурларидан конденсатни чиқариб турувчи.

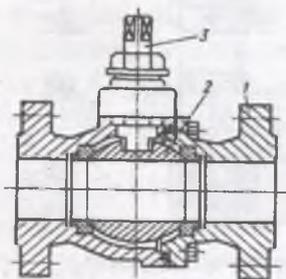
Исталган класс арматураси 3 та асосий элементдан таркиб топган: қобик, узатма ва ишчи орган. Ишчи орган эгарсимон асос ва унга нисбатан айланувчи золотникдан тузилган.

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.

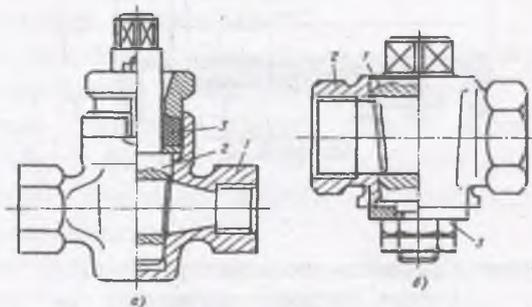
Қобикнинг конструкциясига қараб ўтиш арматураси ва бурчакли арматураларига бўлинади. Ўтиш арматурасида муҳит ўз йўналишини ўзгартирмасдан ҳаракатланса, бурчакли арматурада эса - ҳаракат йўналиши 90° га ўзгаради.

Арматура ишчи қисмини-қобикқа зичлаш усулига қараб сальникли, сальфонли ва мембранали арматурага бўлинади. Ишчи орган узатмаси конструкциясига қараб арматуралар қуйидагича бўлади: автоматик; бошқарилувчи (электр, пневмо узатмалар ёрдамида).

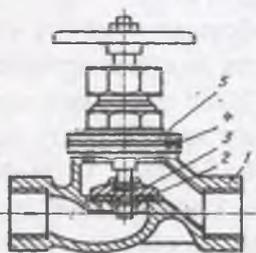
Тиқинли арматура. Кўп серияли қилиб қуйидаги тиқинли арматуралар ишлаб чиқарилади. Затворлар шарсимон ва пробкасимон кранларга бўлинади. Шарсимон кран - қобик 1, шарсимон тиқин 2 ва шпиндель 3 лардан иборат (4.5 - расм). Тиқинли кранлар зичлаш усулига қараб сальникли ёки тортилувчан бўлади. Сальникли кранда пробка 2 ва қобик 1 лар конуссимон юзасида зарур зичлаш босимини сальник 3 ни сиқиб ҳосил қилинади.



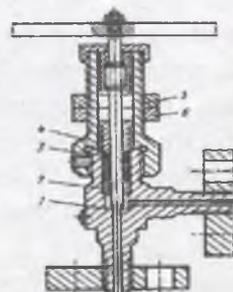
4.5-расм. Шарсимон кран.
1-қобик; 2-шарсимон; 3-шпиндель.



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-кистирма; 5-копкок.



4.8-расм. Тиқинли, бурчакли вентиль.
1-қобик; 2-игна; 3-сальникнинг зичловчи
материали; 4-стойка; 5-контр гайка;
6-сиқувчи гайка.

Торгиловчан кранларда пробка 1 ни қобик 2 да зичлаш гайка 3 ни бураш йўли билан амалга оширилади (4.6б-расм). Ушбу кранлар мегапаскалнинг юздан бир улгушларидан юқори бўлганда зарур зичлашни таъминлай олмайди. Шунинг учун, кимё саноатида бундай кранлар камдан кам ишлатилади.

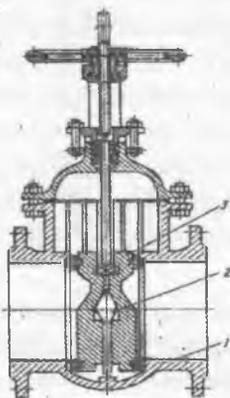
Кранлар кичик ўлчамли, ихчам ва гидравлик қаршилиги кам бўлади. Уларни, труба қувурларида исталган ҳолатда ўрнатиш мумкин. Лекин, вақти-вақти билан уларни мойлаб туриш керак, бўлмаса -қобикка «ёпишиб» қолиши мумкин.

Кранни тезда ёпиш мумкин. Шу сабабли, труба қувурларида гидравлик зарба ҳосил бўлади. Шунини алоҳида таъкидлаш керакки, буғ ва иссиқ суюқлик узатувчи труба қувурларида қўллаш мумкин эмас, чунки қобик деформацияланади ва тиқин унга ёпишиб қолиши мумкин.

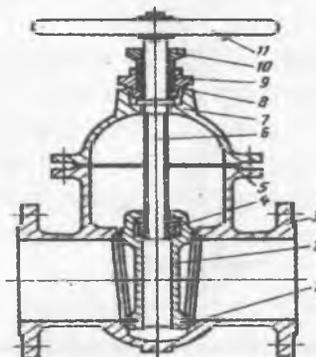
Кранлар чўян, пўлат ва латундан тайёрланади. 4.7-расмда золотникда ўрнатилган фторопласт (чарм ёки резина) зичловчи ҳалқали 2 ўтказувчи вентил конструкцияси келтирилган. Қобик 1 ва қопқоқ 5 лар ўзаро паронит қистирма 4 ёрдамида зичланади. Сальник остига эса асбест арқондан қилинган қистирма қўйилади.

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 остидан кириши керак. Бунда, «ёпиқ» ҳолатида шпиндель сальники босим остида бўлмайди. Шунда, сальник таъмирлашни труба қувуридаги суюқликни тўқмасдан олиб борса бўлади.



4.9-расм. Ҳаракатчан шпинделли параллел задвижка.
1-қобик; 2-пона; 3-шибер.



4.10-расм. Қўзғалмас шпинделли понасимон задвижка.
1-эгар; 2-пона; 3-қобик; 4-ҳаракатчан гайка;
5,8-қистирма; 6-шпиндель; 7-қопқоқ; 9-сальник; 10-сикувчи 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-расм).

Понасимон задвижкаларда пона 2 пастга туширилса ёки юқорига кўтарилса, эгар 1 нинг зичловчи ҳалқалари бўйлаб ҳаракатланади ва задвижкани ёпади ёки очади. Шпиндель 6 айлантирилганда понани илгариланма ҳаракатлантиради. Шпиндель сальник ёрдамида зичланади (4.10 - расм).

Задвижклар очиш ёки ёпиш учун шпиндел жуда кўп айлантирилиши керак. Шунинг учун, катта диаметрли задвижклар электр узатма ёрдамида очилади ёки ёпилади. Параллел задвижклар, одатда сув узатиш қувурларида ўрнатилади ва улар пневмо ёки гидроузатмали қилиб тайёрланади.

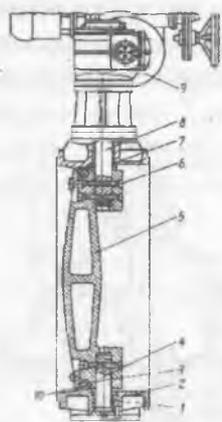
Суюқлик оқимига перпендикуляр ўқда айланувчи диск кўринишидаги затворли задвижка – заслонка дейилади. Бу турдаги мосламалар муҳитнинг босими паст ва тикинли органнинг зичланишига талаблар юқори бўлмаганда, ҳамда катта диаметрли труба қувурларида ишлатилади.

Заслонкалар қўл ёрдамида, гидро-, пневмо- ёки электр узатмалар ёрдамида бошқарилади.

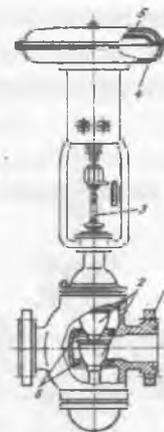
4.11-расмда сув қувурларида ўрнатиладиган пўлат дискли заслонка (тўсиқ) келтирилган. Ушбу мослама вертикал ва горизонтал труба қувурларида ўрнатиш мумкин. Унда ишчи орган бўлмиш диск 5 ўқ 4 атрофида айланади.

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-сиқувчи
ҳалқа; 4-ўқ; 5-диск; 6-штифт; 8-ўқ;
9-электрузатма; 10-резинали халқа.



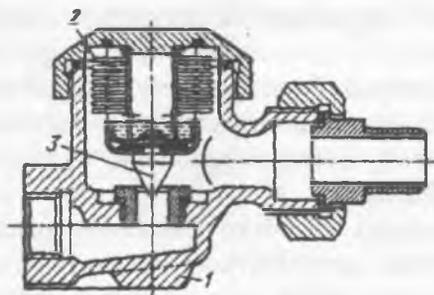
4.12-расм. Мембранали ижрочи
механизмли ростловчи клапан.
1-қобик; 2-затворлар; 3-шток; 4-ижрочи
механизм; 5- мембрана; 6-эгар.

Ростловчи арматура-бу авваламбор, ростловчи клапан ва вентил, аралаштирувчи клапан, редуцияли клапан ва сатҳ ростлагичлардир. Автоматик ростлаш системаларида ростловчи клапан муҳит сарфини бошқаради. 4.12-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.

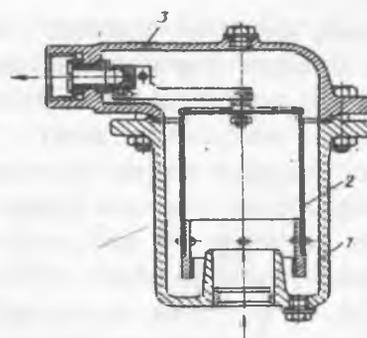
Турли муҳитларни маълум пропорцияларда аралаштириш учун аралаштирувчи клапанлар ишлатилади. Ростловчи ва аралаштирувчи клапанлар электрик ёки пневматик механизмларга эга.

Фаза ажратувчи арматура асосан конденсат ажрагичдан 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 сифонли термостат 2 жойлаштирилган.



4.13-расм. Термостатик конденсат ажратгич.
1 - кобиқ; 2 - сиффонли термостат;
3 - золотник.



4.14-расм. Қалқовичли конденсат ажратгич.
1-кобиқ; 2-қалқович; 3-қоқок.

Мослама ичига конденсат тўлиши билан унинг температураси пасаяди. Натигада, сиффон ичидаги босим камаяди, золотник қўтарилади ва системадан конденсат тўкила бошлайди. Конденсат тўлиқ чиқиб бўлгандан сўнг, мосламага буғ кира бошлайди. Сўнг, температура қўтарилди бошлайди ва оқибатда босим ортади. Босим ортиши золотник тушишига сабабчи бўлади ва конденсат чиқиш тешигини ёпади.

Сақловчи ва химояловчи арматура. Сақловчи арматура труба қувурлари ва қурилмаларда рухсат этилмаган юқори босим ҳосил бўлиши олдини олади. Қўпинча 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 вентиляр қўлланилади. Вентилярнинг асосий афзалликлари – бу зичловчи юзалар ишқаланиш йўқлиги, муҳит таркибидаги қаттиқ 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 коррозия фаоллиги, ёнувчанлиги ва захарлигига аҳамият бериш зарур. Ёнувчан, захарли, портлаш хавфи 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 захарли 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, легирилган пўлат ва махсус қотишмалардан ясалган арматура қўлланиши зарур.

Юқори коррозия фаол суюқликлар узатилганда, коррозия бардош материаллардан ясалган арматура ишлатилиши мақсадга мувофиқ.

Захарли, олов ва портлаш хавфи бор мухитларни труба қувурлари орқали ҳайдалганда, сиффонли арматурани ўрнатиш керак.

Арматура камдан-кам очиб-ёпилганда, қўл ёрдамида бошқариш мумкин. Агарда, арматура тез-тез очиб-ёпилса электр-, пневмо- ва гидроузатмали арматура қўлланилади. Очик 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 резъбали бирикма ёрдамида бирлаштирилади, чунки резъбали 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, захарли, портловчи муҳитлар узатиладиган қувурларда имкони борича пайвандлаш усулида бирлаштирилади.

Босими ва температурасидан қатъий назар, кучли таъсир этувчи захарли 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, сизимли идишларнинг айрим қисмларини бирлаштириш учун хизмат киладиган 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-бўртик” типдаги; “шип-паз” типдаги.

Труба қувурлари ва бирлашувчи қисмларини, ҳамда қурилма ва резервуар патрубккалари, арматура, машина, жихозларни бирлаштирувчи фланецлар 6 хил бўлиши мумкин (4-5 жадвал).

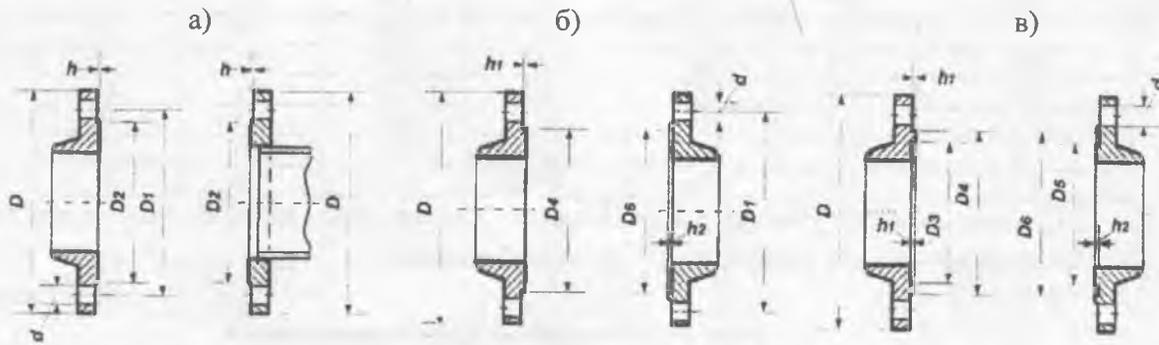
4-5 жадвал

Фланец турлари ва асосий параметрлари

т/р	Фланец тип	Шартли босим P_y , МПа	Шартли диаметр D_y , мм
1.	Қул 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 (*a* тип) фланецли бирикмаларда қистирмани алмаштириш осон ва

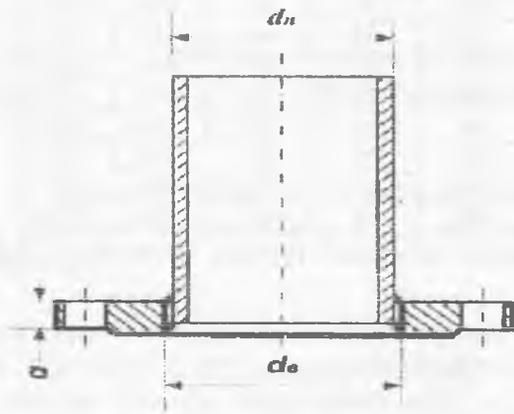
қулай. Бирлаштирувчи бўртиқли ва ботикли (б тип) фланецли бирикмаларда қистирма ботикли фланецда қўзғалмас бўлиб ўрнашади.



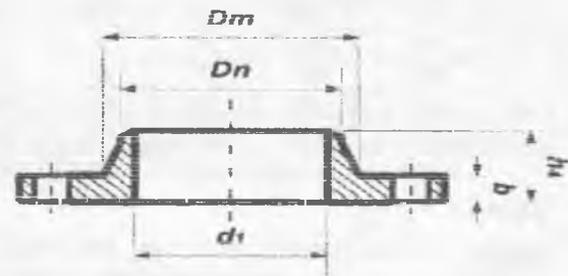
4.15-расм. Бирлаштирувчи фланец юзларининг конструкциялари ва ўлчамлари.
 а – ясси бўртиқли; б – бирлаштирувчи бўртиқли ва бирлаштирувчи ботикли;
 в – бирлаштирувчи шип ва бирлаштирувчи пазли.

Чуқур вакуум остида ишлайдиган қурилмаларда зичлаш юзаси “шип-паз” типдаги $P_v \geq 1,6$ МПа фланецлар қўлланилади. Бу типдаги бирикмаларда қистирма халқасимон арикча (паз)га ётқизилади ва натижада унинг радиал йўналишда силжиши баргараф 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

Ясси фланец параметрлари

Шартли диаметр, D_v	$P_v=0,1$ ва $0,25$ МПа			$P_v=0,1$ МПа		
	d_n	d_s	b	d_n	d_s	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

Пулатдан ясалган учма-уч пайвандланган фланец ички диаметри хар доим труба шартли диаметри оркали топилади (4.17-расм, 4-7 жадвал).

4-7 жадвал

Учма-уч пайвандланган фланец параметрлари

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

Курилма ва сигимли идишлар фланецлари шартли равишда 3 гуруҳга ажратилган (4-8 жадвал).

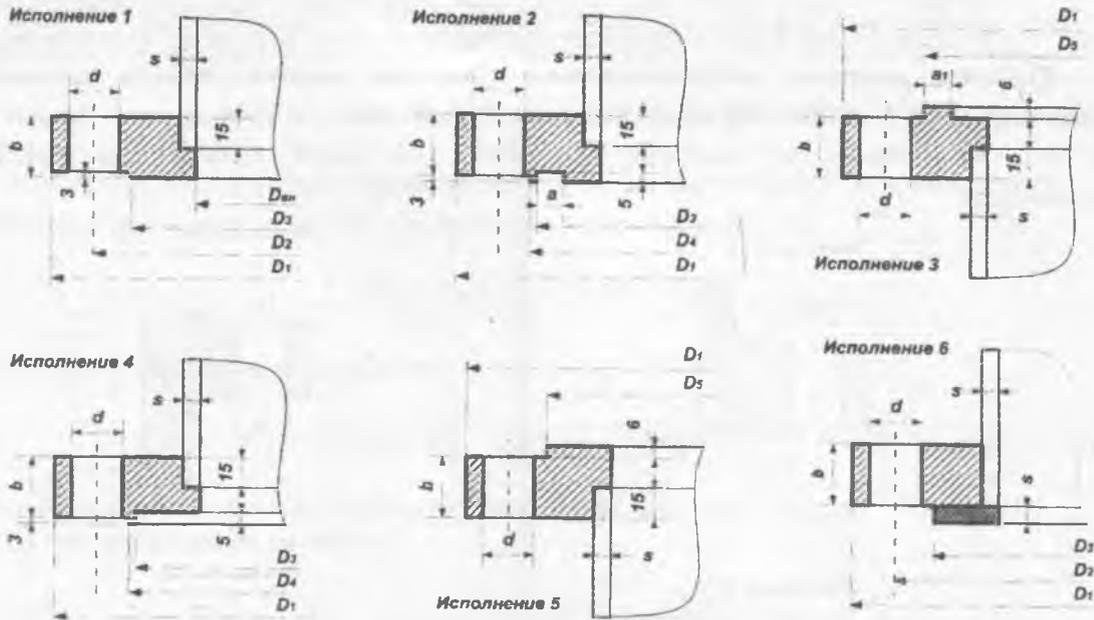
Қолдик босим 665 Па дан кам бўлмаган вакуум остида ишлайдиган курилма, резервуар ва идишларда 1...5 типдаги (ГОСТ 28759.2-90) фланецларни $P_y=0,3$ МПа ва 1...4 типдаги (ГОСТ 28759.3-90) фланецларни $P_y=1,3$ МПа босимларда қўллаш мумкин. Фланецларга қўйилган талаблар ГОСТ 28759.5-90 белгиланган.

4-8 жадвал

Курилма ва сигимли идиш фланецларининг типлари ва асосий параметрлари

т/р	Фланец тип	Курилма ички диаметри D , мм	Шартли босим P_y , МПа	Температура °С
1.	Пулатдан, ясси пайвандланган	400...4000	0,3	-70...+300
		400...3200	0,6...1,0	
		400...2400	1,6	
2.	Пулатдан, 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.	Пулатдан, учма-уч пайвандланган, саккиз бурчакли кўндаланг кесимли қистирма 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 (ижро 4 нинг жуфти).



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 втулкаси баландлиги 150 мм, углеродли пўлат Ст.20 дан ижро 1 да ясалган фланецнинг шартли белгиланиш мисоли:

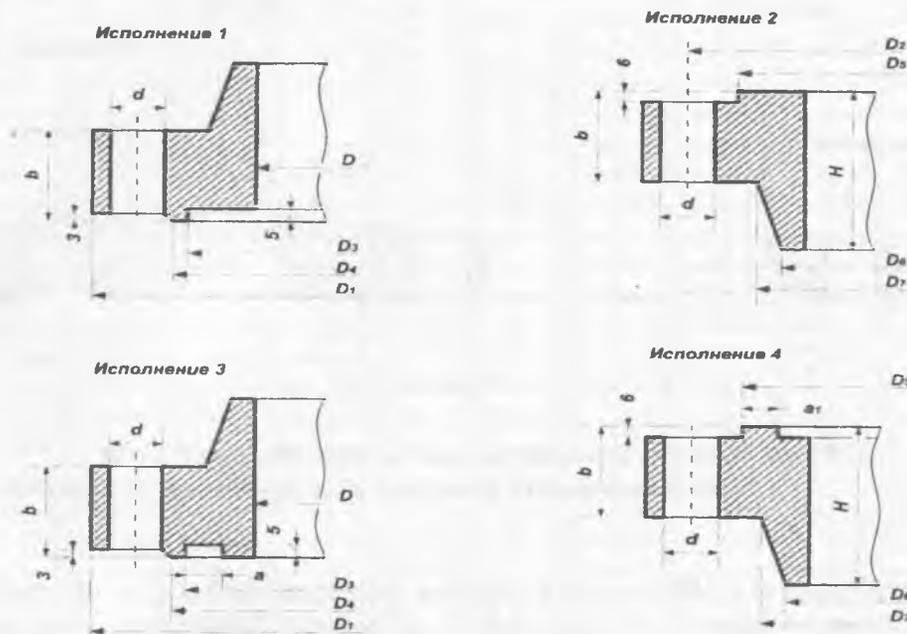
4-9 жадвал

Фланец I-1200-0,6-150 Ст.20 ГОСТ 28759.2-90

$D_{ин}$	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	
500	620	580	544	552	13,5	543	12	25	8	23	M20	20	0,6
	640	600	564	672		663		40				10	
600	720	680	644	652	14	643	12	25	8	23	M20	20	0,3
	740	700	664	672		663		40				10	
700	820	780	744	752	14	743	12	25	8	23	M20	24	0,3
	840	800	764	772		763		50				12	
800	920	880	842	852	14	841	12	25	8	23	M20	28	0,3
	940	905	866	876		865		55				12	
900	1030	990	952	962	14	951	12	30	8	23	M20	32	0,3
	1045	1005	966	976		965		60				12	
1000	1130	1090	1052	1062	15,5	1050	13	30	8	23	M20	36	0,3
	1145	1105	1066	1076		1064		65				12	
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				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				85	16			27	M24
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 $+540^{\circ}\text{C}$ 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 – ботиқ 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 қистирмали:

Фланец I-1200-Ф-2,5-12X18Н10Т ГОСТ 28759.3-90

4.6.1. Фланецли бирикма ҳисоби

Фланецли бирикмаларни ҳисоблашдан мақсад болт ёки шпилькалар диаметри, уларнинг сони ва фланец элементларининг ўлчамлари, яъни болт жойлаштирилган айлана диаметри; қистирмани сиқиш кучи; болтнинг чўзувчи кучланиши; фланецнинг ташқи диаметри ва каллиқларини аниқлаш.

Болтларни ҳисоблашда асосий катталиқ бўлиб улардаги чўзувчи кучланишни аниқлашдир. Ишчи шароитда болтларни чўзувчи кучланиш ушбу формуладан топилади:

$$P_6 = \frac{\pi D_{кисм}}{4} \cdot p + P_{кисм} = \frac{3,14 \cdot 0,6095^2}{4} \cdot 1,6 + 0,77 = 1,237 \text{ МН} \quad (4.10)$$

бу ерда $p = 1,6$ МПа – ишчи босими; $D_{кисм}$ – кистирма ўртача диаметри; $P_{кисм}$ – 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):

$$P_k = \pi \cdot D_{кисм} \cdot b \cdot k \cdot p = 3,14 \cdot 0,6125 \cdot 0,1 \cdot 2,5 \cdot 1,6 = 0,77 \quad (4.11)$$

бу ерда $b = \sqrt{b_0} = 3,16$; b_0 – кистирманинг ҳақиқий эни, м; k – кистирма конструкцияси ва материалга боғлиқ коэффицент (ясси резина кистирмалар учун $k = 1,0$; паронит, фторопласт учун $k = 2,5$).

$$D_{кисм} = \frac{2D_u + 0,015}{2} = \frac{2 \cdot 0,602 + 0,015}{2} = 0,6095 \text{ м} \quad (4.12)$$

Болтларни жойлаштириш диаметри:

$$D_6 = (1,1 - 1,2) \cdot D_u^{0,933} = 1,1 \cdot D_u^{0,933} = 1,1 \cdot 0,602^{0,933} = 0,685 \text{ м} \quad (4.13)$$

бу ерда D_u – фланецнинг ички диаметри (одатда у қобикнинг ташки диаметрига тенг).

Болтлар диаметрини ҳисоблаш.

$$d_6 = \frac{D_6 - D_r}{2} - 0,006 = \frac{0,685 - 0,612}{2} - 0,006 = 0,03 \text{ м} \quad (4.14)$$

бу ерда D_r – фланецни қобикка пайвандлаш чокининг ташки диаметри, м.

Болтлар сони

$$z = \frac{P_6}{\sigma_d \cdot F_6} = \frac{1,237}{126 \cdot 4,34 \cdot 10^{-4}} = \frac{1,237}{0,055} = 22,62 \approx 24 \text{ дона} \quad (4.15)$$

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 қўндаланг кесимининг юзаси (резьбанинг ички диаметри бўйича) F_6 :

$$F_6 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,0235^2}{4} = 4,34 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \quad (4.16)$$

Фланецнинг ташки диаметри:

$$D_\phi = D_6 + (1,8 - 2,5) \cdot d_6 = D_6 + 1,83 \cdot d_6 = 0,685 + 1,83 \cdot 0,03 = 0,74 \text{ м} \quad (4.17)$$

Ишчи жараёнида фланецга тушаётган юклама:

$$\begin{aligned} P &= \frac{D_\phi}{D_\phi - D_u} \cdot \left[P_6 \frac{D_u}{D_6} \left(\frac{D_6}{D_{кисм}} - 1 \right) + \frac{\pi D_{кисм}^2}{4} p \cdot \left(1 - \frac{D_u}{D_{кисм}} \right) \right] = \\ &= \frac{0,74}{0,74 - 0,602} \cdot \left[1,237 \cdot \frac{0,602}{0,685} \left(\frac{0,685}{0,6095} - 1 \right) + \frac{3,14 \cdot 0,6095^2}{4} \cdot 1,6 \cdot \left(1 - \frac{0,602}{0,6095} \right) \right] = \\ &= 5,36 \cdot (0,13 + 0,471 \cdot 0,0171) = 0,74 \text{ МН} \end{aligned} \quad (4.18)$$

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 материалнинг оқувчанлик чегараси, МН/м² (Ст.3 ва Х18Н10Т пулатлар 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 табиқ олинадиганлиги [5].

$\Phi > 1,13 \cdot A$ бўлгани учун фланец баландини ушбу формуладан аниқлаймиз:

$$h = 0,43 \cdot \sqrt[3]{D_u \cdot (\Phi - 0,85A)} = 0,43 \cdot \sqrt[3]{0,602 \cdot (0,0073 - 0,85 \cdot 0,00025)} = 0,0691 \text{ м} \quad (4.21)$$

Труба тешикли панжарасининг ўрта қисмидаги баландини эса ушбу тенгламадан аниқланади:

$$h = \frac{K \cdot D_u}{\varphi_0} \sqrt{\frac{p}{\sigma_{u,d}}} + c_k + c_{жк1} = \frac{0,6 \cdot 0,602}{0,982} \sqrt{\frac{1,6}{126}} + 0,001 + c_{жк1} =$$

$$= 0,387 \cdot 0,11 + 0,001 + c_{жк1} = 0,0413 + 0,001 + c_{жк1} \approx 0,05 \text{ м} \quad (4.22)$$

бу ерда $K = 0,6$ – труба тешикли панжарасининг конструкциясига боғлиқ коэффициент; $\sigma_{u,d}$ – материал учун рухсат этилган эгилиш қучланиши, МН/м² (мўрт бўлмаган материаллар учун $\sigma_{u,d} = \sigma_{e,d}$); φ_0 – труба маҳкамланадиган панжаранинг тешиклар қилиниши натижасида мустаҳкамлигини ифодаловчи коэффициент.

Ушбу, φ_0 коэффициентни қуйидаги формуладан топиш мумкин:

$$\varphi_0 = 1 - 0,43 \cdot \frac{d}{D} = 1 - 0,43 \cdot \frac{0,025}{0,602} = 0,982 \quad (4.23)$$

бу ерда $\sum d_0$ – труба маҳкамланадиган панжара диаметридаги тешиклар диаметрларининг йиғиндиси қуйидагича топилади:

$$\sum d_0 = z \cdot d = 18 \cdot 0,025 = 0,45 \quad (4.24)$$

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 материаллари 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 қўндаланг кесимлари келтирилган. Тўғри тўртбурчак шаклли қистирмалар исталган материалдан ясалиши мумкин. Думалоқлар – металлдан; эллипс ва саккиз бурчакли қўндаланг кесимли, гофриланган қистирмалар эса – пулатлардан ясалади.

4-10 жадвал

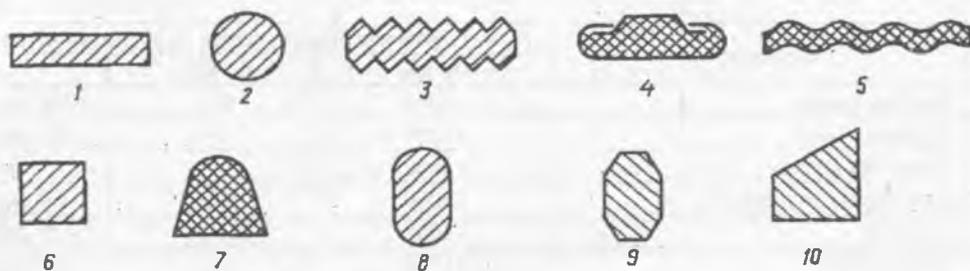
Т/р	Материал	Параметрларнинг тавсия этиладиган чегаралари		
		D_p , мм	P_p , МПа	t , °C
1.	Картон, резина	≤3000	≤0,6	-300 дан +100 гача
2.	Резинали мато	≤3000	≤1,0	-30 дан +100 гача
3.	Асбестли картон	≤3000	≤1,6	+500 гача
4.	Пластикат, полиэтилен	≤3000	≤4,0	-30 дан +60 гача
5.	Паронит	≤3000	≤10,0	-200 дан +400 гача
6.	Фторопласт	≤1000	≤10,0	-200 дан +250 гача
7.	Алюминий, мис, латунь, монель, кўрғошин, никель	≤800	≤40,0	-200 дан +300 гача
8.	Углеродли, легирланган ва юкори легирланган пулатлар	≤1600	≤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 пулатли 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 пулат қобикли асбест
		6,4...40,0	550	0X18H9 ёки X18H9T пулатдан 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 пулатдан эллипс кўндаланг кесимли ҳалқасимон қистирма
4.	Сув буғи (туйинган ва ўта кизиган)	0,4	150	Графитланган асбестли картон
		5,0	450	Паронит
		6,4...40,0	550	0X18H9 ёки X18H9T пулатдан эллипс кўндаланг кесимли ҳалқасимон қистирма
5.	Концентранган 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 электрохимик коррозия бошланади.

4.8. Обечайка қалинлигининг ҳисоби

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 коэффиценти; C_1 – коррозия ва эрозияни компенсация қилиш учун қўшимча; C_2 – манфий қўйимни компенсация қилиш учун қўшимча; C_3 – технологик жараёнлар туфайли деворнинг юпкалашишини компенсация қилиш учун технологик қўшимча.

Агар, қурилмадаги элткичларнинг бири ҳавфли (заҳарли, ёнғин ёки портлашга мойил) бўлса, унда у 1 МПа босимга мослаб ҳисобланади.

Пайванд чокининг 100% узунлиги назорат қилинса унинг мустаҳкамлик коэффиценти $\varphi = 1,0$ ва 50% назорат қилинса - $\varphi = 0,9$. Конструкция материаллар учун рухсат этилган кучланиш ишчи температура ва материал турига боғлиқ (2-8 жалвал).

4-12 жадвал

Айрим конструкция материаллар учун норматив рухсат этилган кучланишлар

т/р	Материал маркази	Температурага боғлиқ $[\sigma]$, МПа кийматлари		
		20°C	100°C	200°C
1.	Пулат Ст.3	140	134	126
2.	Пулат 20, 20К	147	142	136
3.	Пулат 09Г2С, 16ГС, 17ГС	183	160	148
4.	Легирланган пулат 15Х5М	146	141	134
5.	Лег.пулат 12Х18Н10Т, 10Х17Н13М2Т	160	152	140
6.	Лег.пулат 08Х18Н10Т, 08Х17Н13М2Т	140	130	110
7.	Лег.пулат 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 каторидан 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

Днишченинг цилиндрик қисми деворнинг қалинлиги билан белгиланади. Агар, девор қалинлиги 10 мм дан кам бўлса, унда днишченинг цилиндрик қисми 25 мм дан кам бўлмаслиги керак.

Эллиптик днишченинг зарур қалинлиги ушбу тенгламадан ҳисоблаб топилади (4.21-расм):

$$S = \frac{p \cdot R}{2[\sigma]\varphi - p/2} + C_1 + C_2 + C_3 \quad (4.27)$$

бу ерда R -днишченинг максимал эгрилик радиуси.

Эгрилик радиуси $R_{ушбу}$ формуладан аниқланади:

$$R = \frac{D^2}{4H} \quad (4.28)$$

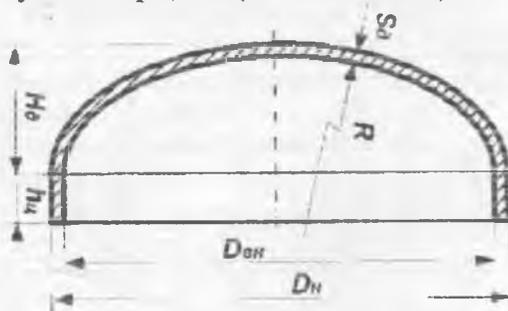
Тайёрланган ҳамма қурилма, идиш, жихоз ва бошқадар гидравлик синовдан ўтиши шарт. Пайвандланган қурилмадаги синов босими P_{np} ҳисобланган босим P_p га қараб аниқланади:

$$P_{np} = 1,25 \frac{[\sigma_{20}]}{[\sigma_t]} \cdot P_p \quad (4.29)$$

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 $[\sigma_{20}]/[\sigma]=1$.

Эллиптик днишче ўлчамлари, мм (ГОСТ 6533-78)



4.21-расм. Эллиптик днишче.

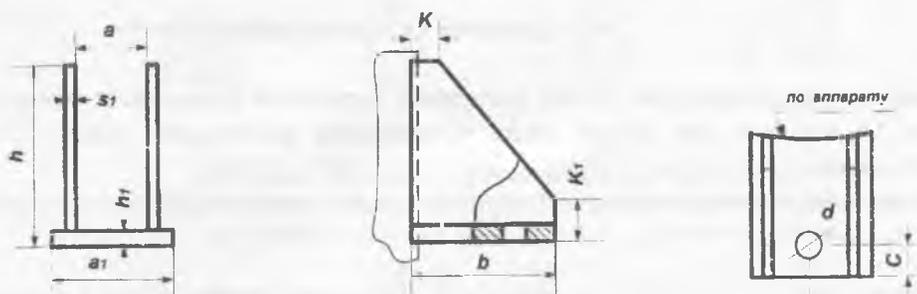
4-13 жадвал

D_n	h_n	H_d
159	25	40
273	25	68
325	25	81
426	25	106
630	25	157

$D_{вн}$	h_n	H_d
400	25,4	100
600	25,4	150
800	25,4	200
1000	25,4	250
1200	25,4	300

4.10.Таянчларҳисоби

Вертикал қурилма таянч бошмоқлари иккита вертикал пластина ва горизонтал асосдан таркиб топган бўлади (4.22-расм).



4.22-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.

4-14 жадвал

Вертикал қурилмалар учун таянч бошмоқларнинг конструктив ўлчамлари, мм

Q , кН	гури	a	a_1	b	C	h	h_1	K_1	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

$$m_1 = \pi d_{ур} \cdot \delta_1 \cdot l_{тр} \cdot n_{ум} \cdot \rho_m \quad (4.30)$$

- 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 тўсиклар k , 2 та труба тешикли панжалари, 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; пулат учун $\rho \approx 8000$ кг/м³.

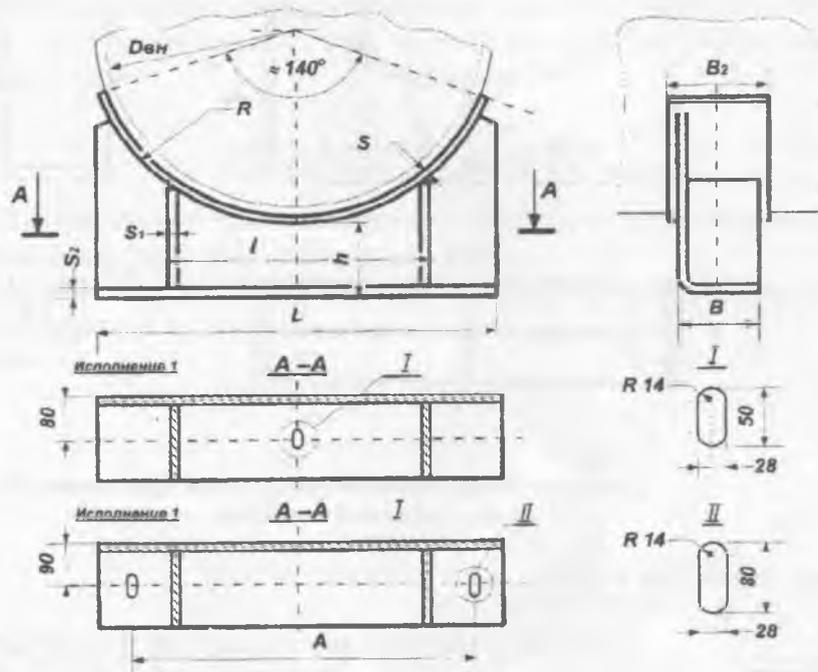
Ишчи ҳолатда иссиқлик алмашилиш қурилмасининг труба ва трубалараро бўшлиғи элткичлар билан, гидравлик синов пайтида – сув билан тўлдирилган бўлади.

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:

$$V_{траб} = 0,785 \cdot (D_k^2 - d_{твш}^2 \cdot n_{ум}) \cdot l_{mp} \quad (4.34)$$



4.23-расм. Қобик диаметри $D_{таш}=159...630$ мм қурилмалар (I-тип) учун эгарсимон таянчлар.

Гидравлик синовларда даврида сув билан тўлдирилган қурилманинг таянчларига тушаётган умумий юклама (кН) ушбу тенгламадан топилади:

$$Q_{\Sigma} = 0,001 \cdot [m_1 + m_2 + m_3 + (V_{mp} + V_{траб}) \cdot \rho_{H_2O}] \cdot g \quad (4.35)$$

Стандарт эгарсимон таянчлар горизонтал иссиқлик алмашилиш 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 (4.23-расм). Таянч букланган устун, 2 та қаттиқлик коворғаси ва таянч листдан таркиб топган.

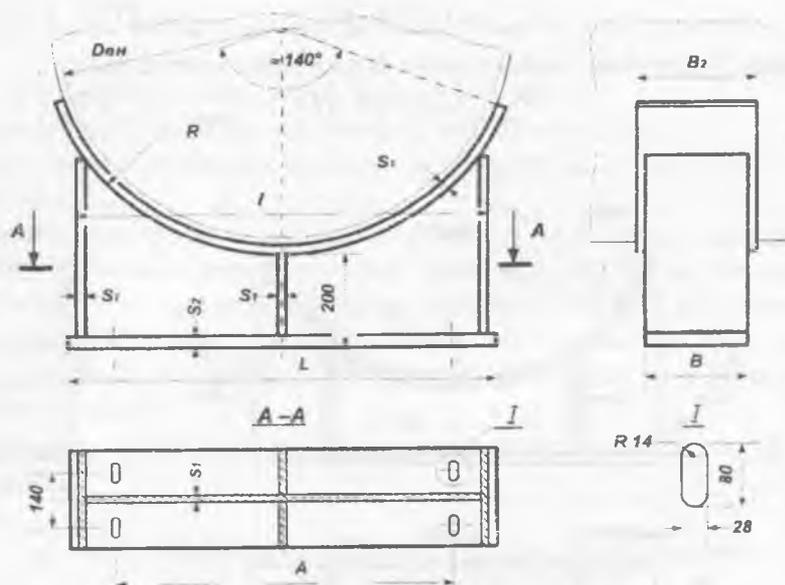
Таянч ўлчамлари қобикнинг ташки диаметрига қараб 4-15 жадвалдан аниқланади ва рухсат этилган қучланишга текширилади.

4-15 жадвал

I-тип эгарсимон таянчлар ўлчамлари, мм (ОСТ 26-1265-75)

$D_{таш}/D_{ич}$	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 қучланишга қараб 2 хил қилиб ясалади. Таянч устун, асос, 3 та қаттиқлик коворғаси ва таянч листдан таркиб топган (4.24-расм).



4.24-расм. Қобик диаметри $D_{таш} \geq 800$ мм қурилмалар (II-тип) учун эгарсимон таянчлар.

Таянчлар ўлчамлари 4-16 жадвалда келтирилган.

4-16 жадвал

II-тип эгарсимон таянчлар ўлчамлари, мм (ОСТ 26-1265-75)

$D_{ич}$	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 тешиқларининг эллипсимон шакли, ҳамда асос ва гайка орасидаги 1...2 мм ли тирқиш ҳисобига ҳаракатчан таянч пойдевор устида сирпанади. 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 шартдан 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 ташки диаметри, м; t_p –тешикли панжарадаги тешикларнинг жойлашиш қадами, м.

Қобик трубади иссиқлик алмашилиш 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

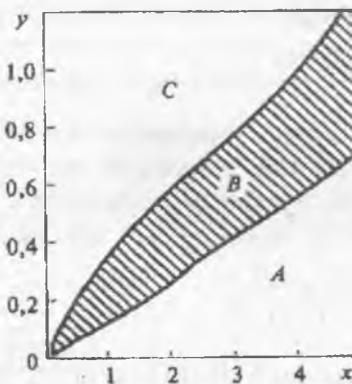
Кўндаланг сегмент тўсиқларни бир-бирига нисбатан белгиланган масофада дастлаб ўрнатиш учун торткичлар хизмат қилади ва уларнинг диаметри $D \leq 600$ бўлганда 12 мм ва $D \geq 800$ бўлганда 16 мм. Торткичларнинг сони $D \leq 1000$ мм да 6 та, $D = 1200$ мм да 8 та ва $D \geq 1200$ мм бўлганда 10 та.

4.12. Компенсатор ҳисоби

Оддий труба қувурларининг компенсациялаш қобилиятини 4.25-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:

$$x = \frac{L}{l} - 1 \quad (4.37)$$



4.25-расм. Оддий труба қувурининг компенсациялаш қобилиятини баҳолаш графиги.

A – температура таъсирида узайишни труба қувири компенсация қилади; B – компенсаторни ҳисоблаш талаб этилади; C – температура таъсирида узайишни труба қувири компенсация қилмаслиги сабабли унинг шаклини ўзгартириш керак.

y – параметри температура деформациясининг труба қувири бутун узунлиги келтирилган функцияси:

$$y = \frac{E \cdot D_a}{[\sigma] \cdot L} \cdot \left(\alpha \cdot \Delta t \pm \frac{C_m}{l} \right) \quad (4.38)$$

бу ерда E – пулатнинг эластиклик модули, МПа; $[\sigma]$ – номинал рухсат этилган кучланиш, МПа; α – ҳисобланган температурада пулатнинг чизикли узайишининг температура коэффиценти, $1/^\circ\text{C}$; Δt – труба деворининг ҳисобланган температураси ва монтаж температуралари орасидаги фарқ, $^\circ\text{C}$; 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: пулатдан 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 Δl ҳисобланади:

$$\Delta l = \varepsilon \cdot \Delta t \quad (4.39)$$

бу ерда, ε – компенсатор дастлабки чўзилиши ва компенсацион кучланиш релаксациясини инobatга олувчи коэффиценти: 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 коэффицентнинг сон қийматлари 4-18 жадвалдан олинади; Δl – труба қувури ҳисобланган участкасининг тўлиқ иссиқлик чўзилиши, мм:

$$\Delta l = \alpha \cdot \Delta t \cdot L \quad (4.40)$$

бу ерда, α – пулатни 0 дан t ($^\circ\text{C}$) гача киздирилгандаги ўртача чизикли кенгайиш коэффиценти, мм/(м·К); Δt – ҳисобланган температуралар фарқи бўлиб, иссиқлик элткич ва атроф-мухит температуралари орасидаги фарқка тенгдир, $^\circ\text{C}$; L – труба таянчлари орасидаги масофа, м.

4-18 жадвал

Коэффицент ε нинг қийматлари

№	Иссиқлик элткич температураси $t, ^\circ\text{C}$	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, сильфонли, сальникли ва х.) 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, м^4 ; i – қиялик, 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:

$$z = \frac{\Delta_k}{\Delta_l} \quad (4.43)$$

Ҳисоблаш натижасида олинган сон энг яқин катта сонгача яхлитланади.

Компенсатор деформацияси Δ_k қуйидагича ҳисобланади:

$$t_m > t_e \text{ бўлганда} \quad \Delta_k = \Delta_t - \Delta_{pk} + \Delta_{pp} \quad (4.44)$$

$$t_m < t_e \text{ бўлганда} \quad \Delta_k = \Delta_t - \Delta_{pk} - \Delta_{pp} \quad (4.45)$$

бу ерда, Δ_t – труба температура деформацияси, м; $\Delta_m = \frac{P_k \cdot l}{E_t' \cdot F_t}$ – компенсатор ҳаракат реакцияси туфайли

труба деформацияси, м; $\Delta_{pp} = \frac{P_p \cdot l}{E_t' \cdot F_t}$ – кенгайтирувчи куч таъсиридаги труба деформацияси, м; E_t' – труба материалнинг эластиклик модули, МПа; F_m – труба кундаланг кесимининг юзаси, м²; t_m ва t_e – труба ва хавонинг температуралари, °С.

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

$$S_R = 0,895 K \cdot D_e \cdot \sqrt{\frac{P}{[\sigma]}} \quad (4.46)$$

– компенсатор реакцияси P_R , МН

$$P_R = 4,9 \cdot \frac{[\sigma] \cdot S^2}{1 - \beta} \quad (4.47)$$

– линзадаги муҳит босими таъсирида кенгайиш P_p , МН

$$P_p = 0,8 K_1 \cdot P \cdot D_e^2 \quad (4.48)$$

бу ерда D_e – линзанинг ички диаметри, трубаинг ташқи диаметрига тенг қилиб олинади; $\beta = D_e/D$; D – линзанинг ташқи диаметри, м; S – линза деворининг қабул қилинган қалинлиги, м; $[\sigma]$ – линза материалнинг букилишга рухсат этилган кучланиш, МПа; P – трубадаги ҳисобланган босим, МПа.

$$K = \sqrt{\frac{(1-\beta) \cdot (1-\beta)^2}{8\beta^2 \cdot (3+\beta)}}; \quad K_1 = \frac{\pi \cdot (1-\beta) \cdot (1+2\beta)}{12 \cdot \beta^2}$$

Битта линзанинг деформацияси ушбу формуладан топилади:

$$\Delta_n = 0,075 K_2 \cdot \frac{[\sigma] \cdot D_e^2}{E \cdot S} \quad (4.49)$$

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 юқалиги

билан ажралиб туради. 4.26-расмда сифонли компенсаторларнинг асосий турлари келтирилган.

Сальникли компенсаторларни ҳисоблаш. Сальникли компенсаторларни муҳитнинг босими $P, \leq 2,5$ МПа ва температураси $t \leq 300^\circ\text{C}$, труба қувурининг диаметри 100 дан 1000 ммгача бўлган ҳолларда қўллаш мумкин (4.27-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:

$$S_c = 1,4\sqrt{D_c} \quad (4.50)$$

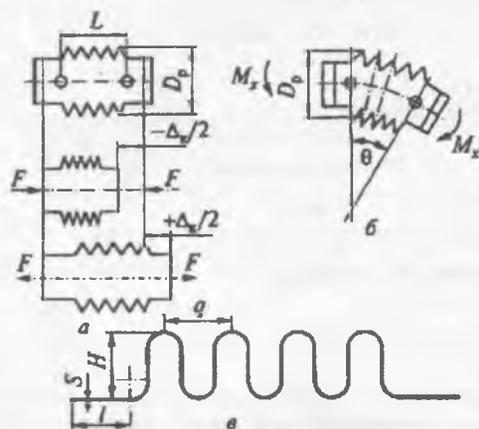
бу ерда, D_c – сальник қобиғининг диаметри; ҳисоблаб топилган S_c нинг қиймаги бутун сонгача яхлитланади ва 3...25 мм оралиқда қабул қилинади.

– зичловчи материалнинг баландлиги h муҳитнинг босимига боғлиқ ва 4-19 жадвал танланади.

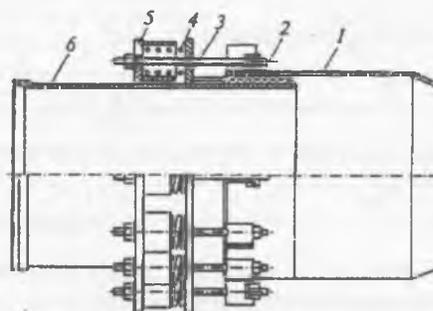
4-19 жадвал

Сальникли компенсаторларнинг юмшоқ зичловчи материал h нинг таъсия 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	$3S_c$	$4S_c$	$5S_c$	$63S_c$



4.26-расм. Сифонли компенсаторларнинг асосий турлари:
а-ўқли; б-универсал; в-сурилувчи; г-буралувчи.



4.27-расм. Сальникли компенсатор:
1-қобик; 2-зичловчи материал; 3-босиб турувчи втулка; 4-компенсацияловчи пружина; 5-босувчи ҳалқа; 6-втулка.

4.13. 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.

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.

Барабанни мустақкамлиги ва қаттиклиги ҳисоблаб аниқлансин.

Ўртача тўкма зичлиги $\rho=1280$ кг/м³ ва тўлдириш коэффициентини $\beta=0,12$ 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 momenti ушбу формуладан ҳисобланади:

$$M = \left(\frac{N}{2\pi n} \right) \cdot 10^{-3} = \frac{80 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,0067} = 0,191 \text{ МН} \cdot \text{м} \quad (4.54)$$

Келтирилган момент:

$$M_p = 0,35M + 0,65\sqrt{M^2 + M_{\text{кр}}^2} = 0,35 \cdot 0,336 + 0,65 \cdot \sqrt{0,336^2 + 0,191^2} = 0,37 \text{ МН} \cdot \text{м} \quad (4.55)$$

Барабан халқасимон кўндаланг кесимининг қаршилиқ momenti:

$$W = 0,785D^2 \cdot \delta = 0,785 \cdot 2,8^2 \cdot 0,014 = 0,085 \text{ м}^3 \quad (4.56)$$

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 $[\sigma_s]=5 \dots 10$ МН/м².

Барабан халқасимон кўндаланг кесим инерциясининг ўқли momenti:

$$I = \frac{\pi D_{\text{др}}^3}{8} \cdot \delta = \frac{\pi}{8} \cdot (D - \delta)^3 \cdot \delta = \frac{3,14}{8} (2,8 - 0,014)^3 \cdot 0,014 = 0,119 \text{ м}^4 \quad (4.58)$$

Углеродли пўлат учун эластиклик модули $E=1,9 \cdot 10^5$ МН/м².

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:

$$f \leq 0,0003 \cdot l_0 \quad (4.60)$$

$$f = 0,0003 \cdot l_0 = 0,0003 \cdot 8,2 = 0,00246 \text{ м} \quad (4.61)$$

яъни, барабаннынг қаттиқлик шартлари бажарилмоқда.

4.14. Аралаштиргич ўқининг ҳисоби

Қурилма ўқларининг айланиши ўсганда унинг тебраниш амплитудаси ортиши кузатилади. Шунинг учун бу турдаги қурилмаларда турғун ишлаш қобилияти тебранишга бардошлиги билан белгиланади.

Қуйидаги мисолда ротор-дискли экстрактор ўқининг асосий ўлчамларини аниқлаймиз. 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 - $L=0,4(20+1)=8,4$ м;
- подшипниклардаги ишқаланиш ва аралаштиришга қаршиликни енгиш учун зарур қувват - $N=0,2$ 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 бурилишга мустақамлиги 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:

$$m = \frac{\pi d^2 \cdot \rho}{4} = 0,785 \cdot (0,02^2) \cdot 7850 = 2,46 \text{ кг/м} \quad (4.64)$$

Диск массаси:

$$M = 0,785 \cdot 0,8^2 \cdot 0,004 \cdot 7850 = 15,8 \text{ кг} \quad (4.65)$$

Ўқнинг бир метрига туғри келадиган дискнинг массаси:

$$m' = \frac{M(n+1)}{L} = \frac{15,8 \cdot 21}{8,4} = 39,5 \text{ кг/м} \quad (4.66)$$

Думалоқ кўндаланг кесимли ўқ инерция моменти:

$$I = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,02^2}{64} = 0,785 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4 \quad (4.67)$$

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:

$$n_{кр} = \frac{\omega_1}{2\pi} = \frac{0,855}{2\pi} = 0,136 \text{ айл/с} \quad (4.69)$$

Бу кўрсаткич берилган катталиқдан кичик, шу сабабли тебранишга бардошлик шартлари бажарилмаяпти. Шунинг учун, диаметри 50 мм бўлган ўқ учун қайта ҳисоблашлар бажарамиз.

Диаметри 50 мм ли ўқ бир метрининг массаси:

$$m = \frac{\pi d^2 \cdot \rho}{4} = 0,785 \cdot (0,05^2) \cdot 7850 = 15,4 \text{ кг/м} \quad (4.70)$$

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:

$$\omega \leq 0,7 \cdot \omega_1$$

$$\frac{0,5}{0,745} = 0,671 \leq 0,7 \quad (4.74)$$

Қуйидаги формула бўйича ҳисоб жуда яқин натижа беради:

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{12(n+1)^3}{\left(2 + \cos \frac{\pi}{n+1}\right)} \cdot \left(1 - \cos \frac{\pi}{n+1}\right)^2} \cdot \sqrt{\frac{EI}{M' L^3}} =$$

$$= \sqrt{\frac{12 \cdot 21^2}{\left(2 + \cos \frac{\pi}{21}\right)} \cdot \left(1 - \cos \frac{\pi}{21}\right)^2} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{11} \cdot 30,7 \cdot 10^{-8}}{\left(15,8 + \frac{2 \cdot 15,4 \cdot 8,4}{3 \cdot 20}\right) \cdot 8,4^3}} = 4,81 \text{ рад/с} \quad (4.75)$$

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 айлантурувчи момент ушбу формуладан аниқланади:

$$M_{кр.д} = 1,6 \cdot (d - \delta)^2 \cdot \delta \cdot \tau_0 = 1,6 \cdot (0,06 - 0,004)^2 \cdot 0,004 \cdot 44 \cdot 10^6 = 820 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (4.81)$$

Ушбу қиймат зарур момент (63,7 Н·м) дан ачса катта. Шундай қилиб, берилган бошланғич шартлар учун ротор диски экстрактор ўқининг кўндаланг кесими яхлит ўқ учун $d=50$ мм ёки халқасимон учун $d=60 \times 4$ мм бўлиши мумкин.

4.15. Болт ва шпилька ҳисоби

Фланецли бирикмалар учун болт (шпилька)лар ва гайкалар нормаллашган ва стандартлашган бўлиши керак. Фланецли бирикма лойиҳаланаётганда қуйидаги тавсияларни инобатга олиш керак: болт (шпилька) диаметри имкон доирасида кичик бўлиши керак, лекин 10 мм дан кам бўлмаслиги даркор; болтлар орасидаги масофа $(2,5 \dots 5) \cdot d_b$ бўлиши керак; болтлариложи борица зичланиш юзасига яқин бўлиши

4-20 жадвал

Г/р	Мухит	Чегаравий ишчи босим, МПа	Чегаравий температур, °С	Қистирма
1.	Нефть (хомашё) ва нефть маҳсулотлари	1,0	40	Мойланган картон
		5,0	450	Паронит
		10,0	300	Гоффриланган алюминий қобикли асбест
		6,4...40,0	550	0X18H9 ёки X18H9T пўлатдан эллипс кўндаланг кесимли халқасимон қистирма
2.	Агрессив буг ва газлар	0,6	300	Асбестли картон
		2,5	300	Паронит
		15,0	450	Гоффриланган 0X18H9 ёки X18H9T пўлат қобикли 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	Гоффриланган алюминий қобикли асбест
		6,4...40,0	550	0X18H9 ёки X18H9T пўлатдан эллипс кўндаланг кесимли халқасимон қистирма
4.	Сув буги (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 халқасимон қистирма
5.	Концентрланган H ₂ SO ₄	0,3	65	Резина

	(40% гача)			
		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 кистирма

мақсадга мувофиқ. Болт узунлиги фланецли бирикма йиғилгандан сўнг, яъни гайка қуйилиб, тортилгандан сўнг гайка устидан яна $(2,5...5) \cdot d_b$ масофага чиқиб туриши керак.

Муҳит босими остидаги фланецли бирикма болтига тушаётган юклама қуйидаги формуладан топилади:

$$Q_b = \frac{\pi}{4} (D_s + \frac{2}{3} b)^2 \cdot P + \pi \cdot D_c \cdot b_0 \cdot m \cdot P \quad (4.82)$$

бу ерда, Q_b – болтларга тушаётган умумий юклама; D_s – кистирма ички диаметри; b – кистирма калинлиги; P – муҳит ишчи босими; D_c – кистирма ўртача диаметри ($D_s = D_s + b$); b_0 – кистирманинг ҳисобий калинлиги, унинг конструкциясига қараб аниқланади; ясси кистирмалар учун $b < 0,012$ м бўлганда $b_0 = b$; $b > 0,012$ м бўлганда $b_0 = \sqrt{b}$; эллипс шаклидаги кистирмалар учун $b_0 = b/4$; m – кистирмага таъсир этаётган солиштирма босим коэффициенти; ясси асбест ёки асбест композицияли кистирмалар учун $m=2,5$, гофриланган металл қобикли асбест кистирма учун $m=3$; алюминий кистирма учун $m=4$; юмшоқ пўлат кистирма учун $m=5,5$.

Муҳит босими остида бўлмаган, лекин фланецли бирикмани ишончли зичланишини таъминловчи болтларга тушаётган юклама миқдори қуйидаги формуладан аниқланади:

$$Q_b' = \frac{\pi \cdot D_c \cdot b_0 \cdot q_{kp}}{2} \quad (4.83)$$

бу ерда, q_{kp} – кистирма юзасига тушаётган босим; ясси асбест ёки асбест композицияли кистирма учун $q_{kp}=30$; гофриланган металл қобикли асбест кистирма учун $q_{kp}=40$; алюминий кистирма учун $q_{kp}=70$; юмшоқ пўлат кистирма учун $q_{kp}=125$.

Q_b ва Q_b' юкламаларидан энг каттаси ҳисоблашлар учун олинади. Тўртга қаррали (4,8,12,16 ва х.) болтлар сонини танлаб, битта болтга тушаётган юклама (МН) аниқланади:

$$q_b = \frac{Q_b}{n_b} \text{ ёки } q_b = \frac{Q_b'}{n_b} \quad (4.84)$$

Болт ёки шпилька резьбасининг ички диаметри d_1 ушбу тенгламадан топилади:

$$q_b = \frac{\pi \cdot (d_1 - C_1)^2 \cdot [\sigma]}{4} \quad (4.85)$$

бу ерда, C_1 – конструктив қўшимча, одатда $C_1=0,001...0,002$ мм; $[\sigma]$ – тўрт-беш қаррали мустаҳкамлик захирасида рухсат этилган кучланиш.

Болт ёки шпилька диаметри ГОСТ тўғри келиши керак. Шунинг учун, болт диаметрини (4.85) формуладан аниқлангандан сўнг, q_b топилади. Болтларга тушаётган максимал юклама ушбу формуладан ҳисоблаб топилади:

$$Q_{max} = n \cdot q_b \quad (4.86)$$

Фланец параметрлари (диск қалинлиги, пайвандлаш чоклари) ҳисобланган юкламаси Q_p га нисбатан аниқланади:

$$Q_p = \frac{Q_{max} + Q_{b \min}}{2} \quad (4.87)$$

бу ерда, Q_{pmax} – (4.82) ва (4.83) формулалар ёрдамида ҳисобланган кучланишларнинг энг каттаси.

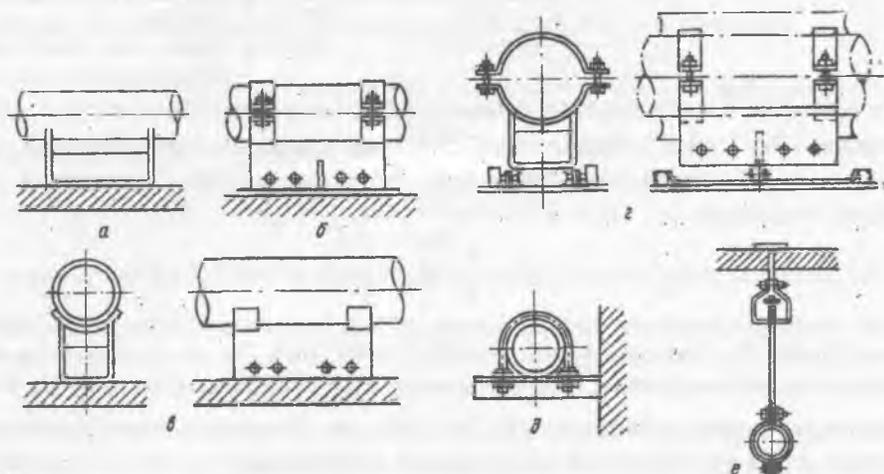
Труба қувири таянчларнинг ўртасидаги максимал эгилиш ушбу формуладан топилади:

$$f = \frac{q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I} \quad (4.88)$$

бу ерда E – труба материалнинг эластиклик модули; I – труба кўндаланг кесимининг инерция моменти.

Кўпчилик труба қувурлари учун таянчлар орасидаги масофа нормаллаштирилган ва махсус адабиётларда келтирилган.

Труба қувурлари таянч ва осма мосламалари қурилиш ёки металл конструкцияларга ўрнатилади.



4.28 - расм. Труба қувурлар таянчлари.

а – қўзғалмас, пайвандланган; б – қўзғалмас, хомутларга маҳкамланган;
в – ҳаракатчан; г – гилдиракларга ўрнатилган; д – кронштейнга ўрнатилган; е – осма.

Албатта, иккала конструкция ҳам ёнмайдиган ва оловбардош бўлиши керак. 4.28-расмда таянч ва осма мосламаларнинг айрим конструкциялари келтирилган.

Таянчларни танлаш учун асосий мезон – бу ҳисобланган юклама қийматидир. Таянчлар учун ГОСТ ва нормаллар ишлаб чиқилган. Таянчга тушаётган вертикал юклама (4.89) ва шамол юкласи 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 қопламали 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.

4.16. Труба қувурларини синаш

Монтаж ёки таъмирлашдан чиккан 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 паспортда 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.

4.17. 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 баргараф қилиниши керак. Ҳар труба қувурида ўтказилган ҳамма ишлар эксплуатация журналида 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 қаршиликлар 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.

4.18. Қурилмаларни шамол юкларига ҳисоблаш

4.1–мисол. Очиқ майдончада алоҳида ўрнатилган қурилма учун шамолнинг эгувчи моменти аниқлансин (4.29-расм) ва унга I – типдаги таянч ҳисоби қилинсин (4.30-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);

суёқликники - $G_{жк} = 0,04$ МН (4 тс);

гидравлик синов пайтида қурилмадаги сувники - $G_s = 0,43$ МН (43 тс);

Қурилманинг ички диаметри: тепа қисми – $D_s=1,0$ м; пастки қисми – $D_{sI}=1,6$ 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.

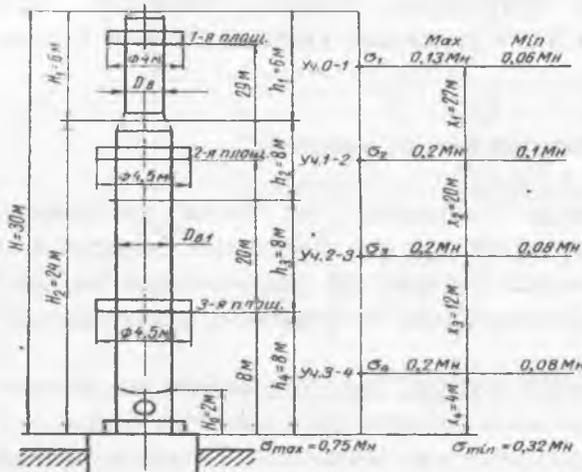
Шамолни билан ювилиб турувчи юза: тепа майдонча $F_n= 3$ м²; пастки ҳар бир майдончалар $F_{nI}= 3,5$ м².

Цилиндрик таянчнинг ички диаметри $D=1,6$ м. Таянчдаги лаз диаметри $d=0,5$ м.

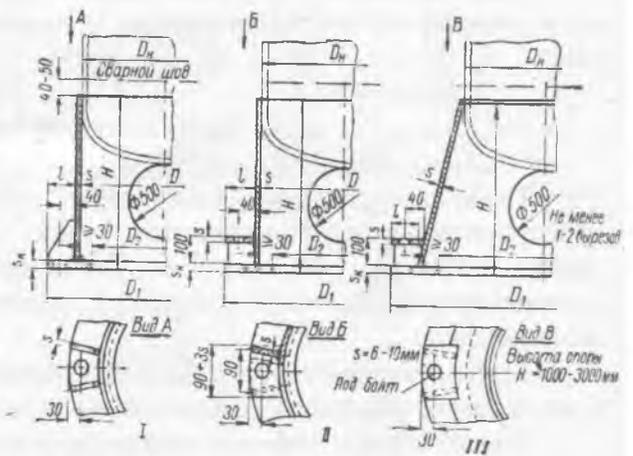
Пойдевор болтларининг материали – $[\sigma] = 230$ МН/м² ли пўлат.

Қурилманинг диаметри ушбу формуладан топилади:

$$D = \frac{2}{H^2} \left[D_u H_1 \left(\frac{H_1}{2} \right) + D_{u1} H_2 \left(H_1 + \frac{H_2}{2} \right) \right] = \frac{2}{30^2} \left[1,5 \cdot 6,0 \cdot \frac{6,0}{2} + 2,0 \cdot 24,0 \left(6,0 + \frac{24,0}{2} \right) \right] = 1,98 \text{ м}$$



4.29-рasm. Шамол юкламасининг схемаси



4.30-рasm. Вертикал қурилмалар таянчларининг асосий конструкциялари.

(I-III типдаги таянчлар учун 30, 40, 90 ва 100 ўлчамлар номинал, факат M24 ва M27 болтлар учун).

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

$$D_{cp} = D_v + (s - c_k) = 1,0 + (0,016 - 0,001) = 1,015 \text{ м}$$

- паст қисмида

$$D_{cp1} = D_{e1} + (s_1 - c_k) = 1,6 + (0,022 - 0,001) = 1,621 \text{ м}$$

Қобик қўндаланг кесимларининг инерция моментлари:

тепа қисмида

$$J = \frac{\pi}{8} D_{cp}^3 \cdot (s - c_k) = \frac{\pi}{8} \cdot 1,015^3 \cdot 0,015 = 0,00615 \text{ м}^4$$

паст қисмида

$$J_1 = \frac{\pi}{8} D_{cp1}^3 \cdot (s_1 - c_k) = \frac{\pi}{8} \cdot 1,621^3 \cdot 0,021 = 0,0352 \text{ м}^4$$

Қурилманинг тебраниш даврини куйидаги формуладан аниқлаймиз:

- максимал оғирлик кучи учун:

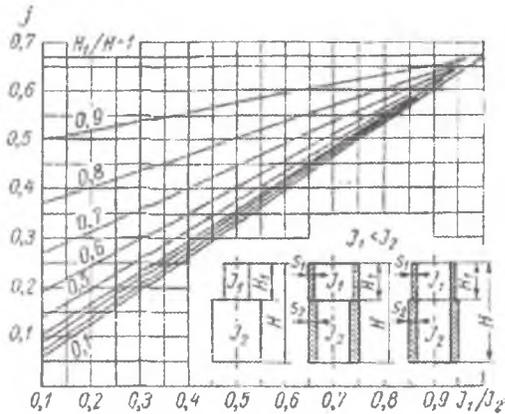
$$T = 4,45 \cdot \sqrt{\frac{0,12 \cdot (0,13 \cdot 27^4 + 0,22 \cdot 20^4 + 0,2 \cdot 12^4 + 0,2 \cdot 4^4)}{0,00615 \cdot 9,81 \cdot 30 \cdot 2 \cdot 10^5}} = 0,825 \text{ с};$$

-минимал оғирлик кучи учун:

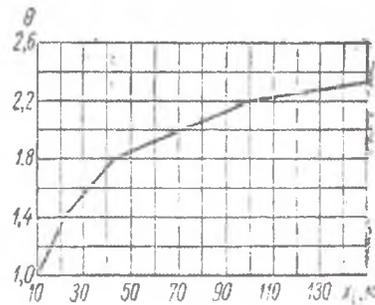
$$T = 4,45 \cdot \sqrt{\frac{0,12 \cdot (0,06 \cdot 27^4 + 0,1 \cdot 20^4 + 0,08 \cdot 12^4 + 0,08 \cdot 4^4)}{0,00615 \cdot 9,81 \cdot 30 \cdot 2 \cdot 10^5}} = 0,57 \text{ с};$$

2-географик район учун норматив тезлик напори $q=0,035 \cdot 10^{-2}$ МН/м² (4-21 жадвал).
Ушбу тезликка курилманинг $H > 10$ м баландлиги учун тузатиш коэффициентини $\theta=1,55$ (4.31а-расм).

Коэффициент j қиймати 4.31-расмдан топилади: $J/J_1=0,00615/0,0352=0,174$ ва $H/H_1=6/30=0,2$ учун $j=0,12$.



4.31-расм. Биринчи гуруҳ зинали курилмалар учун j коэффициентини аниқлаш графиги.



4.32-расм. θ тузатиш коэффициентини аниқлаш графиги.

Шамолнинг тезлик напори q ер юзидан 10 м баландликда турли географик районлардаги қийматлари 4-21 жадвалда келтирилган.

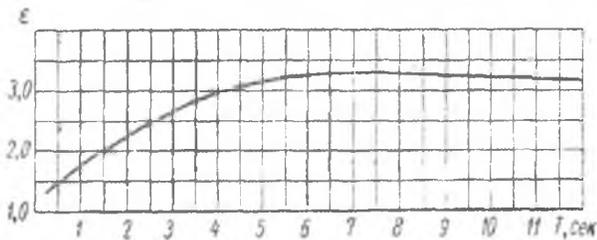
4-21 жадвал

Географик район	1	2	3	4	5	6	7
$q \cdot 10^2, \text{ МН/м}^2$	0,027	0,035	0,045	0,055	0,07	0,085	0,1

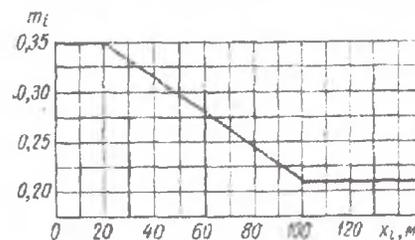
Участкалар бўйича ҳисобланган тезлик напори:

$$q_1=q_2=q_3=\theta \cdot q=1,55 \cdot 0,035 \cdot 10^{-2}=0,0542 \cdot 10^{-2} \text{ МН/м}^2$$

$$q_4=0,035 \cdot 10^{-2}=0,0542 \cdot 10^{-2} \text{ МН/м}^2$$



4.32а-расм. Динамик коэффициентини аниқлаш графиги.



4.33-расм. Шамол тезлик напори m_i нинг тебраниш коэффициентини аниқлаш графиги.

Динамиклик коэффициентини 4.32а-расмдан топамиз:

$$T=0,825 \text{ с учун } \epsilon=1,75$$

$$T=0,57 \text{ с учун } \epsilon=1,5$$

Тезлик напорининг тебраниш коэффициентини 4.33-расмдан аниқланади:

$$1\text{-участка учун } m_1=0,34;$$

$$2\text{-4 участкалар учун } m_2=m_3=m_4=0,35.$$

Тезлик напорининг ортиш коэффициентини ушбу формуладан аниқланади. Қурилманинг максимал оғирлигида:

$$1\text{-участка учун } \beta_1=1+1,75 \cdot 0,34=1,595;$$

$$2\text{-4 участкалар учун } \beta_2=\beta_3=\beta_4=1+1,75 \cdot 0,35=1,613.$$

Қурилманинг минимал оғирлигида:

$$1\text{-участка учун } \beta_1=1+1,5 \cdot 0,34=1,51;$$

$$2\text{-4 участкалар учун } \beta_2=\beta_3=\beta_4=1+1,5 \cdot 0,35=1,52.$$

Қурилманинг ҳар бир участкасига таъсир этаётган шамол юкламасининг кучи формуладан топамир:

қурилманинг максимал оғирлик кучида

$$P_1=0,6 \cdot 1,595 \cdot 0,0542 \cdot 10^{-2} \cdot 1,5 \cdot 6=0,466 \cdot 10^{-2} \text{ МН}$$

$$P_2=P_3=0,6 \cdot 1,613 \cdot 0,0542 \cdot 10^{-2} \cdot 2,0 \cdot 8=0,84 \cdot 10^{-2} \text{ МН}$$

$$P_4=0,6 \cdot 1,613 \cdot 0,035 \cdot 10^{-2} \cdot 2,0 \cdot 8=0,54 \cdot 10^{-2} \text{ МН}$$

қурилманинг минимал оғирлик кучида

$$P_1=0,6 \cdot 1,51 \cdot 0,0542 \cdot 10^{-2} \cdot 1,5 \cdot 6=0,441 \cdot 10^{-2} \text{ МН}$$

$$P_2=P_3=0,6 \cdot 1,52 \cdot 0,0542 \cdot 10^{-2} \cdot 2,0 \cdot 8=0,79 \cdot 10^{-2} \text{ МН}$$

$$P_4=0,6 \cdot 1,52 \cdot 0,035 \cdot 10^{-2} \cdot 2,0 \cdot 8=0,51 \cdot 10^{-2} \text{ МН}$$

Қурилма асосига нисбатан шамол юкламасидан унга тушаётган эгувчи момент формуласи ёрдамида аниқлаш мумкин:

қурилманинг максимал оғирлик кучида

$$M_{B1}=0,466 \cdot 10^{-2} \cdot 27=12,6 \cdot 10^{-2} \text{ МН} \cdot \text{м}$$

$$M_{B2}=0,84 \cdot 10^{-2} \cdot 20=16,8 \cdot 10^{-2} \text{ МН} \cdot \text{м}$$

$$M_{B3}=0,84 \cdot 10^{-2} \cdot 12=10,1 \cdot 10^{-2} \text{ МН} \cdot \text{м}$$

$$M_{B4}=0,54 \cdot 10^{-2} \cdot 4=2,16 \cdot 10^{-2} \text{ МН} \cdot \text{м}$$

$$\Sigma M_B=41,66 \cdot 10^{-2} \text{ МН} \cdot \text{м}$$

қурилманинг 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 юкламасидан унинг майдончаларига тушаётган эгувчи момент формуласи ёрдамида аниқлаш мумкин:

қурилманинг максимал оғирлик кучида

$$M_{Bn1}=1,4 \cdot 1,595 \cdot 0,0542 \cdot 10^{-2} \cdot 29 \cdot 3=10,5 \cdot 10^{-2} \text{ МН} \cdot \text{м}$$

$$M_{Bn2}=1,4 \cdot 1,613 \cdot 0,0542 \cdot 10^{-2} \cdot 20 \cdot 3,5=8,55 \cdot 10^{-2} \text{ МН} \cdot \text{м}$$

$$M_{Bn3}=1,4 \cdot 1,613 \cdot 0,035 \cdot 10^{-2} \cdot 8 \cdot 3,5=2,21 \cdot 10^{-2} \text{ МН} \cdot \text{м}$$

$$\Sigma M_{Bn}=21,26 \cdot 10^{-2} \text{ МН} \cdot \text{м}$$

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 юкламасидан тушаётган умумий эгувчи момент ушбу формула бўйича аниқланади:

курулманинг максимал оғирлик кучида

$$M_{\text{во}} = (41,66 + 21,26) \cdot 10^{-2} = 62,92 \cdot 10^{-2} \text{ МН} \cdot \text{м}$$

курулманинг минимал оғирлик кучида

$$M_{\text{во}} = (39,22 + 20,13) \cdot 10^{-2} = 59,35 \cdot 10^{-2} \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Курилма таянчининг ҳисоби.

Курилма таянчи цилиндрик деворининг қалинлигини $s=16$ мм деб қабул қиламиз. Таянчда лаз учун диаметри $d=0,5$ м ли тешик қилинган. Курилма оғирлигидан максимал юкламасидан деворда ҳосил бўлаётган сикилиш кучланиши қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$\sigma_c = \frac{G_{\text{max}}}{[\pi \cdot (D + s) - d] \cdot (s - c_k)} = \frac{0,75}{[\pi \cdot (1,6 + 0,016) - 0,5] \cdot (0,016 - 0,001)} = 10,9 \text{ МН} / \text{м}^2$$

Худи шу шароитларда деворнинг эгилиш кучланиши ушбу формуладан топилади:

$$\sigma_u = \frac{4M_{\text{во}}}{[\pi \cdot (D + s)^2] \cdot (s - c_k)} = \frac{4 \cdot 0,6332}{[\pi \cdot (1,6 + 0,016)^2] \cdot (0,016 - 0,001)} = 20,6 \text{ МН} / \text{м}^2$$

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:

$$K_c = 875 \cdot \frac{\sigma_m}{E'} \cdot k_c = 875 \cdot \frac{330}{2 \cdot 10^5} \cdot 0,052 = 0,0523$$

K_u коэффициенти эса қуйидагича аниқланади:

$$K_u = 875 \cdot \frac{\sigma_m}{E'} \cdot k_u = 875 \cdot \frac{330}{2 \cdot 10^5} \cdot 0,054 = 0,0543$$

Таянч цилиндрик обечайкасидаги сикилишга рухсат этилган кучланиш қуйидаги формулада ҳисобланади:

$$[\sigma_c] = K_c E' \frac{s - c_k}{D} = 0,0523 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot \frac{0,016 - 0,001}{1,6} = 98 \text{ МН} / \text{м}^2$$

Таянч цилиндрик обечайкасидаги эгилишга рухсат этилган кучланиш қуйидаги формулада ҳисобланади:

$$[\sigma_u] = K_u E' \frac{s - c_k}{D} = 0,0543 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot \frac{0,016 - 0,001}{1,6} = 102 \text{ МН} / \text{м}^2$$

Цилиндрик обечайка турғунлик шarti ($p_n=0$ 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.

Курилма қобиғи ва таянчининг цилиндрик обечайкасини бирлаштирувчи пайванд чокида ($\varphi=0,7$) сикилишдан ҳосил бўлган максимал кучланиш ушбу формуладан топилади:

$$\sigma_{\max} = \frac{G_{\max}}{\varphi \cdot F} + \frac{M_{\text{во max}}}{\varphi \cdot W} = \frac{G_{\max}}{\varphi \pi (D+s) \cdot (s-c_k)} + \frac{4M_{\text{во max}}}{\varphi \pi (D+s)^2 \cdot (s-c_k)} =$$

$$= \frac{0,75}{0,7\pi(1,6+0,016) \cdot (0,016-0,001)} + \frac{4 \cdot 0,6332}{0,7\pi(1,6+0,016)^2 \cdot (0,016-0,001)} =$$

$$14 + 29,3 = 43,3 \text{ МН} / \text{м}^2 < [\sigma_c] = 160 \text{ МН} / \text{м}^2$$

Таянч халқанинг ички диаметри ушбу формуладан аниқланади:

$$D_2 = D - 0,06 \text{ м} = 1,6 - 0,06 = 1,54 \text{ м}$$

Таянч халқанинг ташки диаметри қуйидаги формуладан аниқланади:

$$D_1 = D + 2s + 0,2 \text{ м} = 1,6 + 2 \cdot 0,016 + 0,2 = 1,832 \text{ м}$$

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 коэффициентини қуйидаги формуладан топилади (м³):

$$W = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{D_1^4 - D_2^4}{D_1} = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{1,832^4 - 1,54^4}{1,832} = 0,304 \text{ м}^2$$

Халқанинг таянч юзасида максимал сиқиш кучланиши ушбу формуладан топилади:

$$\sigma_{\max} = \frac{G_{\max}}{F} + \frac{M_{\text{во max}}}{W} = \frac{0,75}{0,77} + \frac{0,632}{0,304} = 0,975 + 2,08 = 3,055 \text{ МН} / \text{м}^2 < 10 \text{ МН} / \text{м}^2$$

Таянч халқанинг номинал калинлиги $t=0,1$ м бўлганда ушбу формуладан аниқланади:

$$s_k = 1,73 \cdot l \cdot \sqrt{\frac{\sigma_{\max}}{[\sigma_u]}} = 1,73 \cdot 0,1 \cdot \sqrt{\frac{3,055}{160}} = 23,9 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 23,9 \text{ мм}$$

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

$$\sigma = \frac{G_{\max}}{F} - \frac{M_{\text{во max}}}{W} = \frac{0,75}{0,77} - \frac{0,6332}{0,304} = -1,105 \text{ МН} / \text{м}^2$$

қурилманинг минимал оғирлик кучида қуйидаги формула бўйича ҳисобланади

$$\sigma = \frac{G_{\max}}{F} - \frac{M_{\text{во min}}}{W} = \frac{0,32}{0,77} - \frac{0,5935}{0,304} = -1,534 \text{ МН} / \text{м}^2$$

Минус ишораси пойдевор болтлар ўрнатилишини кўрсатади. Қурилманинг минимал оғирлик кучидаги σ нинг абсолют қийматининг катта қиймати ҳисобланган катталик деб олинади.

Пойдевор болтларига шартли ҳисоблаш юклагаси қуйидаги тахминий умумий формуладан топилади:

$$P_6^1 = 0,785 \cdot (D_1^2 - D_2^2) = 0,785 \cdot (1,832^2 - 1,54^2) \cdot 1,534 = 1,19 \text{ МН}$$

Пойдевор болтларининг сонини $z=12$ та қабул қиламиз. Битта болтга тушаётган юклама ушбу формуладан топилади:

$$P_{\delta 1}' = \frac{P_{\delta}'}{z} = \frac{1,19}{12} = 0,0995 \text{ МН} ,$$

Болт резьбасининг ҳисобланган ички диаметри куйидаги формуладан аниқланади:

$$d_1' = \sqrt{\frac{4P_{\delta 1}'}{\pi \cdot [\sigma]}} + c_{\kappa} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0995}{3,14 \cdot 230}} + 0,002 = 0,0255 \text{ м} = 25,5 \text{ мм} ,$$

M30 ($d_1=25,4$ мм) ўлчамли болтларни қабул қиламиз.

Болт айланасининг диаметри D_{δ} (м):

$$D_{\delta} \approx D + 2s + 0,12 \text{ м} = 1,6 + 2 \cdot 0,016 + 0,12 = 1,752 \text{ м} ;$$

$D_{\delta}=1750$ мм қийматни қабул қиламиз.

4.19. Қурилмаларни сейсмик юкламага ҳисоблаш

Сейсмик, ер қимирлайдиган географик зоналарда қурилмалар ўрнатилганда, машина ва қурилмаларнинг турғунлигининг бузулиш ва қулаш ҳавфи бор. Ер қимирлаш кучи балларда баҳоланади. Турли хилда иншоотлар учун 9 балл ер қимирлашга ҳисобланади. 6 балли географик районларда қурилатган иншоотлар сейсмик ҳисоблашлар қилинмасдан лойиҳаланади. 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 (МН) қиймати куйидагича 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, 4.34-расмдан олинади.

4-22 жадвал

Сейсмиклик коэффициенти K_c нинг қийматлари

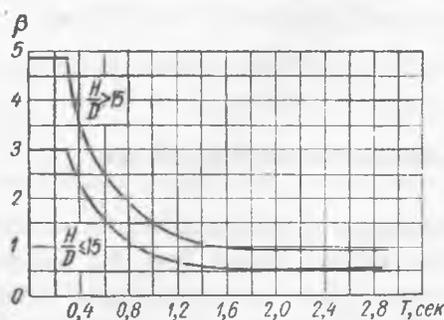
Сейсмиклик, балл	7	8	9
K_c	0,025	0,05	0,1

Қурилма таянчининг пастки кўндаланг кесимида, фақат биринчи шакли тебранишларни инobatга олганда (қурилманинг ўз тебранишлари $T < 0,6$ с), сейсмик юклама таъсиридан ҳосил бўладиган эғувчи момент куйидаги формуладан аниқланади:

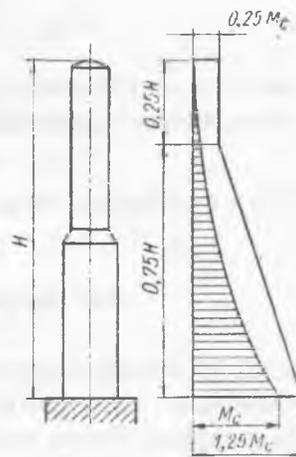
$$M_c = \sum_{i=1}^n P_i x_i \quad (4.37)$$

Қурилма таянчининг ўша кўндаланг кесимида, юкори (олий) шаклли тебранишларни инобатга олганда (қурилманинг ўз тебранишлари $T \geq 0,6$ с), сеймик юклама таъсиридан ҳосил бўладиган эгувчи момент қуйидаги формуладан аниқланади:

$$M_{cl} = 1,25 \cdot M_c \quad (4.38)$$



4.34-расм. Динамиклик коэффициенти β ни аниқлаш графиги.



4.35-расм. Сеймик юкчалардан қурилма баландлиги бўйича эгувчи моментларнинг ўзгариш графиги.

Шуни назарда тутиш керакки, қурилмаларни сеймик юкчаларга ҳисоблаганда, шамол юкчаси ҳам инобатга олиниши шарт. Шамол ва сеймик юкчалардан қурилмага тушаётган умумий ҳисобланган эгувчи момент $M_{сум}$ ушбу формуладан аниқланади:

$$M_{сум} = M_c + 0,3 \cdot M_e \quad (4.39)$$

бу ерда M_c – сеймик юкчадан тушаётган эгувчи момент; M_e – шамол юкчасидан тушаётган эгувчи момент.

Агар, бир нечта қурилма битта пойдеворга ўрнатилган ва ўзаро горизонтал йўналишли қаттиқ труба қувурлари билан бирлаштирилган бўлса, ҳамма қурилмалар учун умумий тебранишлар даври (4.9) формуладан ҳисоблаб топилади [6].

Кейинги сеймик ҳисоблашлар алоҳида ўрнатилган қурилмалар деб олиб борилади.

4.2 – мисол. Агар, zilzila кучи 8 балл бўлса, **4.1-мисол**даги қурилма учун сеймик юклама туфайли ҳосил бўлган эгувчи момент ва шамол ва сеймик юкчалар биргаликдаги таъсиридан ҳосил бўладиган умумий эгувчи моментлар ҳисоблансин.

Аввалги мисолдан қуйидагилар маълум:

$$\begin{array}{llll} G_1=0,13 \text{ МН}; & G_2=0,22 \text{ МН}; & G_3=0,2 \text{ МН}; & G_4=0,2 \text{ МН}; \\ x_1=27 \text{ м}; & x_2=20 \text{ м}; & x_3=12 \text{ м}; & x_4=4 \text{ м}; \\ T_1=0,825 \text{ с}; & M_{e0}=0,633 \text{ МН}\cdot\text{м}. & & \end{array}$$

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 коэффициенти $K_0=0,05$ га тенг (4-22 жадвал).

Динамиклик коэффициентининг қийматини 4.34-расмдан танлаб оламиз: $T=0,825$ с ва $H/D > 15$ учун $\beta \approx 1,8$.

Курилманинг ҳар бир участкасининг ўртасидаги сейсмик куч қиймати (4.35) формуладан топилади:

$$P_1 = 0,05 \cdot 1,8 \cdot 0,13 \cdot 27^2 \cdot \frac{215}{102900} = 0,66 \cdot 10^{-2} \text{ МН}$$

$$P_2 = 0,05 \cdot 1,8 \cdot 0,22 \cdot 20^2 \cdot \frac{215}{102900} = 1,65 \cdot 10^{-2} \text{ МН}$$

$$P_3 = 0,05 \cdot 1,8 \cdot 0,2 \cdot 12^2 \cdot \frac{215}{102900} = 0,542 \cdot 10^{-2} \text{ МН}$$

$$P_4 = 0,05 \cdot 1,8 \cdot 0,2 \cdot 4^2 \cdot \frac{215}{102900} = 0,062 \cdot 10^{-2} \text{ МН}$$

Курилма таянчининг пастки кўндаланг кесимида, фақат биринчи шаклли тебранишларни инобатга олганда, сейсмик юклама таъсиридан ҳосил бўладиган эгувчи момент (4.37) формуладан аниқланади:

$$M_c = \sum_{i=1}^n P_i x_i = P_1 x_1 + P_2 x_2 + P_3 x_3 + P_4 x_4 =$$

$$0,0066 \cdot 27 + 0,0165 \cdot 20 + 0,00542 \cdot 12 + 0,00062 \cdot 4 = 0,5765 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Курилма таянчининг ўша кўндаланг кесимида, юқори (олий) шаклли тебранишларни инобатга олганда (курулманинг ўз тебранишлари $T \geq 0,6$ с), сейсмик юклама таъсиридан ҳосил бўладиган эгувчи момент (4.38) формуладан аниқланади:

$$M_{c1} = 1,25 \cdot M_c = 1,25 \cdot 0,5765 = 0,72 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Шамол ва сейсмик юкламалардан курилмага тушаётган умумий ҳисобланган эгувчи момент (4.39) формуладан аниқланади:

$$M_{сум} = M_c + 0,3 \cdot M_{c1} = 0,72 + 0,3 \cdot 0,633 = 0,91 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

$M_{сум}$ қиймати $M_{со}$ дан катта бўлгани учун, таянч ва пойдевор болтлари янги эгувчи момент $M_{сум}$ га қайтадан ҳисобланиши керак.

4.20. Асосий конструкцион материаллар ва уларни танлаш

Кимё, нефть-газни қайта ишлаш ва бошқа саноатларнинг курилмаларини лойиҳалаш жараёнида пайдо бўладиган курилмани таркибий қисмлари учун лойиқ ва мос материалларни танлаш энг асосий ва ўта масъулиятли масалалардан биридир [21,36].

Материалларни танлашда ишчи шароитларни аниқлаштириш, яъни мухит температураси, босими, концентрацияларини ва уларнинг қуйидаги асосий хусусиятлари ҳисобга олиниши керак [62]:

- 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 таъмини ёмонлаштиради. Ана шуни назарда тутиш керакки, қурилманинг материали қўшимча реакциялар учун катализатор ҳам бўлиб қолиши мумкин.

Кимёвий чидамлилиги жиҳатдан материалнинг яроқлигини баҳолаш мезонлари қуйидаги жадвалда келтирилган:

4-23 жадвал

Материалнинг коррозияга чидамлик шкаласи

Чидамлик гуруҳи	Коррозияга чидамлик балли	Коррозия тезлиги, мм/йил
Жуда чидамли	1	< 0,001
Ўта чидамли	2	0,001...0,005
	3	0,005... 0,01
Чидамли	4	0,01...0,05
	5	0,05... 0,1
Чидамлилиги паст	6	0,1... 0,5
	7	0,5...1,0
Чидамлилиги жуда паст	8	1,0...5,0
	9	5,0...10
Чидамсиз	10	> 10

Одатда, асосий талабларга мос ва лойиқ материаллар бир нечта бўлади. Бундай ҳолларда, қўшимча шарт ва талаблар эътиборга олиниб, қурилмаучун материал танланади.

Шунинг учун, қурилмаларни яшаш учун асосий материалларни танлашни лойиҳачи нуқтаи назаридан кўриб чиқамиз.

Конструкцион материал сифатида темир (*Fe*) техник тоза ҳолда умуман қўлланилмайди, чунки қиммат туради ва қайишқоклиги 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: $C=3,0...3,6\%$; $Si=1,6...2,4\%$;

$Mn=0,5...1,0\%$; $P<0,8\%$; $S<0,12\%$. 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) оралик 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 – этиш 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 шаклли деталлар тайёрланади.

Охириги 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 – қўшимчалар миқдори 3% гача;

-ўртача легирланган чўянлар – қўшимчалар миқдори 3 дан 10% гача;

-юқори легирланган чўянлар – қўшимчалар миқдори 10% дан ортик.

Чўянларнинг физик хоссалари қуйидаги маълумотлар билан характерланади:

- зичлиги $\rho = 6600...7700 \text{ кг/м}^3$;

- иссиқлик ўтказувчанлиги $\lambda = 25...59 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$;

- солишгирма иссиқлик сифими $c_p = 0,5...4,5 \text{ кЖ/кг}\cdot\text{К}$;

- чизикли кенгайиш коэффициентини $\chi = (16,7...17,6) \cdot 10^{-6} \text{ 1/К}$.

Кул ранг чўяндан 1,0 МПа гача босим ва $-15...+250^\circ\text{С}$ 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.

Чўянларнинг механик хоссалари

№	Чўян ёки котишма маркаси	Муст. чегараси, МПа		Қаттиқлиги, Бринелл буйича	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	СЧЩ - 1	-	320...380	200...230	Коррозияга бардошли
5	СЧЩ - 2	-	320...380	210...260	Коррозияга бардошли
6	С - 15	-	170	300...400	Кремний кўп котишма
7	С - 17	-	140	400...460	Кремний кўп котишма
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 мустақамлиги, динамик юкларга бардошлиги, куйилиш, болғаланиш, штамплаш ва пайвандланиш қобилиятига, дастгоҳларда қайта ишланишга мойиллиги, арзонлиги ва мўлличидир.

Қўлланишига қарабуродли пўлатлар 3 гуруҳга бўлинади:

А – механик хоссаларига; **Ст0, Ст1, Ст2, Ст3, Ст4, Ст5, Ст6;**

Б – кимёвий хоссаларига; **БСт0, БСт1, БСт2, БСт3, БСт4, БСт5, БСт6;**

В - механик ва кимёвий хоссаларига **ВСт2, ВСт3, ВСт4, ВСт5.**

Пўлат маркасидаги рақамларнинг сони қанчалик катта бўлса, мустақамлиги шунчалик юқори ва эластиклиги нисбатан паст бўлади. Пўлатларга термик ишлов бериш унинг механик хоссалари ва иктисодий самардорлигини кўтаради. Агар, пўлат таркибида углерод миқдори 0,25% гача бўлса паст углеродли, 0,25...0,6% гача бўлса – ўртача углеродли ва углерод миқдори 0,6-2,0% бўлса – юқори углеродли пўлат деб ажратилади.

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 миқдорда марганец қўшилган ярим тинч пўлатни ифодалаш учун **Г** ҳарфи **Ст3Гпс, ВСтГпс.**

Оддий пўлатларда углерод миқдори **1,5%** гача бўлади, конструкцион пўлатларда эса - **0,7%** дан ортмайди.

Пўлатларнинг физик хоссалари қуйидаги кўрсаткичлар билан характерланади:

- зичлиги $\rho = 7790...7900 \text{ кг/м}^3$;
- эриш температураси $T_{эп} = 1400...1500 \text{ К}$;
- иссиқлик ўтказувчанлиги $\lambda = 46,5...58,2 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$;
- солиштира иссиқлик сиғими $c_p = 0,454 \text{ кЖ/кг}\cdot\text{К}$;
- чизиқли кенгайиш коэффициенти $\chi = (11,7...12,3) \cdot 10^{-6} / \text{К}$.

Қайси соҳада қўлланишига қараб паст легирланган пўлатлар 2 гуруҳга бўлинади:

- А – марганецли, конструкцион пулат **- 14Г, 19Г, 09Г2, 14Г2, 18Г2;**
- кремний-марганецли, конструкцион пўлат **- 12ГС, 16ГС, 17ГС, 09Г2С, 10Г2С1;**
- марганец-ванадийли, конструкцион пўлат **- 15ГФ;**
- хром-кремний-марганецли, конструкцион пўлат **- 15ХГС;**
- хром-кремний-никел-мисли, конструкцион пўлат **- 15ХСНД, 10ХСНД;**

Б – темир-бетон конструкцияларда қўллаш учун.

Паст легирланган, кремний-марганецли пўлатлар **16ГС, 09Г2С** юқори мустаҳкамлик ва ишончлилиги учун кенг қўламда ишлатилмоқда. Ундан ташқари, паст температурларда яхши болғаланувчан ва зарбага бардошли. Шу сабабли, курилма девори қалинлигини, яъни массасини камайтириш мумкин. Бундай материалдан ясалган курилмаларни -70°C гача қўллаш мумкин ва ушбу температурларда эксплуатацион ишончлилигини 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 $+425^{\circ}\text{C}$ температураларда, ўзгарувчан юклама остида эксплуатация қилинадиган пайвандланган конструкцияларнинг асосий элементлари
Ст5пс Ст3сп	0 дан $+425^{\circ}\text{C}$ 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 $+425^{\circ}\text{C}$ температураларда эксплуатация қилинадиган патрубк, днище, конденсатор, тешикли панжаралар, труба ўрамлари, змеевиклар ва бошқа деталлар
15кп, 15пс, 15, 20кп, 18кп, 20пс, 20, 25	-30 дан $+425^{\circ}\text{C}$ температураларда, босим остида эксплуатация қилинадиган патрубк, штуцер, болт, труба ўрами, курилма қобиги ва бошқа деталлари
10Г2	-70°C температура ва босим остида эксплуатация қилинадиган тешикли панжара ва труба ўрамлари, патрубклар, штуцерлар

Легирловчи қўшимчалар таъсири.

Муҳим легирловчи элементларга қуйидагилар киради: хром, никель, молибден, марганец, кремний, титан, ниобий, вольфрам, ванадий. Айрим ҳолларда алюминий ва мислар ҳам қўшимча сифатида пўлатларга қўшилади.

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 $800\text{...}1000^{\circ}\text{C}$ температураларда оксидланишга бардошлигини оширади;

- хромлаш – ташқи юзасини хром билан диффузион тўйинтириш жараёни бўлиб, деталнинг мустаҳкамлигини, едирилишга ва коррозияга, юқори температурали азот кислота, атмосфера ва газ муҳитларида бардошлигини оширади.

Кимёвий таркибига кўра, пўлатлар углеродли ва легирланган турларга бўлинади. Бу элементлар пўлат сифатини яхшилайти 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 қараңг); ҳарфларнинг ўнг томонидаги рақамлар эса элементларнинг ўртача миқдорини кўрсатади.

Пўлатнинг физик-механик хоссаларини яхшилаш ва уларга алоҳида хусусият (кислота ва иссиқликка бардошлик, иссиқликка чидамлик ва ҳ.) лар бериш учун унинг таркибига маълум бир легирловчи элементлар киритилади.

Легирловчи қўшимчалар миқдориға қараб конструкцион пўлатлар ушбу гуруҳларға 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, **X18H12M2T** маркали пўлатда 18% хром, 12% никел, 2% молибден ва 1% га яқин титан борлигини кўрсатади.

03X18H11 маркали пўлатда 0,3% кремний, хром 18%, никел 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 – пайвандлашға мойиллигини яхшилайти, пўлат қаттиқлиги ва чўзишда оқувчанлик чегарасини оширади;

Марганец – пўлат қаттиқлиги ва коррозия бардошлигини оширади, иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентини пасайтиради;

Кремний - пўлат қаттиқлиги ва мустаҳкамлиги, оқувчанлик чегараси, кислота бардошлиги ва эгилувчанлигини оширади;

Ванадий - пўлат қаттиқлиги, чўзишда оқувчанлик чегараси, қовушқоқлигини, пайвандлашға мойиллиги ва водородли коррозияға бардошлигини оширади;

Титан - пўлат қаттиқлиги ва юқори температураларда (>800°C) коррозияға бардошлигини оширади.

ЮҚОРИ ЛЕГИРЛАНГАН ПЎЛАТ. Таркибида 18-20% хром ва 8...10% никел бўлган пўлатлар юқори легирланган пўлатлар деб юритилади. Улар коррозия ва иссиқликка бардошлиги, мустаҳкамлиги учун турли саноатларда кенг қўлланилмоқда.

Легирланган конструкциялар 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 хавода, сувда, айрим органик кислоталар, тузли эритма ва ишқорларда, азот кислота ва хлорли натрийда коррозия бардош ва юкори қаттиқликка эга
12X17	850°C температурагача оксидланишга бардош
10X14АГ15 10X14Г14Н4Т 12X17Г9АН4	Юкори (+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 15X25Т	-20°C дан юкори температураларда зарбасиз юкламаларда ишлайдиган пайвандланган конструкцияларда 12X18Н9Т, 12X18Н10Т русумли легирланган пўлатлар ўрнига. Иссиклик алмашилиш 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. Мустаҳкамлиги юкори 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 хаволарга коррозия бардошлиги юкори. Хлорид, сульфат, фторид, иссик фосфор, қайнаётган органик кислоталарга нисбатан бардошлиги жуда суст. Кристалларо коррозияга қаршилиги яхши.
08X18Н12Б	12X18Н10Т пўлатга нисбатан анча юкори бардошликка эга
X18Н14М2Б 1X18М9Т	Формальдегид катронларини ишлаб чиқаришда қўлланилади.
X18Н9Т X20Н12М3Т	Пластмасса ишлаб чиқаришда конструкция материал сифатида қўлланилади.
Фаоллиги юкори муҳитларда қўлланиладиган коррозия бардош пўлатлар	
04X18Н10 03X18Н11	Азот кислота ва аммиакли селитра ишлаб чиқаришда қўлланиладиган қурилма ва труба қувурлари учун
08X18Н10Т 03X18Н12Т	Фаоллиги юкори муҳитларда эксплуатация қилинадиган пайвандланган қурилма ва жихозларда тайёрлаш учун
10X17Н13М2Т 10X17Н13М3Т 08X17Н15М3Т 08X17Н14М3 03X21Н21М4ГБ	Қайнаётган фосфор, сульфат, 10%-ли сирка кислота ва нордон муҳитларда эксплуатация қилинадиган пайвандланган конструкциялар, ҳамда -196°C дан 600°C температуралар оралигида ишлайдиган пайванд қобик, днишче, фланец каби деталлар учун
06XН28МДТ 10X17Н13М2Т	Сульфат кислота ишлаб чиқариш технологиясида 80°C гача бўлган температураларда қўлланиладиган пайванд конструкциялар учун
06XН38МДТ 03XН38МДТ	Температураси 20°C гача бўлган молочная ва чумоли кислота муҳитлари учун. Температураси 70°C ва концентрацияси 100% ли азот кислота муҳитлар учун. Температураси 20°C гача ва концентрацияси 10% ли хлорид кислота ва қурук йод учун.

Ҳозирги кунда мамлакатимиз корхоналарида қурилмаларни ясашда куйидаги легирланган пўлатлар ишлатилади: 1X18H9T, 1X18H11Б, Х16Н25М6, ХН35ВТ, Х22Н26, 1X18Н12М2Т, 1X18Н12М3Т, Х18Н9Т ва бошқалар.

Юқорида қайд этилган пўлатларнинг физик хоссалари:

- зичлиги	- $\rho = 7900 \text{ кг/м}^3$;
- эриш температураси	- $T_{\text{эп}} = 1400^\circ\text{C}$;
- иссиқлик ўтказувчанлиги	- $\lambda = 14...18 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$;
- иссиқлик сиғими	- $c_p = 0,475...0,650 \text{ кЖ/кг}\cdot\text{К}$;
- чизиқли кенгайиш коэффициенти	- $\chi = 17,3 \cdot 10^{-6} \text{ 1/К}$.

Юқори легирланган пўлатлар асосан 3 гуруҳга булинади:

1. Коррозион бардош пўлат ва қотишмалар – кимёвий ва электр кимёвий, ҳамда кристаллараро коррозияга бардош пўлатлар **08X13, 12X17, 12X18H10T, 10X17H13M2T**;

2. Иссиқликка бардош пўлат ва қотишмалар – 550°C ва ундан юқори газли температураларда кимёвий емирилишга бардошли **12X17, 12X18H10T, 20X23H13, 15X18**;

3. Иссиқликка бардошли ва мустаҳкам пўлат ва қотишмалар – юқори температураларда юклама остида ишлайдиган ва металл куйиндиси (окалина) ҳосил қилмайдиган **20X13, 12X13, 12X18H10T, 20X23H18** ва б.

Янги коррозион бардош **03X18H11** 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 **08X18H11** маркали пўлат ишлаб чиқарилмоқда.

Охирги пайтда никелсиз, **аустенитли 03X13AG19** ва **07X13AG20** пўлат $+400$ ва -210°C 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 **08X13, 12X18H10T, 08X17H13M2T, 08X17H13M3T, 08XН28МДТ** ва рангли метал ва қотишма (никель, монел метал) лар. Ҳозирги кунда ҳимояловчи қатлам сифатида мис, латунь, кумуш ва титанлар ҳам қўлланилмоқда. Шунини алоҳида таъкидлаш керакки, икки қатламли пўлатлар ёрдамида шундай хоссаларни олиш мумкинки, бир қатламли материалларда ҳеч қачон эришиб бўлмайди. Масалан, икки қатламли пўлат **Ст.3+08X13** да юқори хромли пўлат **08X13** 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 куйидагидан ошмаслиги керак:

Алюминий учун	- 200°C
Мис ва унинг қотишмалари учун	- 250°C
Никель учун	- 500°C
Қўрғошин учун	- 140°C
Тантал учун	- 1200°C

АЛЮМИНИЙ– кумушсимон, оқ, енгил ва болғаланувчан, коррозияга бардошли металдир. Кимёвий қурилмаларни ясашда АОО(99,7%), АО(99,7%), А1(99,5%), А2(99,0%) ҳамда унинг АД1, АД2 қотишмалари ишлатилади.

Алюминийнинг турли маркалари куйидаги физик хоссаларга эга:

– зичлиги	- $\rho = 2700 \text{ кг/м}^3$;
– эриш температураси	- $T_{\text{эп}} = 675...950^\circ\text{C}$;
– 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 коэффициенти - $\chi = 2,4 \cdot 10^{-6} \text{ 1/К}$.

Агрессив муҳитлар таъсиргаалюминий жуда чидамли, шу жумладан концентранган азот, фосфор ва сирка кислоталар, курук хлор ва водород хлоридлар, олтингургурт бугларига ҳам узоқ муддат давомида бардош бераолади.

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	- $T_{эп} = 1083^\circ\text{C}$;
– иссиқлик ўтказувчанлиги	- $\lambda = 1596 \dots 2233 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;
– солиштирма иссиқлик сифими	- $c_p = 0,44 \dots 0,62 \text{ кЖ/(кг}\cdot\text{К)}$;
– чизикли кенгайиш коэффициенти	- $\chi = (16,7 \dots 22,3) \cdot 10^{-6} \text{ 1/К}$.

Мис алюминийга ўхшаб ҳимоя қилувчи оксид қоплама ҳосил қилмайди. Шунинг учун, кислота ва тузларга нисбатан коррозия чидамликкаэгаэмас. Лекин паст ва криоген температураларда мустаҳкамлиги ортиб боради. Масалан, -196°C да миснинг мустаҳкамлик чегараси 20 дан 38 кг/мм^2 гача ортади.

Ўта паст температураларда ишлайдиган қурилмалар учун мис каби конструкцион материални ҳеч қандай материал ўрнини босаолмайди.

ҚЎРҒОШИН– кўкимтир, кулранг, болғаланувчан металл. Бир пайтлар, бу материал қурилмалар қуришда катта ва муҳим аҳамиятгаэга бўлган. Бунга сабаб, унда туз ва сульфат кислотага нисбатан чидамли ҳимоя қопламасининг ҳосил бўлишидир. Лекин унинг жуда юмшоқлиги, осон ва паст температурадаэриши, 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 хоссаларгаэга:

– зичлиги	- $\rho = 10130 \dots 11350 \text{ кг/м}^3$;
– эриш температураси	- $T_{эп} = 327^\circ\text{C}$;
– иссиқлик ўтказувчанлиги	- $\lambda = 14,9 \dots 34,9 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;
– солиштирма иссиқлик сифими	- $c_p = 0,13 \text{ кЖ/(кг}\cdot\text{К)}$;
– чизикли кенгайиш коэффициенти	- $\chi = (12,3 \dots 14,9) \cdot 10^{-6} \text{ 1/К}$.

Қўрғошинни саноатда қўллашда шуни назарда тутиш керакки, унинг мустаҳкамлиги жуда пастдир. Лекин, машинасозликда қўрғошиннинг қотишмалари кенг қўламда қўлланилмоқда, масалан, қўрғошинли бронза, қўрғошинли латунь, қўрғошинли баббит (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.

Никелнинг физик хоссалари қуйидагича:

– зичлиги	- $\rho = 8830 \dots 8850 \text{ кг/м}^3$;
– эриш температура	- $T_{эп} = 1452^\circ\text{C}$;
– иссиқлик ўтказувчанлиги	- $\lambda = 55,0 \dots 56,0 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;
– солиштирма иссиқлик сифими	- $c_p = 0,575 \dots 0,586 \text{ кЖ/(кг}\cdot\text{К)}$;
– чизикли кенгайиш коэффициенти	- $\chi = (18,2 \dots 18,3) \cdot 10^{-6} \text{ 1/К}$.

НИОБИЙ – азот ва хлорид кислота, бром, водород пероксидларини олиш ва радиоактив чиқиндиларни 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°С температурада газларни ютиш қобилиятигаэга. 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.

Титан қуйидаги физик хоссаларгаэга:

- зичлиги $\rho = 4320...4500 \text{ кг/м}^3$;
- эриш температураси $T_{эп} = 1710...1750^\circ\text{C}$;
- иссиқлик ўтказувчанлиги $\lambda = 15,1...19,4 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;
- солиштирма иссиқлик сифими $c_p = 0,543...0,635 \text{ кЖ/(кг}\cdot\text{К)}$;
- чизиқли кенгайиш коэффициентлари $\chi = (8,0...8,4) \cdot 10^{-6} \text{ 1/К}$.

Хлор икки оксид ива хлоратлар муҳитида ВТ-1 маркали титан ва титаннинг алюминий ва марганецли 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 чузилиш, %	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°С температураларда центрифуга, филтер, 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 қобилиятигаэга. Тантал яхши болғаланувчан, штампланганга 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-никелли 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 $\rho = 16440...16600 \text{ кг/м}^3$;
- эриш температураси $T_{эп} = 3000^\circ\text{C}$;
- иссиқлик ўтказувчанлиги $\lambda = 148,0...280 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;
- солиштирма иссиқлик сифими $c_p = 0,136...0,2 \text{ кЖ/(кг}\cdot\text{К)}$;
- чизиқли кенгайиш коэффициентлари $\chi = (5...99) \cdot 10^{-6} \text{ 1/К}$.

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.

№	Металл	Зичлик кг/м ³	Эриш температураси, °С	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 кайнаш температурасида ҳам цирконий коррозияга бардошли.

ЛАТУНЬ – мис ва руҳдан иборат қотишма. Қўп компонентли латун таркибига мис ва руҳдан ташқари, алюминий, кремний, қўрғошин, никель, темир, марганец ва қалайлар кириши мумкин.

Латун босим остида яхши ишлов бериладиган, анча мустаҳкам, қайишқоклиги юқори ва коррозияга чидамли қотишма. Ундан ташқари, латуннинг электр ўтказувчанлиги жуда юқори. Температура пасайиши билан латуннинг хоссалари яхши томонга ўзгаради. Кимё саноатида, қурилмалар ясашда Л60, Л62 ва Л68 маркали латунлар кенг қўлланилади.

Латунлар қуйидаги физик хоссаларга эга:

- зичлиги $-\rho = 8500 \text{ кг/м}^3$;
- эриш температураси $-\ T_{\text{эп}} = 940^\circ\text{С}$;
- иссиқлик ўтказувчанлиги $-\lambda = 105...116,3 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;
- 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, бериллийлар ҳам кириши мумкин.

Бронза мустаҳкамлиги, қайишқоклиги, коррозияга бардошлиги, антифрикцион хоссалари билан ажралиб туради.

Бу материал ушбу физик хоссалари билан характерланади:

- зичлиги $-\rho = 935...1140 \text{ кг/м}^3$;
- эриш температураси $-\ T_{\text{эп}} = 935...1140^\circ\text{С}$;
- иссиқлик ўтказувчанлиги $-\lambda = 32,0...105 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;
- солиштирма иссиқлик сиғими $-\ c_p = 0,385 \text{ кЖ/(кг}\cdot\text{К)}$;
- чизикли кенгайиш коэффициенти $-\chi = (1,5...1,95) \cdot 10^{-6} \text{ 1/К}$.

Органик ва ноорганик (5-37% ли сирка, музлаган) кислоталарни олиш технологиясида ишлатиладиган қурилма ва ускуналар (реакцион ва сигимли идишлар, скруббер, насадкали ва тарелкали колонналар) ни ясаш учун шиша пластикларни қўллаш мақсадга мувофиқдир.

Охири 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 коэффициенти нисбатан юқори, ҳамда уни 130°С гача қўллаш мумкин. Кимё машинасозлигида нометал конструкцион материалларни қўллаш қимматбаҳо ва танқис металларни тежаш имконини беради.

ПЛАСТМАССАЛАР – юқори коррозия бардошликка ва мустаҳкамликка эга янги конструкцион материалдир. Пластмассаларни ишлаб чиқариш жараёнида мустаҳкамлигини, қайишқоклигини, рангини, юмшаш температурасини, иссиқлик ўтказувчанлигини яхшилаш ва арзонлаштириш мақсадида унга пластификатор, тўлдирувчи, ранг берувчи моддалар қўшилади.

№	Материал	Зичлик, кг/м ³	Исс.ўтказ. коэфф., Вт/м·К	Мустаҳкамлик чегараси, МПа			Температура қўллаш чегараси, °С
				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 юқори зичликли	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, фенолформальде- гидқатрони 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 жараённи бир неча марта қайтарса бўлади. Реактопластлар эса, иситилганда эрийди ва маълум бир температурагача қиздирилса – қотиб қолади ва қайта юмшамайди, эрмайди.

ШИША ПЛАСТИКЛАР – полиэфир смолалар ва шиша толаларидан ташкил қилинган сунъий материал. Ундан йирик, ўлчамлари катта дистилляцион колонналар, скрубберлар, омборлар, диаметри 4,5 м ва баландлиги 6 м ли идишлар яшаш мумкин. Шиша пластиклар 20°С ёки ундан озгина юқори температурада киздирилса, полимеризация бўлади.

ФТОРОПЛАСТ-4. Қайишқоклиги юқори, электр токни ўтказмайдиган, иссиқликка чидамли, -200...+500°С температурада ишлатилиши мумкин (4-31 жадвал). Кимёвий муҳитларга ўта чидамлилиги, унинг яхши хоссаларидан биридир. Бу кўрсаткич бўйича пластмассалар, *Аи, Рi*, эмал, махсус қотишма ва бошқа материаллардан устундир.

Фторопласт-4 дан ҳар хил қалинликдаги лист, труба, юпқа деворли цилиндрлик идиш, мембрана, сиффон ва бошқа турли маҳсулотлар тайёрлаш мумкин. Қурилмалар учун қистирма сифатида фойдаланишда унга тенг келадиган материал йўқдир.

Тўлдирувчиси пластмассаларнинг чидамлилиги куйидаги 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 юқори 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 металллар билан таққослаш шуни кўрсатадики, пластмассалар бир неча афзалликларга эга: а) солиштирма оғирлиги кичик; б) солиштирма мустаҳкамлиги юқори; в) технологик хоссалари яхши; г) коррозион бардошлиги юқори.

УГЛЕГРАФИТ материаллар – фенолформальдегид қатрони шимдирилган графитдир. Асосан графит тўлдирувчили фенолформальдегид қатронидан таркиб топган прессланган пластмасса графитопласт деб номланади. Нордон ва ишқорий муҳитларга бардошлиги юқори.

КЕРАМИК материаллар – кислотабардош ғишт ва йирик блоклар ишлаб чиқаришда қўлланилади. Ушбу материаллар, ишқорлардан ташқари, барча коррозион фаол муҳитларга нисбатан бардошлиги юқори. Кислотабардош керамикадан ясалган труба қувурлари хлорид ва сульфат кислоталарни транспортировка қилиш учун ишлатилади.

ФАРФОР – плавиковый кислота ва ишқорлардан ташқари, барча кислоталарга нисбатан бардошлиги юқори. Ўта тоза моддалар олишда конструкцион материал сифатида қўлланилади.

ВИНИПЛАСТ – азот кислота ва олеумдан ташқари, ҳамма кислота, ишқор ва эритмаларга нисбатан бардошлиги юқори. 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 кўпгина кислоталар ва ишқорларга нисбатан бардошлиги юқори.

ПОЛИЭТИЛЕН, ПОЛИПРОПИЛЕН – термопластик материал, минерал кислота ва ишқорлар таъсирига ўта юқори бардошлиги билан характерланади ва қўлланиш шароитлари:

- полиэтилен – температура оралиги -60°C дан +60°, босим эса – 1 МПа гача;
- полипропилен – температура оралиги -10°C дан +100°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°C температурагача қўллаш тавсия этилади.

ТАБИЙ СИЛИКАТ МАТЕРИАЛЛАР – қаторига диабаз, базальт, асбест, хризотил, андезитлар қиради ва улар, хризотилдан ташқари, юқори кислотабардош.

4-32 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 температура, °С	
1	2	3	4	5
Оддий сифатли углеродли пўлат	Ст.3	5	-30...+400	Обечайка, копкок, фланец ва бошқа деталлар учун
			-40...+425	Фланец, труба тўр пардаси 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, копкок ва бошқа деталлар учун
	10		-40...+450	
	20	20	-40...+475	Обечайка, копкок, фланец, муфта ва бошқа деталлар учун
Конструкциону гл.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, копкок, фланец каби деталлар учун
	09 Г2С			
Легирланган пўлат	12 МХ	25	-40...+540	Агрессивлиги паст ва ўрта муҳитларда ҳамда деворидаги қучланиш юқори бўлган муҳитларда пайвандланган саноати қурилмаларининг обечайка, копкок, фланец ва бошқа деталлар учун

Юқори легирланган пўлат	OX13	1,6	- 40...+ 540	Олтингургурт бор, иссиқ мухитли, пайвандланган, ректификацион колоннанинг тарелкалари ва кам кучланишли деталлари учун
	1X13			Олтингургурт бор ва бошқа агрессив, иссиқ мухитли, қурилмаларининг обечайка, копоқ, фланец, болт, гайка ва бошқалар у-н
	2X13			1X13 материал қўлланиладиган соҳа, пайвандланмайдиган ўқ, болт, гайка ва бошқа деталлар учун
	1X13Л 2X13Л			1X13 материал қўлланиладиган соҳа учун, куйма, қурилмаларининг қобиғи, копоқи, фланец ва бошқа деталлари учун
Коррозия, иссиқликка бардош ва чидамли юқори легирланган пўлат	X17	1,6	- 20...+ 700	Озиқ-овқат, нефтни қайта ишлаш, азот кислотасини ишлаб чиқариш соҳасида узлукли, юклама таъсири йўқ, масъулияти кам қурилмаларни обечайка, туб, труба ўрами, змеєвик ва бошқа деталлар учун. Ушбу материал Х18Н10Т пўлатнинг ўрнини босувчи материал
	X25ТЛ			X25Т пўлат қўлланиладиган соҳадаги куйма қурилмаларнинг қобиғи, копоқи, фланец ва бошқа деталлари учун
	X28			Суюқ ва газли ўртача агрессив мухитда юқори температурада, ўзгармас ва ўзгарувчан юкламада ишловчи кимёвий қурилмалар у-н
	X28АН			Ўртачаагрессив мухитда ишлатиладиган, пайвандланган қурилмаларнинг обечайка, туб ва бошқа деталлари учун
	X28Н4			Газли коррозия шароитида ўртачаагрессив мухитларда ишлайдиган, масъулияти кам кимёвий қурил-маларнинг обечайка, днишче ва бошқа деталлари учун
	1X17Н2			Паст ва ўртачаагрессив мухитларда ишлайдиган кимёвий қурилмаларнинг обечайка, туб ва бошқа деталлари учун
	1X21Н5Т OX21Н5Т	6,4	-100...+ 600	Ўртача агрессив мухитларда ишлайдиган, пайвандланган кимёвий қурилмалардаги Х18Н10Т пўлатнинг ўрнига қўллаш учун
	OX21Н6М2Т			Юқори агрессив мухитларда ишлайдиган пайвандланган, кимёвий қурилмалардаги Х17Н13М2Т ўрнига қўллаш учун
	OX17Н5Г9АБ	1,6	-196...+600	Юқори агрессив мухитларда ишлайдиган, OX17Т бардош беролмайдиган, пайвандланган қурилмаларда Х18Н10Т ўрнига қўллаш учун тавсия этилади. Чуқур совитиш усулида газларни ажратиш ва озиқ-овқат саноатлардаги пайвандланган идиш ва қурилмалар обечайка, туб ва бошқа деталлари учун
	X14Г14Н3Т	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
X18Н10Т	Чекланмаган	-254...+600	Юқори ва ўртача агрессив мухитларда, масъулиятли пайвандланган кимёвий қурилмалар обечайка, туб, фланец, труба тур пардаси, болт, гайка, шпилка, штуцер патрубкиси ва бошқалар учун	
			Юқори ва ўртачаагрессив мухитларда	

	X18H9TЛ			ишлайдиган, кимёвий куйма қурилмаларнинг қобиғи, қопқоқи, фланец ва б.детал.
	X17H13M2T	Чекланмаган	-196...+700	Юқори ва ўта агрессив муҳитларда ишлайдиган X18H10T, OX18H10T ва OX18H12B пулатлар чидамсиз бўлганда, пайвандланган кимёвий қурилмаларнинг обечайка, туб, труба түр парда ҳамда ўрами ва бошқа деталлари учун
	OX23H28M2T	0,07	-	Фторли бирикмалар бор иссиқ фосфор кислотаси ва паст концентрацияли 60°C ли юқори агрессив муҳитда ишлайдиган пайвандланган кимёвий қурилмаларнинг обечайка, туб каби деталлари учун
	OX23H28M3Д3T			Сульфат кислота, таркибида фторли бирикмалар бор, +80°C дан кам бўлган температурали фосфор кислотали (32...50% P ₂ O ₅) ва температураси +70°C дан паст 25% ли кремний-фтор-водородли кислота муҳитларда пайвандланган кимёвий қурилмалар обечайка, туб ва б. деталлари
Қуш қатламли (биметалл) пулатлар	Ст.3+OX13	5	-40...+425	Таркибида олтингургурт 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+X18H10T	5	-30...+400	Ўртача ва ўта агрессив муҳитларда ишлайдиган, пайвандланган кимёвий қурилмаларнинг обечайка, днишче, патрубк ва бошқа деталлари учун
	20K+X18H10T	Чекланмаган	-40...+400	
	20K+X17H13M2T			

4-33 жадвал

Қурилмалар ва труба қувурларининг қўзғалмас, йиғма бирикмаларини зичлаш учун тавсия этиладиган металлмас қистирма материаллар

Қистирма материалнинг 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 узунлиги 500÷10000
Пластикат полихлорвинилли	1300...1500	1...5	эни \geq 600 узунлиги \geq 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 узунлиги 850x1500; 1700...2300
Чарм техник	1100...1500	2,5÷5	-

Ундан ташқари, қуйидаги материаллар ҳам қистирма сифатида ишлатилади: мис (қуйдирилган), алюминий (юмшоқ), зангламайдиган пулат, никель, монель, қўрғошин.

5-боб. КУРС ЛОЙИХАНИ ГРАФИК БЕЗАШ



5.1. Тушунтириш хатининг таркиби

Титул варақ.
Курс лойиха топшириғи.
Мундарижа.

1. Кириш (топширикда берилган жараён буйича умумий тушунчалар, ҳамда бажарилган курс лойиха таркиби).
2. Жараён назарияси, ҳисоблаш формулалари ва қурилмалари.
3. Иссиқлик элткичлар хоссалари (иссиқлик-физик, ёнғин ва портлаш ҳавфсизлиги, коррозион 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 қондалари

Курс лойиханинг тушунтириш хати илм ва техника соҳаларидаги илмий-тадқиқот ишлари буйича 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 кўламда фойдаланилади. Жавдал номи аниқ, қисқа ва уни тулик ифодалаши керак, ҳамда жадвал устида жойлаштирилиши даркор.

5.2. Курс лойиха график қисмининг таркиби

1. Технологик схема ва қурилма умумий кўринишининг чизмаси А1 форматли (841x594 мм) чизмачилик варағи (ватман)га чизилади.

2. Қурилма таянчи, таксимлаш камераси, копкоғи, фланецли бирикмаси ёки бошқа қисм, бўлақларининг чизмаси А2 ёки А3 форматда.

Зарур бўлган ҳолларда қуйидаги форматлардаги чизма варақлари ҳам қўлланса бўлади:

Формат белгиланиши	A0	A1	A2	A3	A4
Формат ўлчамлари, мм	841x1189 мм	594x841 мм	420x594 мм	297x420 мм	210x297 мм

Чизма хошияси узлуксиз чизиқли тўртбурчак билан чегараланади. Ватман қоғознинг чап томонидан 20 мм, қолган томонларидан 5 мм ли хошия қолдирилади (5.1-расм).

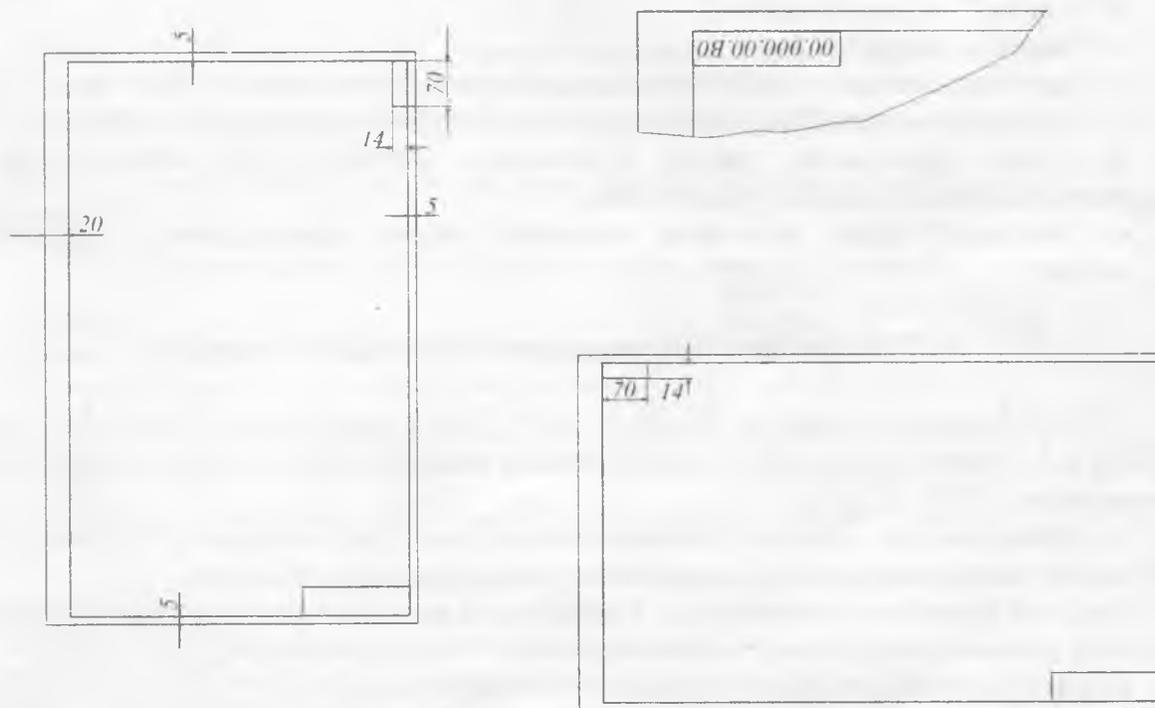
Чизмадаги тасвир масшталари ГОСТга биноан қуйидаги қатордан танланади:

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 масшталари ҳам келтирилган:

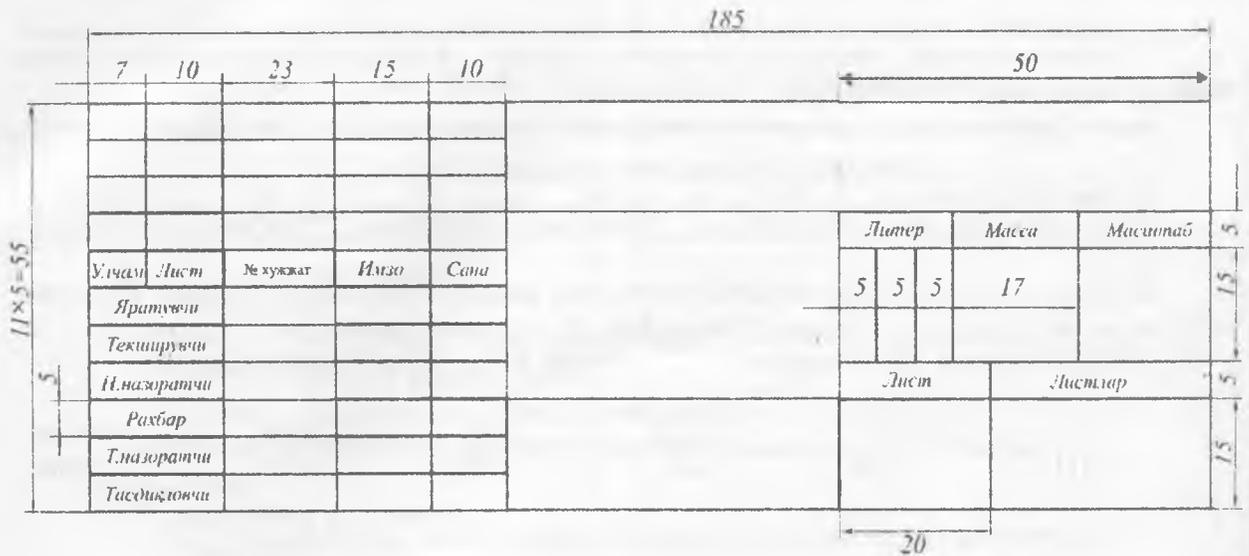
2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 15:1.

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):



52-расм. Бурчак штампи.

- а) “яратувчи” – курс лойиҳа бажарган талаба фамилияси, исми, имзоси ва сана;
- б) “текширди” – курс лойиҳа раҳбари фамилияси, исми, шарифи, имзоси ва сана;
- в) “Т.назор” – техник назорат;
- г) “Раҳбар” – талаба курс лойиҳасининг раҳбари фамилияси, исми, имзоси ва сана;
- д) “Н.назор” – норма назорат;
- е) “Тасдик” – тасдиқлайман;
- ж) бурчак штампининг тепа бўлинмасида қурилманинг белгиланиши кўрсатилади;
- з) бурчак штампи ўрта бўлинмасида қурилма ёки буюмнинг қисқача номи ёзилади;
- и) бурчак штампининг пастки бўлинмасида институт ёки университетнинг қискартирилган номи ва талаба гуруҳи ёзилади;
- к) “Масштаб” деган бўлинмада чизманинг асосий проекциясининг масштаби кўрсатилади.

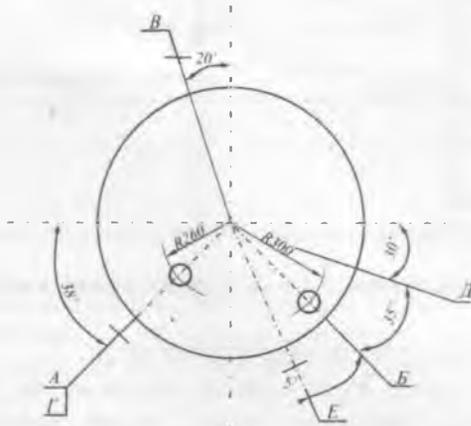
5.3. Умумий кўриниш чизмаларига қўйиладиган талаблар

Умумий кўриниш чизмалари ГОСТ 2.120-73 ЕСКД нинг асосий талабларига мос равишда бажарилиши керак ва ушбу чизма кўйидаги маълумотларни ўз ичига камраб олган бўлиши керак:

- а) лойиҳаланаётган қурилма тузилиши ҳақида тўлиқ тушунча ва таассурот берувчи қурилма ёки машинанинг тасвири, зарур кўринишлари, қирқим ва кесимлари;
- б) асосий ўлчамлари – конструктив, бирлаштириш ва габарит, зарур бўлган ҳолларда, монтаж ва ўрнатиш, ҳамда ҳаракатчан қисмларнинг чегаравий четлашиши;
- в) масъулиятли бирлашиш жойларидаги қўйимлар белгиланиши;
- г) штуцер, люк ва таянчларнинг ҳақиқий жойлашиш схемаси ёки кўриниши;
- д) патрубк ва штуцерларнинг белгиланиш жадваллари;
- е) техник характеристика;
- ж) техник талаблар;
- з) 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.

Курилма 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, бобишкаларни жойлаштириш схемаси.

Штуцер, люк, лаз, термометрлар гильзаси, патрубк ва бошқалар асосий ва унга тегишли чизмаларда, ҳамда схемаларда ўқ чизиқлар давомида ёки ташқарига олиб чиқилган чизиқ токчаларида шартли равишда кирилл алифбосининг 5-7 мм ли ҳарфлари (Й, О, Х, Ъ, Ь лар қўлланилмайди) билан белгиланади.

Штуцер, патрубк, гильза ва бошқа элементларнинг номлари қуйидаги шаклда бажарилади (5.4-расм):

Белги- ланиши	Номи	Сони	Шартли диаметр мм	Шартли босим МПа	20
					8
12	90	10	18		
148					

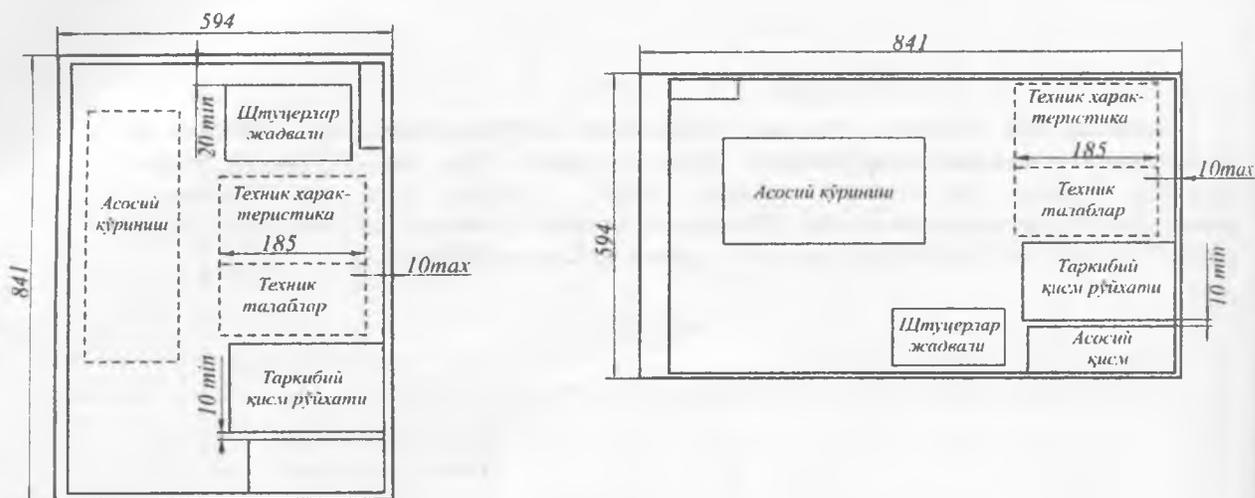
5.4-расм. Штуцер, патрубк, гильза ва бошқа элементлар жадвали.

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» 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	1,5Р ($[\sigma_{20}]/[\sigma_t]$, лекин 0,2 дан кам эмас
0,5 ва ундан юқори	1,25Р ($[\sigma_{20}]/[\sigma_t]$, лекин Р+0,3 дан кам эмас
Вакуум	0,15Р ($[\sigma_{20}]/[\sigma_t]$, 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	Белгиланиши	Номи	Сони	Масса шт.	Материал номи ва маркаси	Эслатма
8	40	60	10	14	32	

185

20
8

5.6-расм. Қурилма таркибий қисмларининг рўйхати.

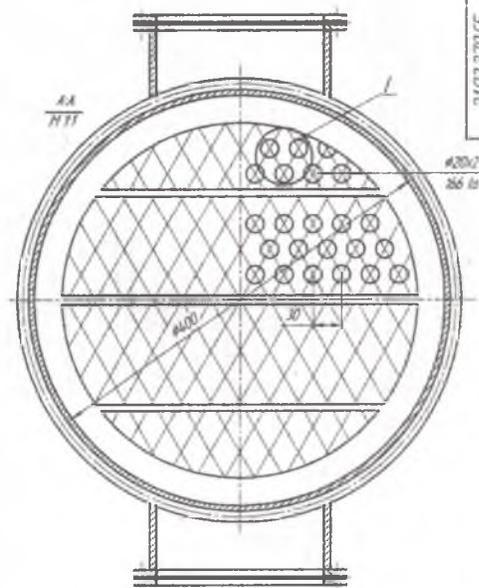
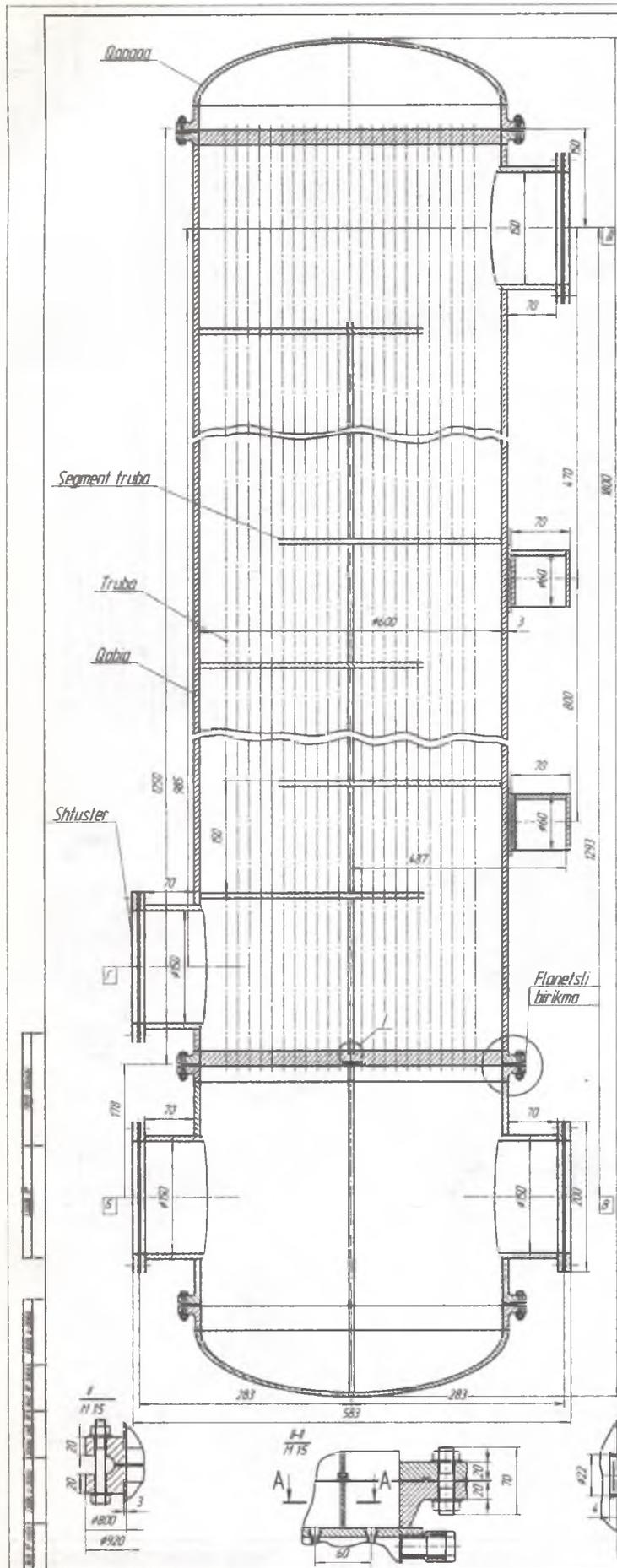
Ҳар қаторда детал ва қисмлар номларини “икки қаватли ” қилиб ёзиш маън этилади. Агар, ёзув бир қаторга сиғмаса, уни икки ёки уч қаторга ёзиш даркор (5.6-расм).

Қурилма таркибий қисмлари тўғрисидаги маълумотлар тартиб билан тепадан пастрга 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;
6. Қистирма;
7. Шпилька (болт), шайба, гайка ва ҳ.

И Л О В А Л А Р



2102.270.16

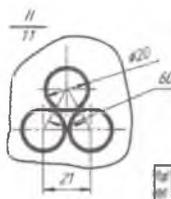
Shtusterlar jadvali

№	Nomlanishi	Sani	Uzunlik D, mm	Uzunlik L, mm	Uzunlik P, mm
1	Talvutning kirishi	1	150	0,6	
2	Talvutning chiqishi	1	150	0,6	
3	Bug'ning kirishi	1	150	0,3	
4	Kondensatning chiqishi	1	150	0,3	
5	Atmosfera bilan bog'lanish	1	25	0,1	

Texnik xarakteristika

Korsalgichlar	Truba kanali	Trubalar ora bo'shliq
Muhit nomi	Havo aralashmasi	Bug'
Zaxarlik	zaxarlik	zaxarlik
Paritvorchilik	paritvorchan	paritvorchagan
Agressivlik	agressiv	agressivmas
Temperatura T	150	94,6
Isichi bosim MPa	0,2	0,4
Qurilmaga bog'lanish usuli		
Uchastik almashirish yuzasi m		36

- Texnik talablar**
- Qurulma O'z Res. Davlat Texnik nazorat qurumasiga qurilmalarga tegir kelishi kerak
 - Qurilmadan tayyorlash sanashtan manziliga yetkazib berishda quyidagi talablar bajarilishi kerak:
 - a) GOST 12.2.003-74 "Ishlab chiqarish uskunalarini Xavfsizlik bo'yicha umumiy talablar"
 - b) GOST 26.251-79 "Polatdan yasalgan qurulma va idishlar. Texnik talablar"
 - Benzin oqayotgan devor materiali - polat X18H10T GOST 5632-72 qalqanli esa S13 GOST 380-71
 - Mustahkamlik va zichlanish shartlari quyidagi gidratik bosimda tekshiriladi:
 - a) Trubalar ora bo'shliq - 0,6 MPa
 - b) Truba kanallari - 0,3 MPa
 - Payvand choklari OST 26-01-82-77 Kimyo mashina sozligida payvandlashni qamrovlash kerak
 - 100% choklar rangen nuri yordamida tekshirish sharti
 - Distillatlar naporida yasatadi PON-1 GOST 481-80
 - Holmat uchun o'lchovlar
 - Chizma GOST 15122-79 asosida yaratilgan



Belgilanishi	Nomi	Sani	Uzunlik nomi va markasi	Uzunlik
1	Ishchi kamera	1		
2	Qabana	2		
3	Flanets	2	SI 2	14-200
	Taqsimlovchi kamera	1		
	Boltlar GOST 7798-70			
3	M 20x95,4x0,05	64	SI 20	
4	M 20x50,4x0,05	32	SI 20	
5	M 12x30,4x0,05	4	SI 20	
	Shaklar GOST 5915-70	36		
	GOST 5915-70			
	M 20x5,05	36	SI 20	
	M 12x5,05	4	SI 20	

2102.270.16

ИВКУ УЎЎЎЎ КОДИК
ТРИБУНАЛИ УЎЎЎЎ

УЎЎЎЎ ТЕХНИКАЛАШ ХИЗМАТИ
ДА КУРУЛМАЛАРГА ҚОЎЎЎЎ

125
ТКМ
2010-15

2104.272.СБ

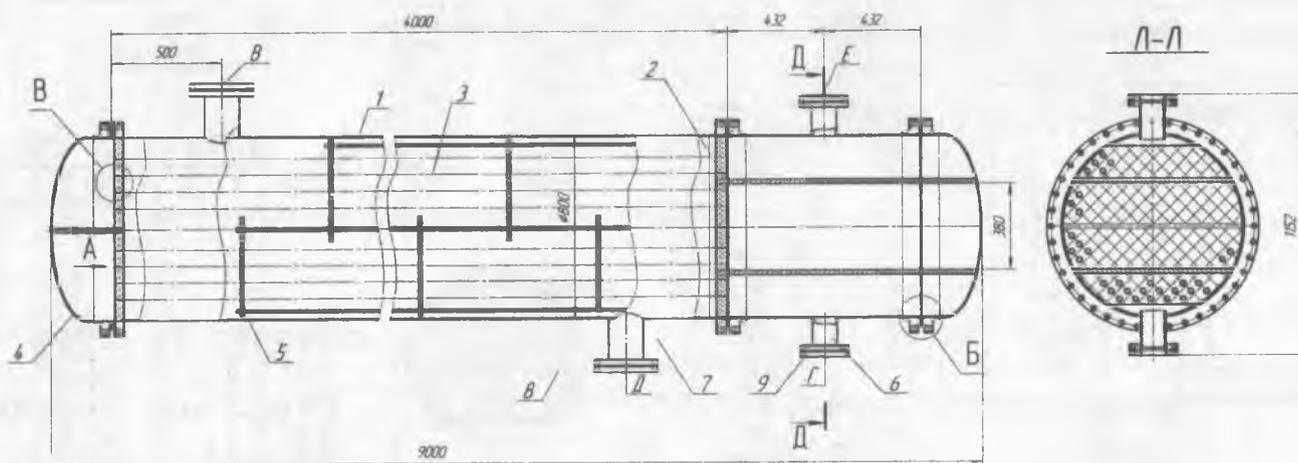


Таблица штуцеров

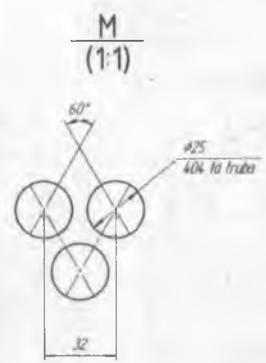
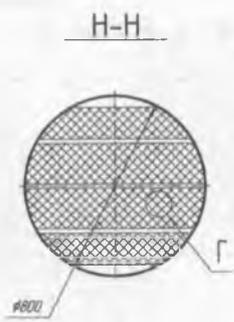
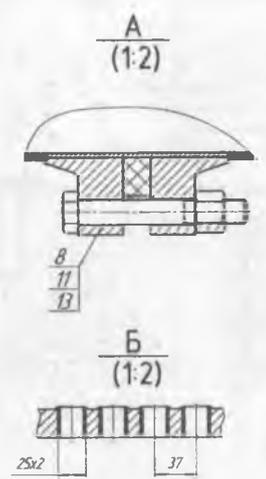
Обоз	Наименование	Кол.	Услов. проход Ду, мм	Услов. диаметр Rp, мм (G, дюйм)
В	Вход греющего пара	1	150	0,6(6)
Д	Вход конденсата	1	150	0,15(1,5)
Г	Вход раствора	1	65	0,1(1)
Е	Выход раствора	1	65	0,1(1)

Технической характеристика

Показатели	Таблице присоединяемых трубопроводов	
	ИР01	Пар
Токсичность	Токсична	Нетоксична
Взрывоопасность	Взрывоопасна	Невзрывоопасна
Агрессивность	Агрессивна	Неагрессивна
Температура	t=42°C t=84°C	t=150°C
Рабочая давление МПа	0,1	0,6
Площадь теплообмена, м ²	127	

Технические требования

- При изготовлении, испытании и поставке аппарата должны выполняться требования:
 - ГОСТ 12.2.003-74 "Оборудование производственное. Общие требования безопасности";
 - ОСТ 26.291-79 "Сосуды и аппараты стальные сварные. Технические требования";
- Материал деталей корпуса теплообменника сталь Ст3сп ГОСТ 380-71.
- Сварные соединения должны соответствовать требованиям ОСТ 26-01-76-68 "Сварка в химической машиностроении".
- Прокладки из паронита ПОН-1 ГОСТ 481-71.

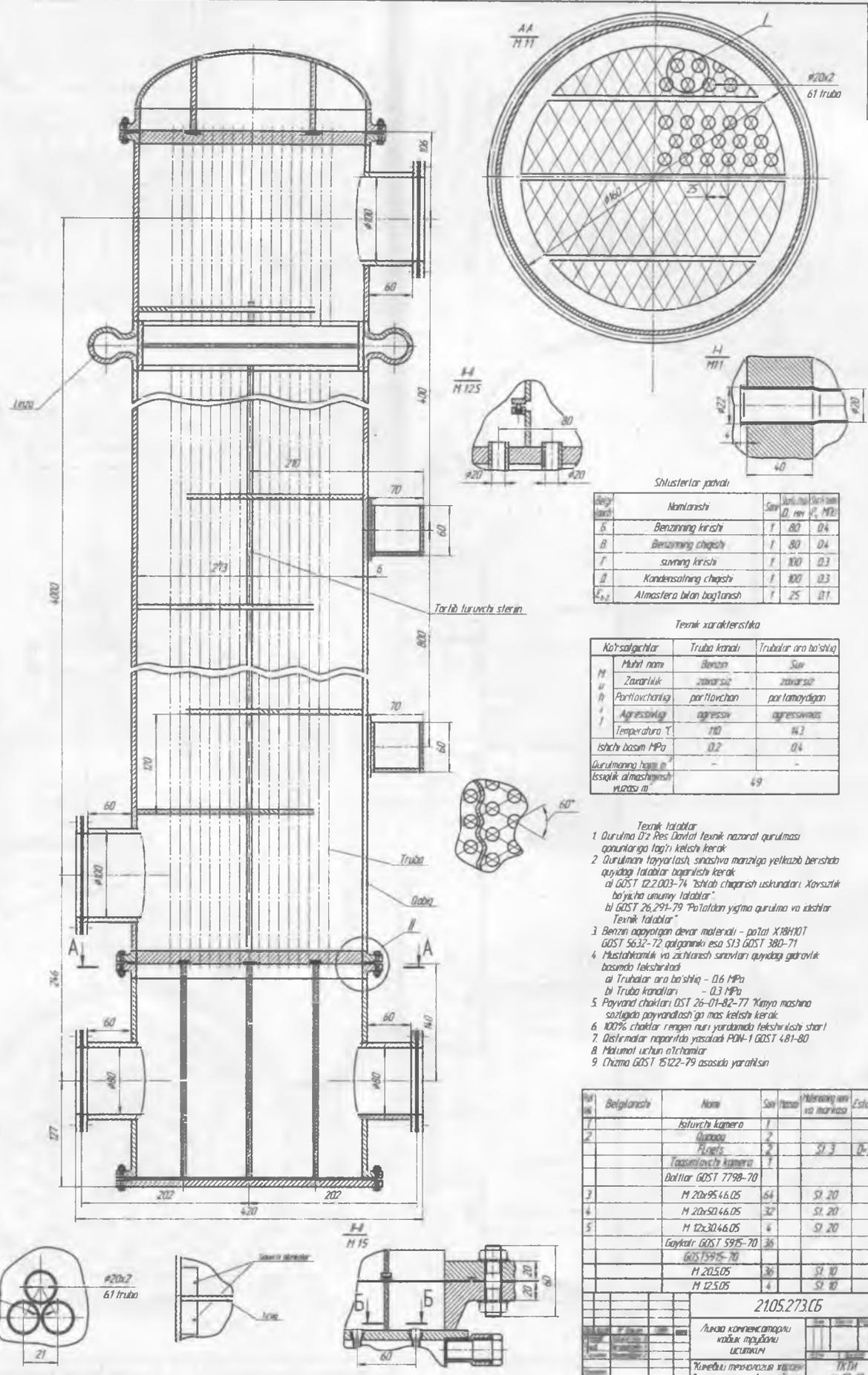


№	Обоз	Наименование	Кол. шт.	Масса г шт.	Материал	Прим.
1		Корпус	1			
2		Трубная решетка	1			
3		Трубы	1			
4		Крышка	2			
5		Перегородка	2			
6		Штуцер	2			Ду=50
7		Штуцер	2			Ду=100
8		Фланец	3			Ду=80
9		Фланец	2		X18H10T	Ду=500
10		Фланец	2		X18H10T	Ду=100
		Болты ГОСТ 7798-70				
11		M22x75 S8	120		Сталь 35	
12		M18 50 S8	16		Сталь 35	
		Гайки ГОСТ 595-70				
13		M22 10	120		Сталь 20	
14		M18 10	16		Сталь 20	

2104.272.СБ

Исполнитель: ИСИТКИЧ		Дата: / /	
Характеристика изделия: 204-1-1567		Лист: 11	

2105.273.06



Shlusterlar jadvali

Belgi	Namlangishi	Say	Uzunlik D, mm	Seriya D, mm
6	Benzinning kirishi	1	80	04
B	Benzinning chiqishi	1	80	04
F	suving kirishi	1	100	03
B	Kondensatning chiqishi	1	100	03
E ₂	Atmosfera bilan boglanish	1	25	01

Texnik xarakteristika

Ko'rsatkichlar	Truba kanali	Trubalar o'ra bo'shiq
Muhit nomi	Benzin	Suv
Zaxarilik	zaxarsiz	zaxarsiz
Parflovchanlik	parflovchan	parflovchan
Agressivlik	agressiv	agressiv
Temperatura °C	110	113
Ishchi bosim MPa	0,2	0,4
Guruldanning hajmi m ³	-	-
Istiqbul almashirish tezligi m ³	-	49

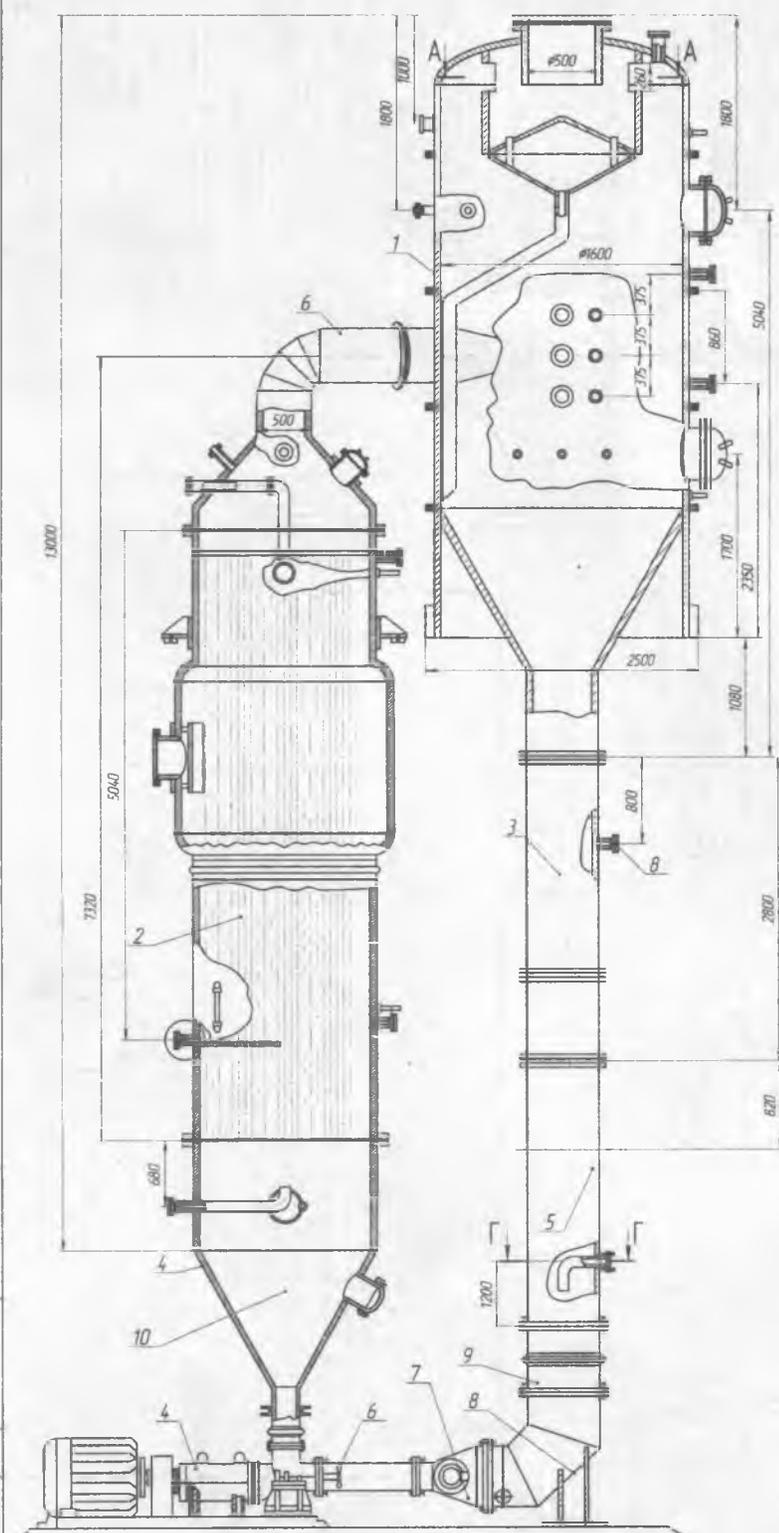
- Texnik talablar**
- Qurulma D2 Res Davlat Texnik nazorat qurultmasi qonunlariga lag'in kelishi kerak
 - Qurulmani tayyorlash, sinash va marzligga yetkazib berishda quyidagi talablar bajarilishi kerak:
 - al GOST 12.2.003-74 "Ishlab chiqarish uskunalarini Xavfsizlik bo'yicha umumiy talablar"
 - bl GOST 26.294-79 "Polatdan yigirma qurulma va ashtar Texnik talablar"
 - Benzin oqayotgan devor materiali - polat X18H10T GOST 5632-72 qat'ini esa S13 GOST 380-71
 - Mustahkamlik va zichlanish sinovlarini quyidagi gidrovlik bosimda tekshirish:
 - al Trubalar o'ra bo'shiq - 0,6 MPa
 - bl Truba kanallari - 0,3 MPa
 - Poyvand choklari OST 26-01-82-77 "Kamyo mashina sozligida poyvandlashga mas kelishi kerak"
 - 100% choklar rengen nuri yordamida tekshirishi shart
 - Distillatlar naporifida yasakadi PAM-1 GOST 481-80
 - Makulot uchun o'tirhamlar
 - Uzama GOST 15122-79 asosida yaratilgan

№	Belgilanishi	Nomi	Say	Uzunlik	Uzunlik va marakas	Eslatma
1		Istuvchi kamera	1			
2		Gurudana	2		S1.3	0-100
		Fluel's	2			
		Tasarruflash kamerasi	1			
		Dallalar GOST 7798-70				
3		M 20x95.46.05	64		S1.20	
4		M 20x50.46.05	32		S1.20	
5		M 12x30.46.05	4		S1.20	
		Goyklar GOST 5915-70	36			
		GOST 5915-70				
		M 20.5.05	36		S1.10	
		M 12.5.05	4		S1.10	

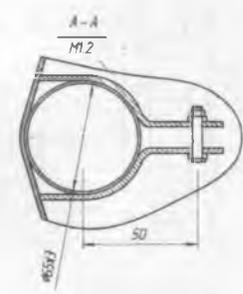
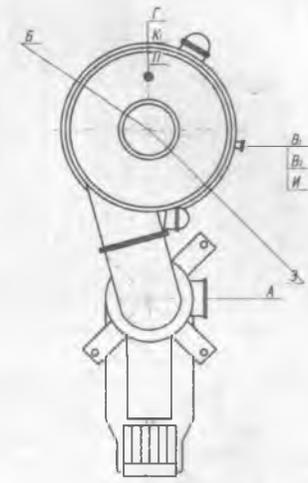
2105.273.06

Линза конструктора
каких трубопроводов
используются
"Пометил" термостатический
да кипятильниках" каретински

08.35.150.С6



Штуцерларнинг жайлашми схемаси



Техник хараактеристика

- 1 Ҷибу қурилма бошланғич концентратсияси 12% бўлган ИСЭ эритмасыни буғлатиш учун муқаррарланган
- 2 Қурилма ҳажми (номинал) 221 м³ трубапарара буғиланиши эса 4,1 м³
- 3 Ҷибуларгаги 17,5 кг/с (бошланғич эритма ҳалқабиди)
- 4 Истиқлик омашини қисми 315 м³
- 5 Қурилмадаги абсолют босим 0,5 - 0,103 МПа, трубапарара буғилкада эса 0,6 - 0,1 МПа
- 6 Труба каналларидаги максимал температура 140 °С гача, трубапарара буғилкада эса 158 °С гача
- 7 Қурилма ва трубапарара буғилкада муқаррар қарраган фаол ва захари

Техник талаблар

- 1 Қурилма таърифи хараacterида ОСТ 26-01-112-79 ГОСТ 12.2.003.74 дан фойдаланилсин
- 2 Қурилmani қарраган фаол муқат билан тегиб трубафи дефори ва деталлари 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72 дуғилма, қолган қисмлари эса Ст3 ГОСТ 380-71 дуғилма таърифинин
- 3 Қурилmani муқтавақчилик ва эҳтилошдан горизонтал ҳалқабда 0,9 МПа гидравлик босимда текширилади
- 4 Қурилма ҶаР Дайиат стандарти қонунларида нас келиши шарт
- 5 Легирилган муқатларнинг лавдан чоклари ГОСТ 60-32-84 асосида қил тайлардан қарраган қарри чидамлилик текширилсин
- 6 Қисмлари ГОСТ 15180-86 ва ОСТ 26-430-72 ларга муқри келиши шарт
- 7 Қурилmaniдаги штуцерларнинг диаметри 120 мм
- 8 Штуцерларнинг ҳажми жайлашмидаги стандар берилган

Поз	Номи	Сони	Масса	Материал номи	Эслатма
1	Истиқуби қанара	1		Х18Н10Т	
2	Сепаратор	1		Х18Н10Т	
3	Циркуляцион труба	1		Х18Н10Т	
4	Насос	1		Х18Н10Т	
5	Сепарацион	1		Х18Н10Т	
6	Ҷилма	1		Х18Н10Т	
7	Қонусли насосла	1		Х18Н10Т	
8	Турбақли насосла	1		Х18Н10Т	
9	Компенсацион шокла	1		Х18Н10Т	
10	Турбақли насосла	1		Х18Н10Т	
11	Динише	1		Х18Н10Т	

08.35.150.С6

Буғлатиш қурилмаси тип 1 ихра 2		Сана	1.20
Техниқ технология қаран ва қиланиши қареваси		ТКТИ	
		08.35.150.С6	

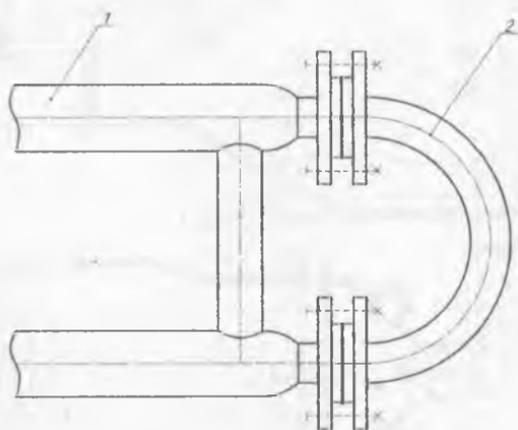
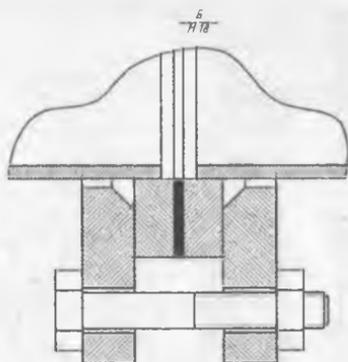
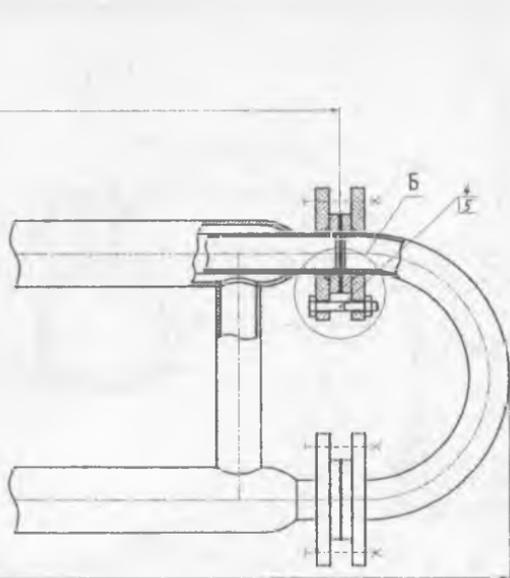


Таблица размеров

Длина	Назначение	Кол.	Линейный размер D, мм	Длина резьбы P, мм
1	Вал/Штифт	1	6	18
2	Вал/Штифт	1	6	18
3	Вал/Штифт	1	6	18
4	Вал/Штифт	1	6	18

Технические характеристики

Показатели	Допустимые отклонения	Нормативные отклонения
Материал	Сталь	Сталь
Поверхность	Блестящая	Не окисленная
Слой	Блестящая-серебряная	Не бледно-серая
Антикоррозийная	Антиклатан	10 антиклатан
Температура °C	100/200 (до 200)	45 (до 100)
Рабочее давление МПа	0,2	0,6
Скорость вращения м/с	0,029	0,02
Вибрация отклонения м/с		Н

Технические требования

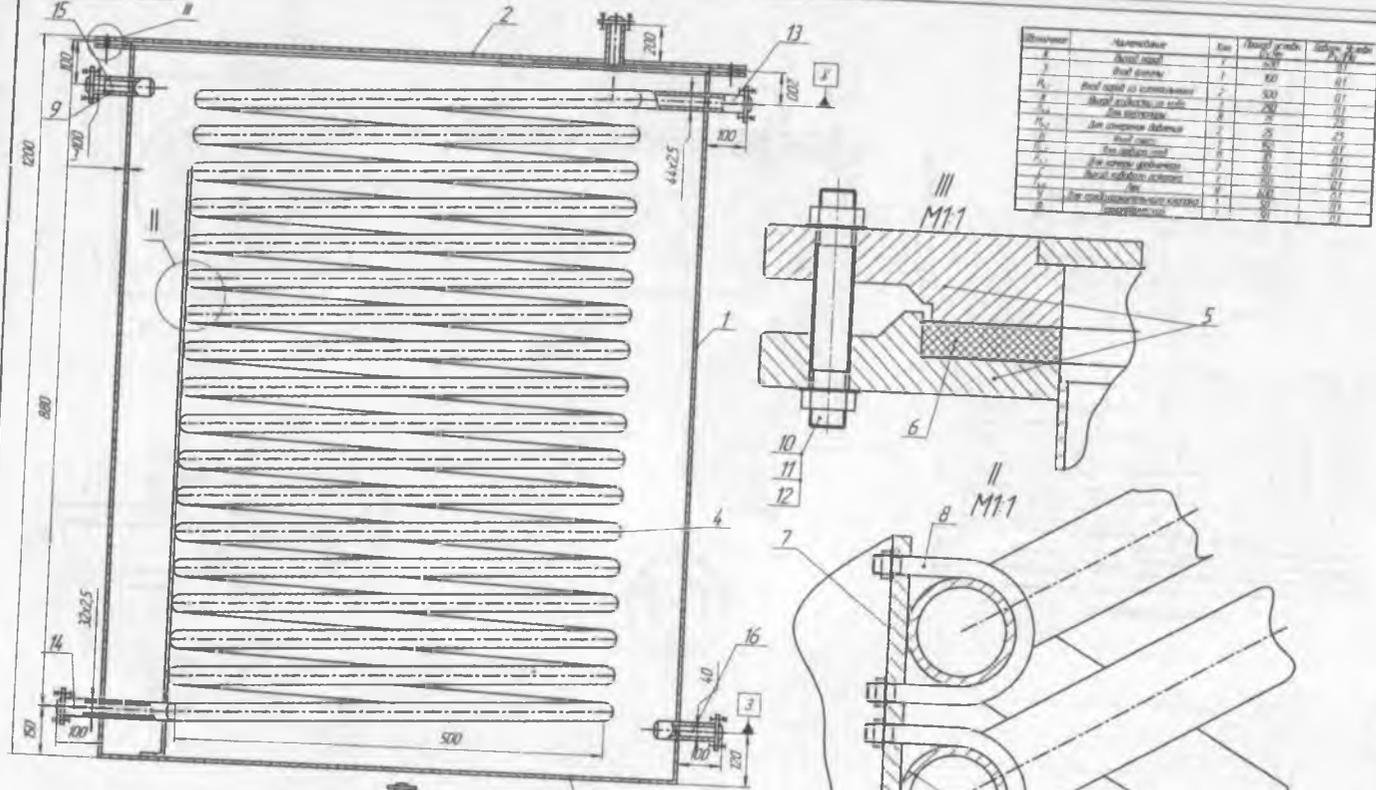
1. Агрегат подлежит доработке по ГИИ Госстандарта.
2. Для и контроля качества и последние операции должны выполняться в соответствии с требованиями ГОСТ 12.000-76. Требования к качеству должны соответствовать требованиям ГОСТ 28-204-79. Точность и размеры должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.000-76.
3. Материал детали отгрузки, соответствующий с документом - спецификация ГОСТ 532-72, стальная (или) ГОСТ 380-2005. Материал прокладки - прокладка ГОСТ 11071-84-71.
4. Агрегат испытывать на прочность в соответствии с требованиями ГОСТ 28-204-79. Испытания проводить в соответствии с требованиями ГОСТ 12.000-76. Испытания проводить в соответствии с требованиями ГОСТ 12.000-76. Испытания проводить в соответствии с требованиями ГОСТ 12.000-76.
5. Другие сведения должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.000-76. Другие сведения должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.000-76.
6. Другие сведения должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.000-76. Другие сведения должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.000-76.
7. Размеры для отгрузки.
8. Чертеж разработан на основании ГОСТ 9930-70.

№	Изменения	Назначение	Д	Дата
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				
40				
41				
42				
43				
44				
45				
46				
47				
48				
49				
50				
51				
52				
53				
54				
55				
56				
57				
58				
59				
60				
61				
62				
63				
64				
65				
66				
67				
68				
69				
70				
71				
72				
73				
74				
75				
76				
77				
78				
79				
80				
81				
82				
83				
84				
85				
86				
87				
88				
89				
90				
91				
92				
93				
94				
95				
96				
97				
98				
99				
100				

2108.276.15

Лист 1 из 1

2110.278.С5



№ позиции	Наименование	Кол.	Длина, мм	Диаметр, мм
1	Труба стальная	1	200	11
2	Муфта стальная	1	60	11
3	Муфта стальная	2	300	11
4	Муфта стальная	1	200	11
5	Муфта стальная	2	25	20
6	Муфта стальная	1	25	20
7	Муфта стальная	1	25	20
8	Муфта стальная	1	25	20
9	Муфта стальная	1	25	20
10	Муфта стальная	1	25	20
11	Муфта стальная	1	25	20
12	Муфта стальная	1	25	20
13	Муфта стальная	1	25	20
14	Муфта стальная	1	25	20
15	Муфта стальная	1	25	20
16	Муфта стальная	1	25	20

Технические требования

- Аппарат подлежит действию правил Госстандарта Республики Узбекистан
- При изготовлении, испытании и поставке аппарата должны выполняться требования:
 - а) ГОСТ 12.2003-74 "Оборудование производственное. Общие требования безопасности"
 - б) ГОСТ 26-291-79 "Сосуды и аппараты стальные сварные. Технические требования"
- Материал детали аппарата, контактирующей с бензолом - сталь 08Н3 ГОСТ 5632-72 и сталь 20 ГОСТ 1050-76, остальные сварочные изделия и детали - из стали 08Н3 ГОСТ 380-71. Материал опоры - сталь 09Г2С ГОСТ 5520-69. Материал прокладки - паранит ПН-1 ГОСТ 481-71
- Аппарат испытать на прочность и плотность гидравлически в соответствии с требованиями под давлением:
 - а) рабочее пространство - 10 МПа;
 - б) трубное пространство - 0,3 МПа.
- Сварные соединения должны соответствовать требованиям ДН 26-01-71-68 "Сварка в химическом машиностроении"
- Сварные швы в объеме 100% контролировать рентгенографически
- Размеры для справок
- Чертеж разработан на основании ГОСТ 9930-78

Техническая характеристика

Показатели	Трубное пространство	Незатрубное пространство
Назначение	Бензол	Вода
Токсичность	Токсична	Нетоксична
Взрывоопасность	Взрывоопасна	Невзрывоопасна
Агрессивность	Агрессивна	Неагрессивна
Температура, °С	80,2 (на входе)	45 (на выходе)
Рабочее давление, МПа	0,2	0,6
Скорость вращения, 1/мин	0,009	0,02
Абсолютная влажность, г/м³	14	

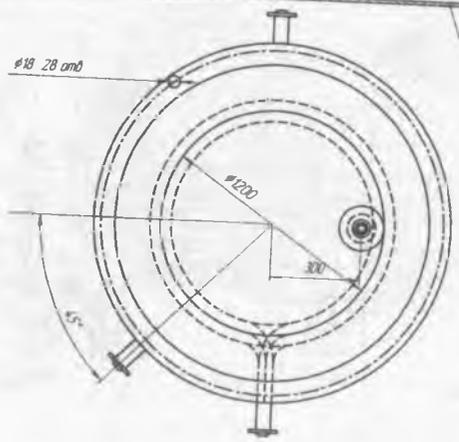
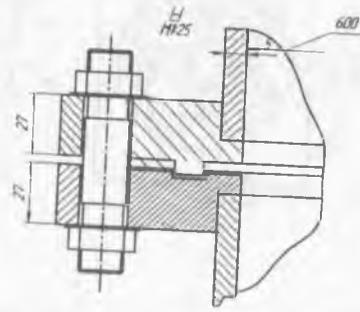
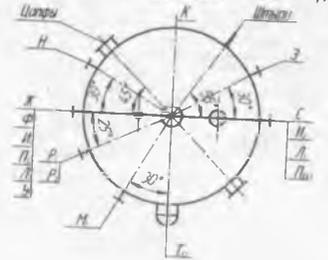


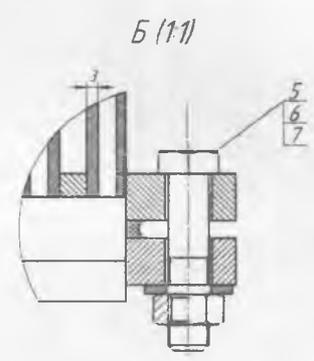
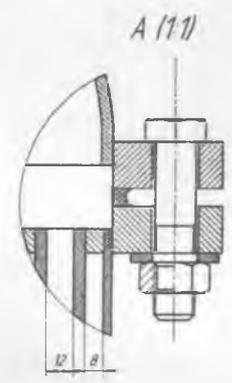
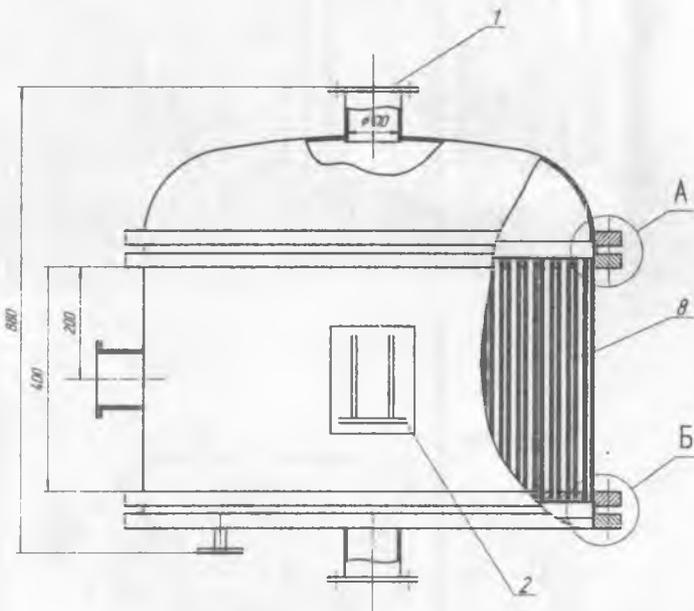
Схема расположения штуцера, люка, цапф, штырей



Поз	Обозначение	Наименование	Кол.	Материал	Назначение и марка материала	Примечание
1	2101001	Корпус	1	Сталь	X18H10T	
2	2101002	Крышка	1	Сталь	X18H10T	
3	2101003	Диск	1	Сталь	X18H10T	
4	2101004	Экран	1	Сталь	X18H10T	
5	2101005	Фланец	2	Сталь	X18H10T	
6	2101006	Прокладка	1	Паранит ПН-1		
7	2101007	Сопло	1	Сталь	X18H10T	
8	2101008	Хомут	36	Сталь	X18H10T	
9	2101009	Воздушный	1	Сталь	X18H10T	
10	2101010	Шпилька	30	Ст45		
11	2101011	Шайба	60	Ст20		
12	2101012	Гайка	60	Ст20		
13	2101013	Штуцер для воды	1	Сталь	X18H10T	
14	2101014	Штуцер для горячей воды	1	Сталь	X18H10T	
15	2101015	Штуцер для холодной воды	1	Сталь	X18H10T	
16	2101016	Штуцер для холодной воды	1	Сталь	X18H10T	

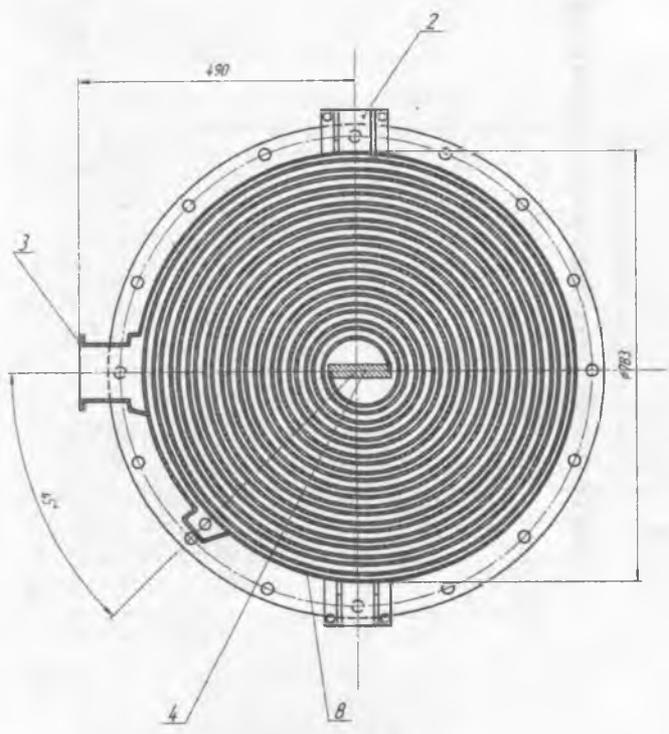
2110.278.С5

№ документа	2110.278.С5	№ документа	125
Дата		Дата	
Исполнитель		Проверенный	
Утвержденный		Утвержденный	
Подпись		Подпись	
Дата		Дата	



Технические требования

1. Аппарат подлежит действию правил Госназдзора РЧз
2. При изготовлении, Испытании и поставке аппарата должны выполняться требования:
 - а) ГОСТ 12.2003-74 "Оборудование производственное. Общие требования безопасности"
 - б) ОСТ 26-291-79 "Сосуды и аппараты стальные и сварные"
3. Материал деталей аппарата, соприкасающихся с аммиаком, - сталь Х18Н9Т ГОСТ 5632-72. Остальных Ст 3 ГОСТ 380-71. Материал прокладок - паронит ПОН-1 ГОСТ 481-71
4. Аппарат испытывают на прочность и плотность гидравлически под давлением:
 - а) межтрубное пространство - 0,9 МПа
 - б) трубное пространство - 0,3 МПа
5. Сварные соединения должны соответствовать требованиям ОН-26-01-71-68 "Сварка в химическом машиностроении"
6. Сварные швы в объеме 100 % контролировать рентген-расщечиванием.
7. Чертеж разработан на основании ГОСТ 9930-78



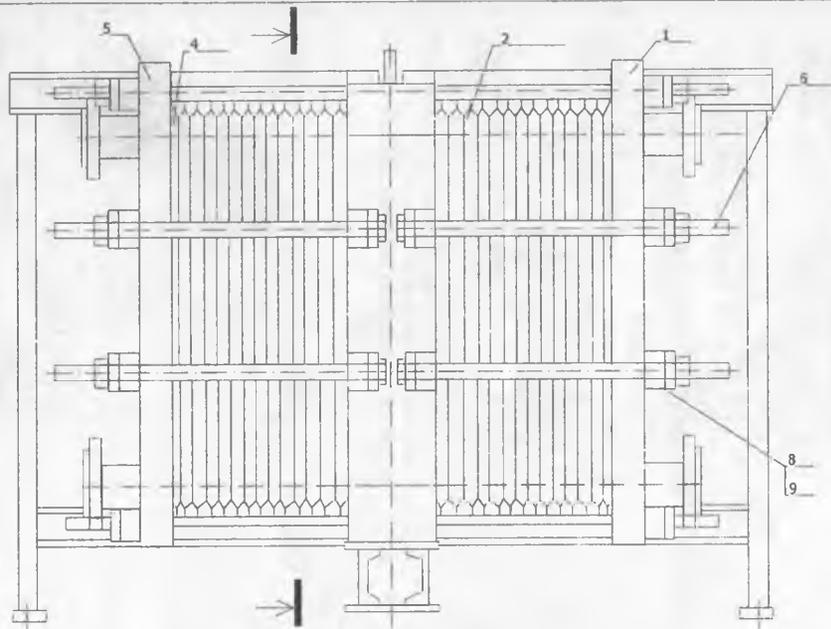
№	Обозначение	Наименование	Кол	Материал	Примечание
1	Фланец	ГОСТ 1255-67	1	Х18Н10Т	
2	Отпора		2	Сталь 35	
3	Фланец	ГОСТ 1255-67	1	Х18Н10Т	
4	Корн		1	Х18Н10Т	
5	Болт М8	ГОСТ 7798-70	32	Сталь 20	
6	Гайка М8	ГОСТ 595-70	32	Сталь 20	
7	Шайба 8	ГОСТ 2255-71	32	Сталь 20	
8	Спираль		2	Х18Н10Т	

21.11.279.СБ

СПИРАЛСИМОН
ИСПИТКИЧ

Технический отдел
Инженер-конструктор

Лист 15
ИТМ
2011-09



Пластинчатый теплообменник на трехопорной раме

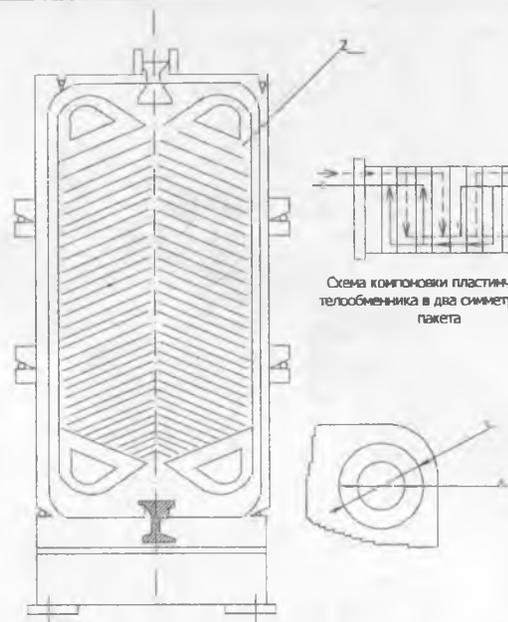
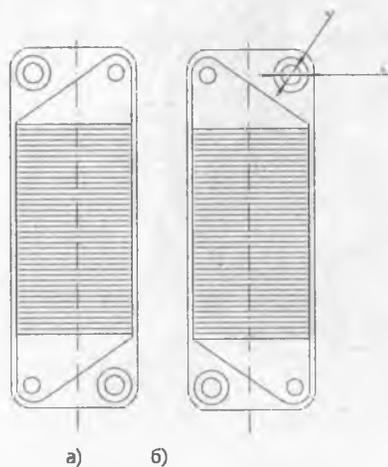


Таблица шлицеров

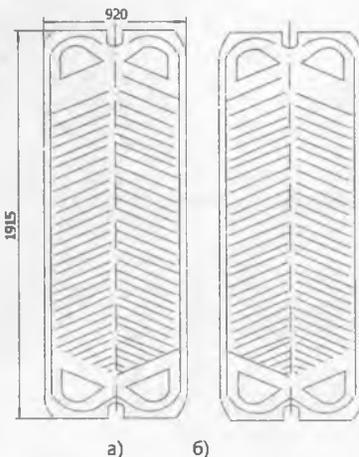
Обозн.	Наименование	Прод. длина, мм	Диаметр, мм	Р, МПа
А	Вход воды	1	150	1
Б	Выход воды	1	150	1
В	Вход паров бензола	1	200	1
Г	Выход бензола	1	200	1
Д _{1,2}	Соединение с атмосферой	2	Трех/1/2	1

Показатели	Трубное пространство	Межтрубное пространство
	Наименование	Вода
Токсичность	Нетоксична	Токсична
Взрывоопасность	Невзрывоопасна	Взрывоопасна
Рабочее давление, МПа	Неагрессивна	агрессивна
Вязкость, мЗ	Агрессивна	45(на выходе)
Температура, °С	80,2	
Технические требования		0,2
		0,6

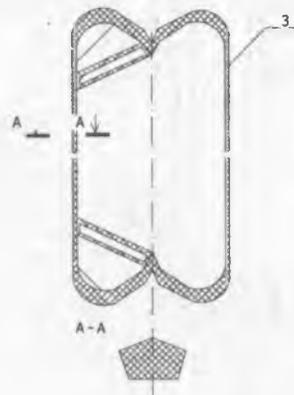
- Аппарат подпадает действие правил Госгортехнадзора 0.7. Публичная информация.
- Тип изготовления, испытания и посл. пазв. аппарата до 43 требования.
- ГОСТ 12.2.033-74
- ГОСТ 26-291-79
- Материал деталей аппарата, соприкасающихся с бензолом - сталь У16МНТ ГОСТ3332-72, испытание ГОСТ 481-71
- Аппарат испытать на прочность и плотность гидравлическим и пневматическим способами под давлением
- а) между трубным пространством 0,3 МПа
- б) трубное пространство 0,9 МПа
- Сварные соединения должны соответствовать требованиям СН 26-01-73-68 "Сварка и изготовление аппаратов"
- Сварные швы в объеме 30% контролируемого ультразвуковым методом
- Размеры для справок
- Чертеж разработан на основании ГОСТ 15 122-69.



Пластиньы с диагональным расположением отверстий: а - левая; б - правая



Пластиньы с односторонним расположением отверстий: а - левая; б - правая



Прокладка пластинчатого теплообменника

№	Изменения	Контент	№	Дата	Исполнитель	Проверенный
1	11.47.001	Начертание листа	1		СН36	
2	11.47.002	Титульный лист	48		10471407	
3	11.47.003	Процесс	48		Резина	
4	11.47.004	Положение пластин	1		10471407	
5	11.47.005	Положение пластин	1		СН36	
6	11.47.006	Спецификация	6		Сталь 05	
7	11.47.007	Шпильки	8		Сталь 05	
8	11.47.008	Шайбы	88		Сталь 05	
9	11.47.009	Гайки	88		Сталь 20	

11.12.2012

Исполн.	М.И. Денис	Проф.	Дата	
Проверен.	С.В. Денис	Инж.	Дата	
Утвержден.			Дата	

Лист 1 из 12

Кодирование: "Универсальное и универсальное"

ТКН 19 42-12

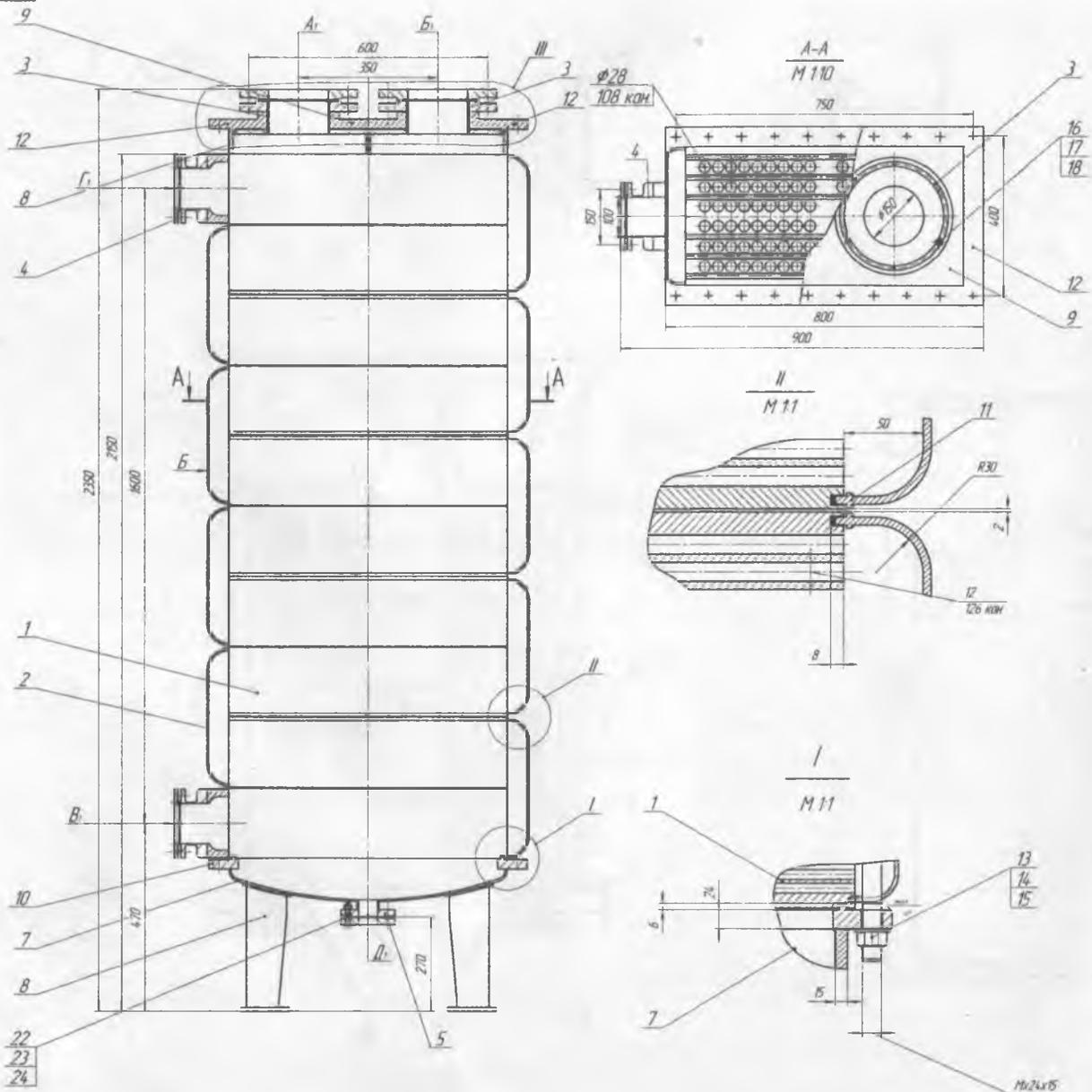


Таблица штифтов

Бит	Наименование	Кол	Грассо и оловя (0,14)	добавке (0,14)
A1	Вход зренища пара	1	150	0,34
B1	Выход пара	1	150	0,34
B1	Вход серной кислоты	1	100	-
Г1	Выход серной кислоты	1	100	-
Д1	Выход конденсата	1	75	0,34

Техническая характеристика

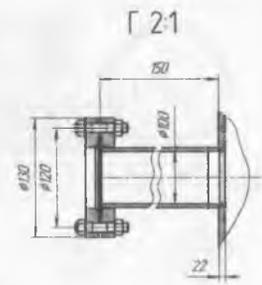
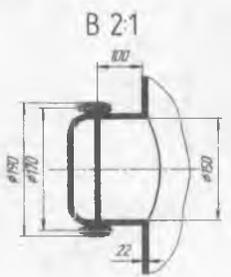
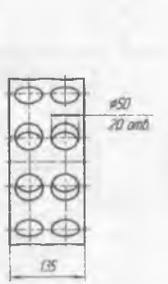
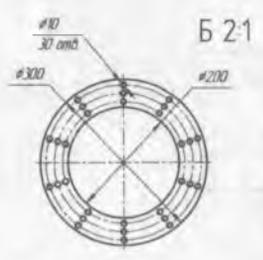
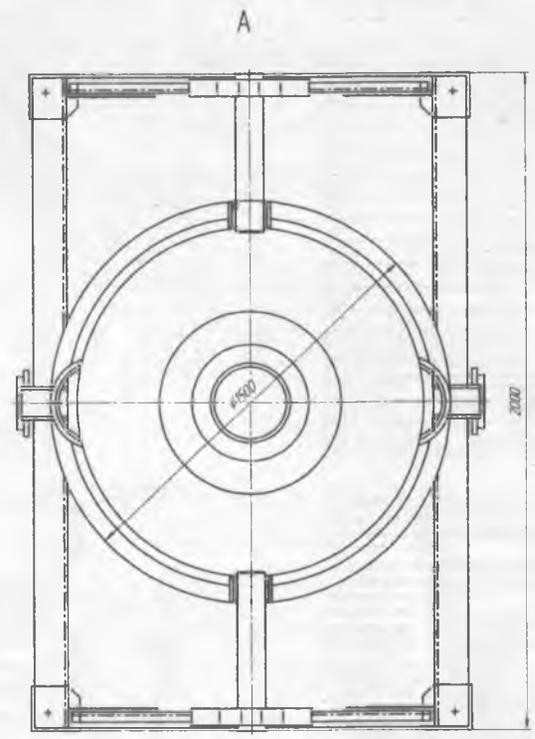
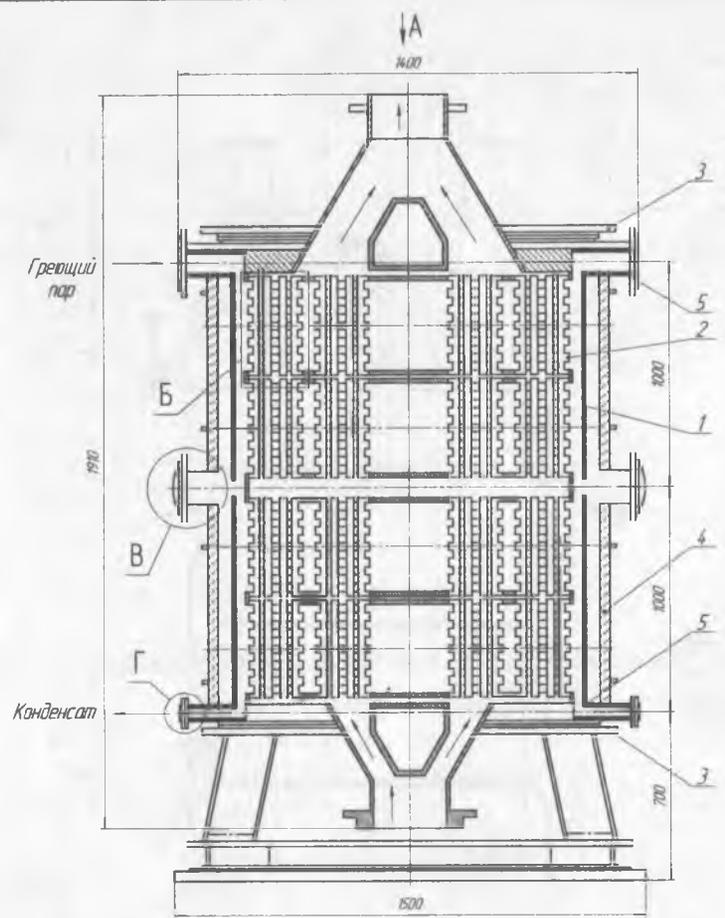
1. Аппарат предназначен для нагрева серной кислоты
2. Номинальный объем - 89,5 л/ч
3. Производительность - 89,5 л/ч
4. Рабочее давление - 0,34 МПа
5. Температура
 - а) насыщенного водяного пара - 137°C
 - б) серной кислоты при входе - 22°C, при выходе - 55°C
6. Среда в аппарате агрессивная коррозионная
7. Тип фланцев - приварные
8. Число фланцев - 5 шт

Технические требования

1. При изготовлении, испытании и поставке аппарата должны выполняться требования а) ГОСТ 12.2.003-74 "Оборудование производственное. Общие требования безопасности", в) ГОСТ 26-291-79 "Сосуды и аппараты стальные сварные. Технические требования", в) а также ЦМТУ - 01-5-67, ЦМТУ - 01-6-67, ЦМТУ - 01-7-67, ЦМТУ - 01-8-67, ЦМТУ - 01-9-67
2. Материал фланцев - графит, пропитанный фенол-формальдегидной смолкой. Материал деталей теплообменника, соприкасающихся с серной кислотой - ст 1Х2Н5Т ГОСТ 7350-66. Материал крышки, фланца опор и фланцев - ст 1Х2Н5Т
3. Аппарат испытывать на прочность и плотность гидравлически в вертикальном положении под давлением 0,34 МПа, в горизонтальном положении - наливом
4. Сварные соединения должны соответствовать требованиям СН 26-01-71-68 "Сварка в химической машиностроении"
5. Сварные швы в объеме 100 % контролировать рентгенодефектоскопически

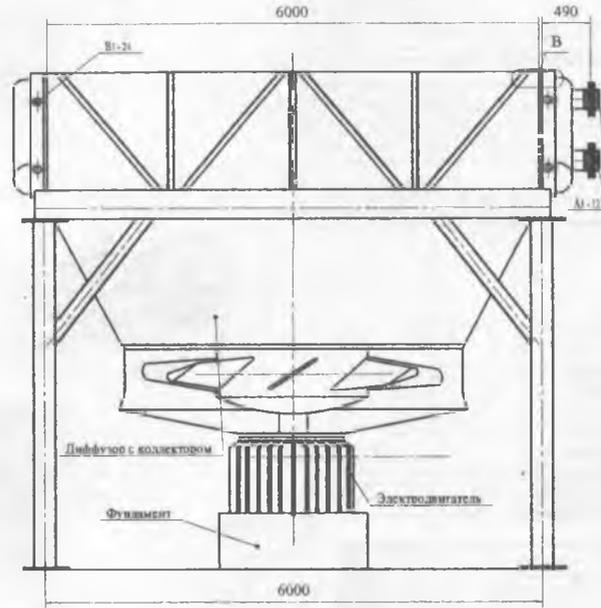
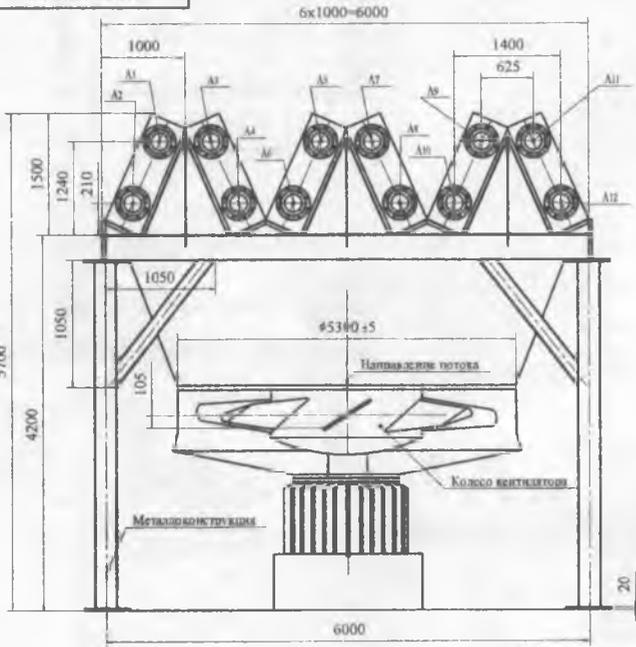
№	Обозначение	Наименование	Кол	Материал и направление	Примечание
1		Блок графитовый	5		Штифты
2		Крышка корабельная	9	1Х2Н5Т	
3		Фланец	2	1Х2Н5Т Ду=150	
4		Фланец	2	1Х2Н5Т Ду=100	
5		Фланец	1	1Х2Н5Т Ду=50	
6		Опора	2	1Х2Н5Т	
7		Внешне полусферическое	1	1Х2Н5Т	
8		Камера графитовая	2		
9		Крышка аппарата	1	1Х2Н5Т	
10		Плоский фланец	2	1Х2Н5Т	
11		Плоский фланец	18	1Х2Н5Т	
12		Отверстный фланец	2	1Х2Н5Т	
13		Болт М24х15	92	Сталь 35	
14		Гайка М24.2015	102	Сталь 20	
		ГОСТ 5915-70			

		2113281С6	
		Блок графитовый ИСПИТНИК	
		75	
		"Кустовый технологический институт"	
		ТКТИ	



Код	Знач	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
			Документация		
1			Металлический кожух		
2			Графитовый блок		
3			Металлические фланцы		
4			Анкерная связь		
5			Кривичи из графита		
21.14.282.СБ					
			Блок графитный		
			испыточный		15
			Жирефил петляющая изолон		ТКТИ
			на кувалетных кофетраки		до 40-12

2115.283.СБ



План расположения отверстий под фундаментные болты

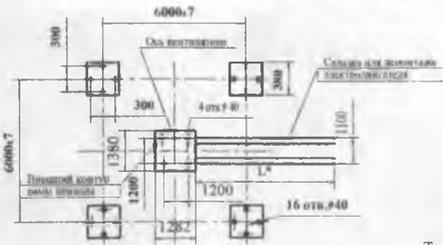
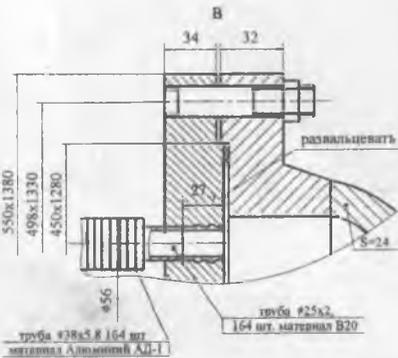


Таблица штуцеров

Обозначение	Назначение штуцера	Кол-во	Присоединительный диаметр, мм	Размеры штуцера, мм (наружный диаметр, толщина)	Давление условное, МПа	Давление фактическое, кг/см ²
A1-12	Вход (выход) продукта	12	80	89 6	0,6	6,0
B1-24	Воздушка	24	-	M16x1,5	0,6	6,0

Технические требования

- Изготовление, испытание, приемка аппарата в соответствии с ОСТ 26 - 291 - 94 Технические требования согласно ОСТ 26 - 02 - 1309 - 75.
- Материал аппарата - трубы В20, оребренные трубы-алюминий АД-1, трубные решетки - 09Г2С-12, крышки - 09Г2С-12, металлоконструкция - ст3сп5, фланцы арматурные - ст3сп5, прокладки ПОН.
- * Длина свлязох "L" устанавливается проектной организацией при привязке аппарата с учетом обеспечения возможности подъема привода

Техническая характеристика

Аппарат предназначен для охлаждения продукта		
Аппарат не подлежит действию "Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением"		
Аппарат не подлежит регистрации в органах Госгортехнадзора		
Поверхность теплообмена, м ² 8880		
Наименование	Межтрубное	Трубное
	Воздух	**
Среда	Наименование и состав	
	Класс опасности ГОСТ 12 1007-76	не классифицируется
	Пожароопасность ГОСТ 12 1004-91	не взрывоопасен
Температура стенки, °С	Допустимая рабочая	max 38,46 min минус20
	Расчетная	не требуется
	Рабочее	0,06 (0,6)
Давление, МПа (кгс/см ²)	Расчетное	не требуется
	Пробное гидравлическое	0,75 (7,5)
	Прибавка для компенсации коррозии, мм	2
Группа аппарата табл. 1, ОСТ 26-291-94	не классифицируется	1
Расчетный срок службы, лет		10
Размеры габаритные, не более, мм		
Дополнительные технические характеристики		
Температура рабочей среды, °С	max	38,4
	min	36,7
Внутренний объем, м ³ (литр)	не определяется	0,251 (251)
Класс герметичности по ОСТ 26 260 14-200		V
Место установки аппарата		На открытой площадке
Число циклов нагружения за весь срок службы, не более		1000
Сейсмичность, баллы, не более		9
Код ОКП		36 8121
Наименование		
Тип привода		от трехфазного электродвигателя
Шифр типа привода		ВЗТ
Тип электродвигателя		ВАСО 16-34-24
Номинальная мощность электродвигателя, кВт		90
Скорость вращения электродвигателя, об/мин		250
Наименование		
Диаметр колеса вентилятора, мм		5000
Количество лопастей, шт		4
Угол установки лопастей (теорет.)		0...25°

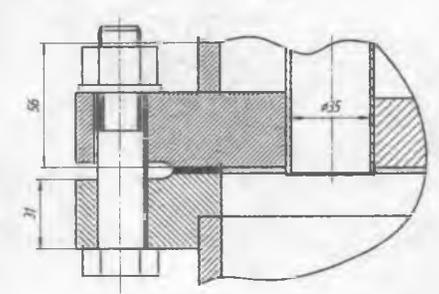
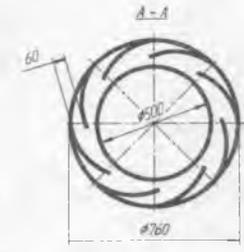
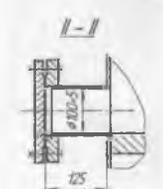
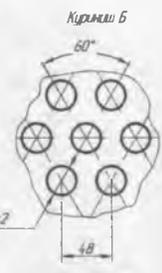
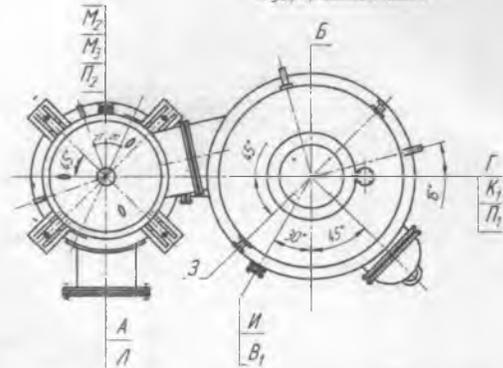
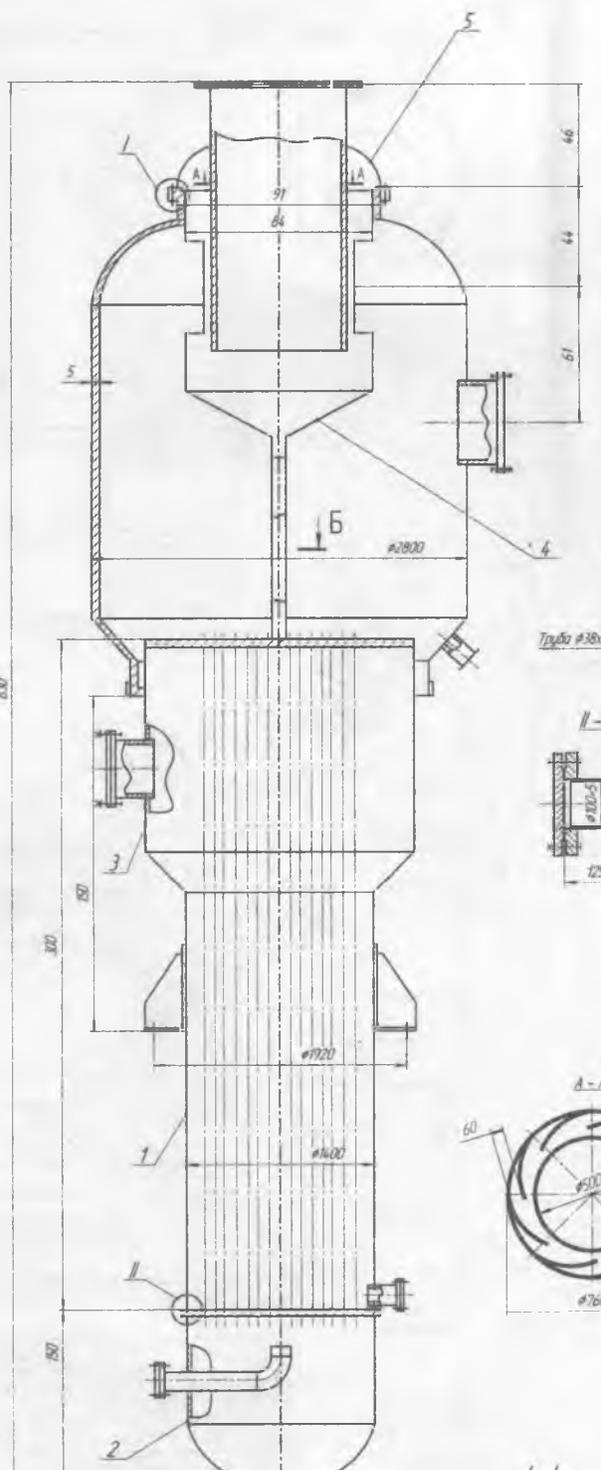
2115.283.СБ

Хорошо выполнен
содержит все детали
испытан

Лист	Меню	Исполнение
1	33490	-
Лист	Листов	
1	1	

"Киевский технологический жаропрочный институт"
кафедры

ТКТИ
до 41-561



Белгилеу нөмірі	Аты	Саны	Шартты ұзындығы, D мм	Шартты биіктігі, P мм
А1	Қызыл ағз чықарыш	1	250	0,6
Б1	Қызыл ағз чықарыш	1	400	0,6
В1-3	Эритме құрылыш	3	50	0,6
Г1-2	Эритме чықарыш	2	50	0,6
Д1	Конденсат чықарыш	1	40	0,6
Е1	Технологиялық	1	40	0,6
Ж1	Әйелі үлгі	1	40	0,6
И1	Технологиялық	1	50	0,6
К1-2	Төсем	2	40	0,6
Л1	Аппараттан чықарыш	1	32	0,6
М1-2	Судықпа	2	50	0,6
П1	Вандырынық	1	32	0,6
Р1-4	Қорық термометрлері	4	50	0,6
С1-4	Синий термометрлері	4	50	0,6
Т1	Манометр	1	50	0,6
У1-2	Лак	2	500	0,6
Ф1	Лак	1	300	0,6
Ц1	Лак	1	250	0,6
Ч1-8	Қурилыш айнасы	8	120	0,6
Ш1-8	Қурилыш айнасының айнасы	8	20	0,6
Щ1-2	Саты қорғасыны	2	20	0,6

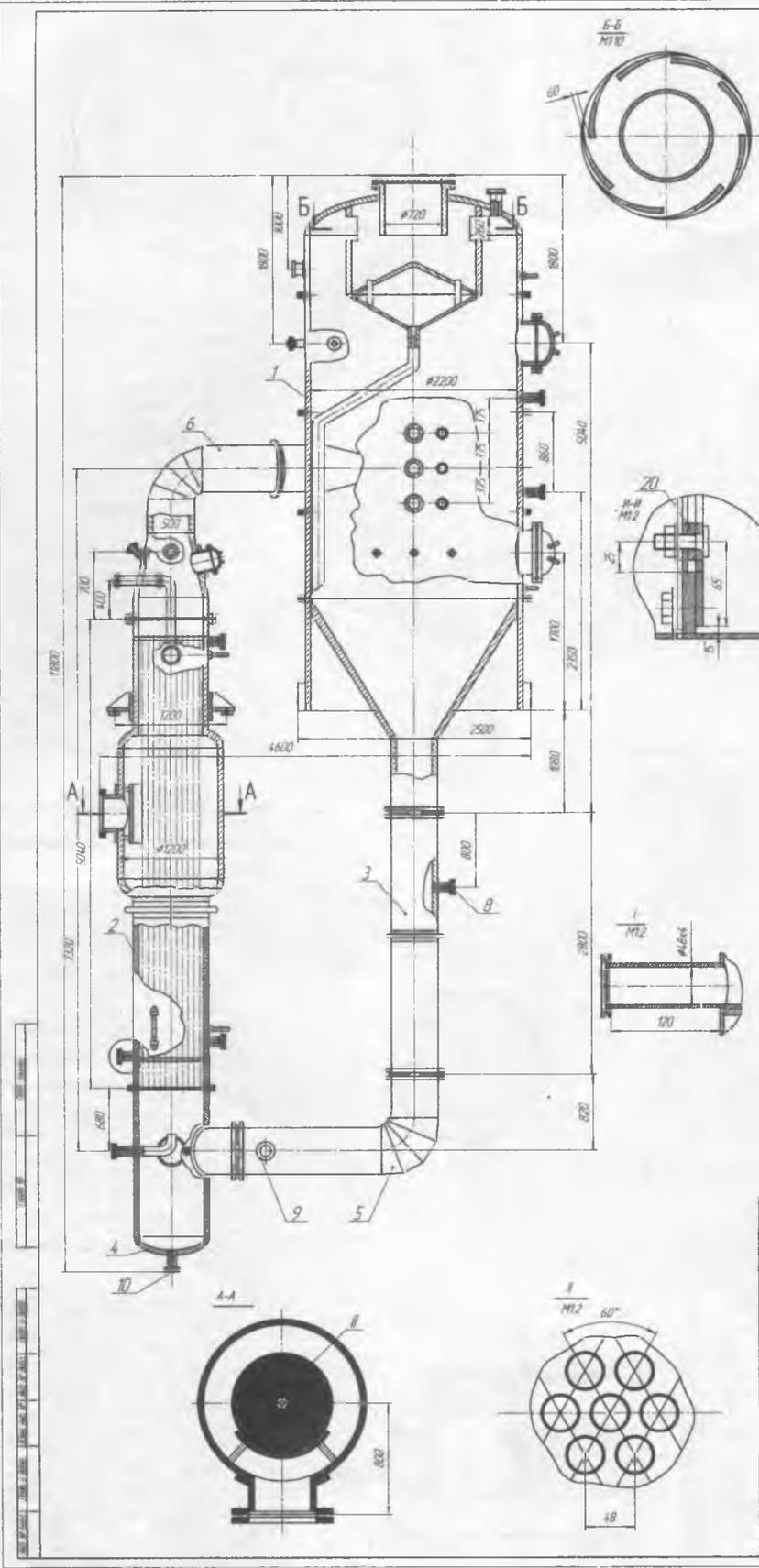
- Техник сипаттамасы
1. Аппарат биіксізден концентрациясы 9% нағыз булан КМО эритмесінен бұғалтылу үлгісін мұқаллаған
 2. Аппараттың нағыз биіктігі 22,5 м, трубаларына хағи 8,25 м³
 3. Эритменің ұндырағыш 14 кг/с
 4. Миссиялық айналымының өлшемі 50 м³
 5. Аппараттағы абсолют басым 0,5 МПа дан 0,02 МПа гаңа трубаларына жәа 0,6 дан 0,1 МПа гаңа
 6. Трубалардағы максимал температура 140 °С гаңа, трубаларына жәа 158 °С гаңа
 7. Аппараттағы да труба бүлшегідегі мидат каррозиян да эагарып

- Техник талаптар
1. Қурилыш 43P Дәділет техник мазарат құрылыш қанундарына мақ келіп керек
 2. Аппараттың тәуірлігін қурилыш қурилыштан фойдаланып ОСТ 26-291-79, ГОСТ 12.2.003-74
 3. Аппарат қорғасын да эритме бұғалатпаған эритме билан ишарыш детерлар Х18Н10Т ГОСТ 5632-72 пудадан қанғанғары жәа (Спелет ГОСТ 380-71 бүлімде тәуірлігін)
 4. Аппараттың қорғасын қолтаңда мұстаққанғарыш текширғын да гидравлик синий басым 0,9 МПа
 5. Пудадан бүлшегілер 100% ОСТ 26-291-79 бүлімде ренген мурлары билан текширғын ишарат. Элементідеден пудалы пудадан бүлшегілер ГОСТ 6032-75 бүлімде каррозияға каррозияға мазарат қилғаны шарт
 6. Франкларлар ПОН - 1 прандидан ГОСТ 481-71 бүлімде
 7. Қорғасынған ишарат 120 мм
 8. Штудерлар, лаклар, қурилыш айналарының қажып қойлышудың сценары қарғыз
 9. Үлгілер үлгісін маълумлар

Паз	Белгилеу нөмірі	Аты	Саны	Масса	Материал	Изақ
1	15.75.000.01	Сепаратор	1		Х18Н10Т	
2	15.75.000.02	Ишарыш қорғасын	1		Х18Н10Т	
3	15.75.000.03	Циркуляция труба	1		Х18Н10Т	
4	15.75.000.04	Қурилыш	1		Х18Н10Т	
5	15.75.000.05	Қолена	1		Х18Н10Т	
6	15.75.000.06	Қолена	1		Х18Н10Т	
7	15.75.000.07	Фланец	1		Х18Н10Т	
8	15.75.000.08	Фланец	1		Х18Н10Т	
9	15.75.000.09	Фланец	1		Х18Н10Т	
10	15.75.000.10	Фланец	1		Х18Н10Т	

21.17.285.С6

Бүлшегіш құрылымы	Масштаб	1:20
типті шжра 1	Ақ	1:20
Қимедей техникалық қараңғы (а қараңғы) қараңғы	Ақ	20 55-13



№	Агрегат	№	Штук	Длина	Диаметр
1	Внешний корпус	1	200	800	800
2	Внутренний корпус	1	400	800	800
3	Средняя часть	1	30	80	80
4	Вращающийся элемент	1	30	80	80
5	Соединитель	1	40	80	80
6	Соединитель	1	40	80	80
7	Соединитель	1	40	80	80
8	Соединитель	1	40	80	80
9	Соединитель	1	40	80	80
10	Соединитель	1	40	80	80

Техн. характеристики

1. Удельная концентрация 10% бетонной смеси
2. Диаметр трубы (мм)
3. Диаметр 4.7 кг/с
4. Испытательная нагрузка
5. Диаметр обмотки
6. Температура эксплуатации
7. Диаметр и толщина стенок
8. Коррозия

Техн. требования

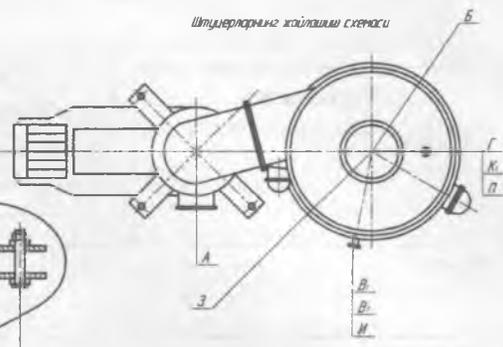
1. Диаметр обмотки по ГОСТ 26-01-112-79
2. Диаметр обмотки по ГОСТ 12.2.003.74
3. Диаметр обмотки по ГОСТ 5632-72
4. Диаметр обмотки по ГОСТ 380-71
5. Диаметр обмотки по ГОСТ 60-32-84
6. Диаметр обмотки по ГОСТ 26-430-72
7. Диаметр обмотки по ГОСТ 60-32-84
8. Диаметр обмотки по ГОСТ 26-430-72

№	Агрегат	№	Штук	Длина	Диаметр
1	Внешний корпус	1	200	800	800
2	Внутренний корпус	1	400	800	800
3	Средняя часть	1	30	80	80
4	Вращающийся элемент	1	30	80	80
5	Соединитель	1	40	80	80
6	Соединитель	1	40	80	80
7	Соединитель	1	40	80	80
8	Соединитель	1	40	80	80
9	Соединитель	1	40	80	80
10	Соединитель	1	40	80	80

2118.286.06	
Бюро технической документации	
лист 1 из 2	
Исполнитель: [Name]	
Проверщик: [Name]	
Дата: [Date]	

2121289.05

Штуцерларнинг жойлашми схемаси



Штуцерлар жадвали

Баги ларинчи	Намуниси	Сони	Штуцерни ўлчи ми D, мм	Штуцерни босим P, МПа
A	Истиқубий бўғимче чиқари	1	800	0,6
B	Иккиланган бўғимче чиқари	1	1200	0,6
B ₁	Зритманче чиқари	2	150	0,6
Г ₁	Зритманче чиқари	2	150	0,6
D	Канпенсацион чиқари	1	125	0,6
E	Технологик	1	125	0,6
X	Объём учун	1	80	0,6
З	Объём учун	1	100	0,6
Ик	Технологик	1	125	0,6
К ₁	Модбани анализга олиш	2	40	0,6
Л ₁	Сувқилини чиқариш	2	100	0,6
М ₁	Пурфай чиқариш	3	65	0,6
П	Атмосфера билан муносабат	1	50	0,6
Р ₁	Каршилик термометри учун	4	50	2,5
С ₁	Силобли термометри учун	4	50	2,5
Т	Манометр учун	1	50	1,6
У	Лик	1	500	0,6
Ф	Лик	1	500	0,6
Ц	Лик	1	500	0,6
Ч	Лик	1	500	0,6
Ш ₁	Қурашми ойнаси	4	125	0,6
Ш ₂	Объём учун	4	20	0,6
Э ₁	Сопи аналитик учун	2	20	0,6
В	Босимни тензотрансформатор	1	100	0,6

Техник харақатлари

1. Ҷибу қуришга бошланган концентративни 12% бўлган 1х1 зритманче чиқариш учун муқарраблина.
2. Қуришга хатми (наминил) 22,1 м³ тубдларига дишликни эса 4,1 м³.
3. Ҷибуларини 17,5 кг/с (бошланган зритми) ҳисобиди.
4. Иссиқлик айнашми вазни 315 м³.
5. Қуришдаги обастат босим 0,5 - 0,103 МПа тубдларига бушиқда эса 0,6 - 0,1 МПа.
6. Тубда каналлардаги максимал температура 140°С эми, тубдларига дишликда эса 150°С эми.
7. Қуришга ва тубдларига бушиқда муштар қоррозия фой ва зарари.

Техник талаблар

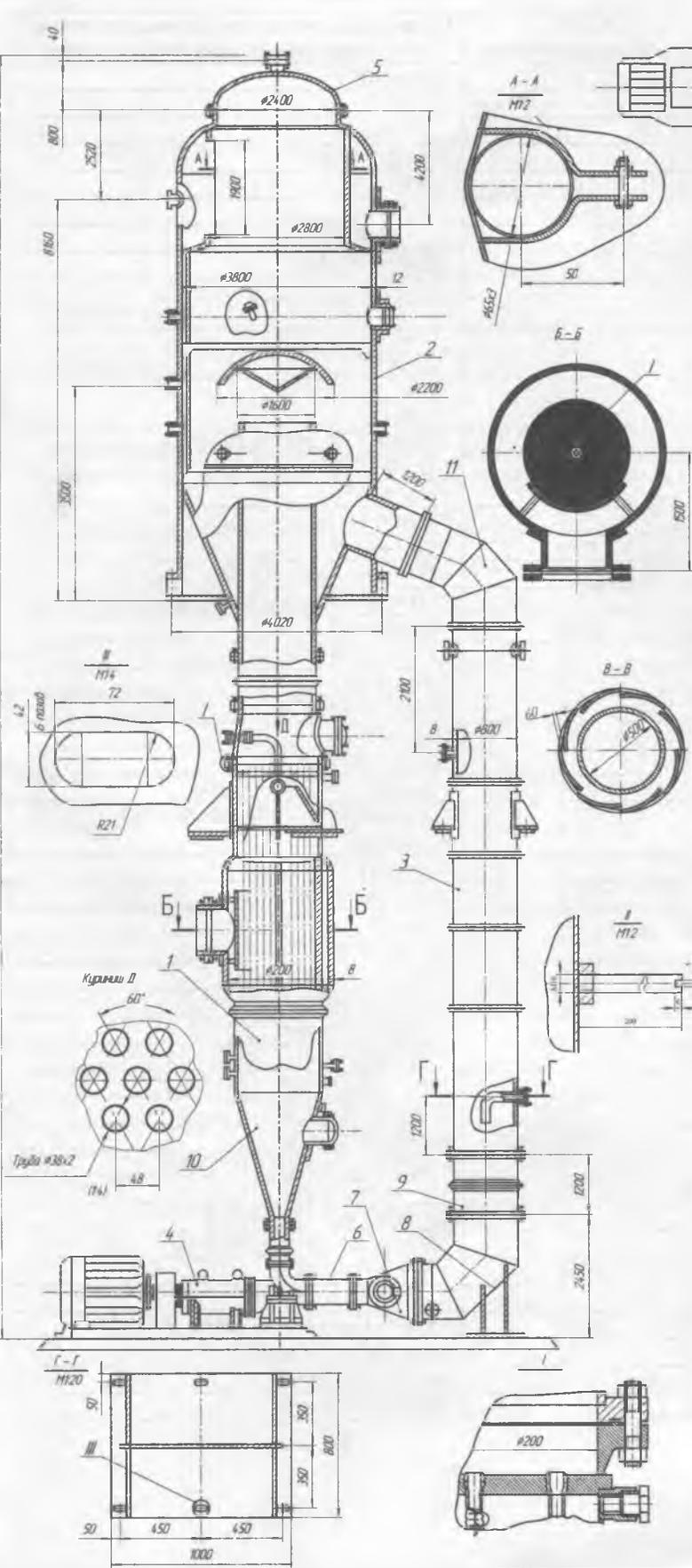
1. Қуришга материал харачини ОСТ 26-01-112-79 ГОСТ 12.2.003.74 дан фойдаланилиш.
2. Қуришми қоррозия фой мушт билан тегиб тубдми дедари ва деталлари 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72 бўлима қолган қисмлари эса Ст3 ГОСТ 380-71 бўлима таёрланисим.
3. Қуришми муқтараклиги ва зичлигини таъминлаш ҳолатида 0,9МПа гидравлик босимда текширилади.
4. Қуришга 4ФР Лаблат стандарти қонуридаги мақ келиши мушт.
5. Азирланган пурфайларни пайванд чиқари ГОСТ 60-32-84 асосида кристалларга қоррозияга қарши чақонликда текширилиш.
6. Қуришга ГОСТ 15180-85 ва ОСТ 26-430-72 ларга мушри келиши мушт.
7. Қуришми мушт штуцерларни боғанилиги 120 мм.
8. Штуцерларни хатми жойлаштирилиши сиемада берилган.

Поз	Нами	Сони	Масса	Материал нами	Экзплати
1	Истиқубий камера	1		Х18Н10Т	
2	Сепаратор	1		Х18Н10Т	
3	Циркуляцион тубда	1		Х18Н10Т	
4	Насос	1		Х18Н10Т	
5	Сепарацион	1		Х18Н10Т	
6	Учакма	1		Х18Н10Т	
7	Кануели нослана	1		Х18Н10Т	
8	Турсакли нослана	1		Х18Н10Т	
9	Канпенсацион шакма	1		Х18Н10Т	
10	Турсакли нослана	1		Х18Н10Т	
11	Дишми	1		Х18Н10Т	

2121289.05

Буғалатиш аппарати
тип 2 ижра 2
Жибули таъминлаш харақат
ди қуришми мушт

29.8m	140
18.7m	до 93-13



Ўлчов бирликлар орасидаги нисбатлар

Катталиклар	СИ бирликлар системаси	СИ ва бошқа система ва системадан ташқари ўлчов бирликлари орасидаги нисбатлар
Узунлик	м	1 мкм = 10^{-6}
		1 Å = 10^{-10}
		1 ft = 0,3048 m
		1 in = $25,4 \cdot 10^{-3}$ m
Масса	кг	1 т = 1000 кг
		1 ц = 100 кг
		1 lb = 0,454 кг
Температура	К	$t^{\circ}\text{C} = (t + 273,15)\text{K}$
		$t^{\circ}\text{F} = \left[\frac{5}{9}(t - 32) + 273,15 \right] \text{K}$
Бурчак	рад	$1^{\circ} = \frac{\pi}{180} \text{ рад}$
		$1' = \frac{\pi}{180} \text{ рад}$
Оғирлик	Н	1 айлана = 2π рад = 6,28 рад
		1 кг = 9,81 Н
		1 дин = 10^{-5} Н
		1 стен = 10^3 Н
Динамик ковушқоқлик коэффициентлари	Па·с	1 lbf = 4,45 Н
		1 П = 1 дин·с/см ² = 0,1 Па·с
		1 сП = 1/9810 кг·к/м ² = 10^{-3} Па·с
Кинематик ковушқоқлик коэффициентлари	м ² /с	1 lbf·s/ft ² = 47,88 Па·с
		1 Ст = 1 см ² /с = 10^{-4} м ² /с
		1 ft ² /s = 0,093 м ² /с
Босим	Па	1 ft ² /h = 25,81 м ² /с
		1 бар = 10^5 Па
		1 мбар = 100 Па
		1 дин/см ² = 1 мкбар = 0,1 Па
		1 кг·к/см ² = 1 ат = $9,81 \cdot 10^4$ Па = 735 мм.сим.уст
		1 кг·к/см ² = 9,81 Па
		1 мм. сув.ст. = 9,81 Па
		1 мм.сим.ст. = 133,3 Па
		1 lbf/in ² = 6894,76 Па
		1 lbf/ft ² = 47,88 Па
Диффузия коэффициентлари	м ² /с	1 lbf/ft ² = 47,88 Па
		1 ft ² /s = 0,0929 м ² /с
		1 кгк·м/с = 9,81 Вт
		1 эрг/с = 10^{-7} Вт
Кувват	Вт	1 ккал/ч = 1,163 Вт
		1 lbf·ft/s = 1,356 Вт
		1 эрг/см ² = 1 дин/см = 10^{-3} Ж/м ²
		1 л = 10^{-3} м ³ = 1 дм ³
Ҳажм	м ³	1 ft ³ = 28,3 дм ³ = $2,83 \cdot 10^{-2}$ м ³
		1 in ³ = 16,387 см ³ = $16,39 \cdot 10^{-6}$ м ³
		1 м ³ /т = 10^{-3} м ³ /кг
Солиштира ҳажм	м ³ /кг	1 дм ³ /кг = 1 см ³ /г = 10^{-3} м ³ /кг
		1 кгк·с ² /м ⁴ = 9,81 кг/м ³
Зичлик	кг/м ³	1 т/м ³ = 1 кг/дм ³ = 1 г/см ³ = 10^3 кг/м ³
		1 кгк·с ² /м ⁴ = 9,81 кг/м ³
		1 lb/ft ³ ≈ 16,02 кг/м ³
		1 lb/in ³ ≈ 27,68 кг/м ³

Иссиклик оқимининг зичлиги	Вт/м ²	1 ккал/(м ² ·ч) = 1,163 Вт/м ²
Юза	м ²	1 ft ² = 0.0929 м ²
		1 in ² = 6,451·10 ⁻⁴ м ²
Иш, энергия, иссиклик миқдори	Ж	1 кгс·м = 0,81 Ж
		1 эрг = 10 ⁻⁷ Ж
		1 ккал = 4,1868·10 ³ Ж = 4,19 кЖ
Иш, энергия, иссиклик миқдори	Ж	1 кгс·м = 0,81 Ж
		1 эрг = 10 ⁻⁷ Ж
		1 ккал = 4,1868·10 ³ Ж = 4,19 кЖ
		1 lbf·ft = 1.356 Ж
		1 lbf·in = 0.113 Ж
		1 BTU = 1055,1 Ж
Массавий сарф	кг/с	1 lb/s = 0.454 кг/с
		1 lb/h = 1,26·10 ⁻³ кг/с
Ҳажмий сарф	м ³ /с	1 л/мин = 16,67·10 ⁻⁶ м ³ /с
		1 ft ³ /s = 28,3·10 ⁻³ м ³ /с
		1 in ³ /s = 16,4·10 ⁻⁶ м ³ /с
Чизикли тезлик	м/с	1 ft/s = 0.3048 м/с
Бурчак тезлик	рад/с	1 айл/мин = π/30 рад/с
		1 айл/с = 2π рад/с
Солиштира иссиклик сизим	Ж/(кг·К)	1 ккал/(кг·°C) = 4,19 кЖ/(кг·К)
		1 эрг/(г·К) = 10 ⁻⁴ Ж/(кг·К)
		1 BTU/(lb·deg F) = 4,19 кЖ/(кг·К)
Иссиклик бериш коэффициенти, иссиклик ўтказиш коэффициенти	Вт/(м ² ·К)	1 ккал/(м ² ·ч·°C) = 1,163 Вт/(м ² ·К)
		1 BTU/(ft ² ·h·deg F) = 5,6 Вт/(м ² ·К)
Иссиклик ўтказувчанлик коэффициенти	Вт/(м·К)	1 ккал/(м·ч·°C) = 1.163 Вт/(м·К)
		1 BTU/(ft·h·deg F) = 1.73 Вт/(м·К)
Солиштира иссиклик	Ж/кг	1 ккал/кг = 1 кал/г = 4,19 кЖ/кг
Чизикли тезланиш	м/с ²	1 in/s ² = 25.4·10 ⁻³ м/с ²
		1 ft/s ² = 0.3048 м/с ²
Частота	Гц	1 Гц = 1 с ⁻¹
		1 айл/с = 1 Гц
		1 айл/мин = 1/60 Гц
Солиштира энгальпия	Ж/кг	1 ккал/кг = 1 кал/г = 4,19 кЖ/кг
		1 BTU/lb = 2326 Ж/кг
Солиштира энтропия	Ж/(кг·К)	1 ккал/(кг·°C) = 4,19 кЖ/(кг·К)
		1 BTU/(lb·deg F) = 4,19 кЖ/(кг·К)

Сувоқлик ва сувли эритмалар зичликларининг температурага боғликлиги

Модда	Зичлик кг/м ³							
	-20 °C	0 °C	20 °C	40 °C	60 °C	80 °C	100 °C	120°C
Азот кислотаси, 100%	1582	1547	1513	1478	1443	1408	1373	1338
« « 50%	-	1334	1310	1287	1263	1238	1212	1186
Сувоқ аммиак	665	639	610	580	545	510	462	390
Амиакли сув 25%	-	918	907	897	887	876	866	856
Анилин	-	1039	1022	1004	987	969	952	933
Ацетон	835	813	791	768	746	719	693	665
Бензол	-	900	879	858	836	815	793	769
Бутил спирти	838	824	810	795	781	766	751	735
Сув	-	1000	998	992	983	972	958	943
Гексан	693	677	660	641	622	602	581	559
Глицерин , 50%	-	1136	1126	1116	1106	1006	996	986
Диоксид серы	1484	1434	1383	1327	1264	1193	1111	1010
Дихлоретан	1310	1282	1254	1224	1194	1163	1133	1102
Диетилли эфир	758	736	714	689	666	640	611	576
Изопропилли спирт	817	801	785	768	752	735	718	700
Хлорли кальций, 25%	1248	1239	1230	1220	1210	1200	1190	1180
М- ксилол	-	882	865	847	831	796	796	77
Метил спирт 100%	828	810	792	774	756	736	714	-
« « 40%	-	946	935	924	913	902	891	880
Муравьиная кислота	-	1244	1220	1195	1171	1147	1121	1096
Натр едкий, 50% раствор	-	1540	1525	1511	1497	1483	1469	1454
« « 40%	-	1443	1430	1416	1403	1389	1375	1360
« « 30%	-	1340	1328	1316	1303	1289	1276	1261
« « 20%	-	1230	1219	1208	1196	1183	1170	1155
« « 10%	-	1117	1109	1100	1089	1077	1064	1049
Натрий хлороситый, 20%	-	1157	1148	1189	1130	1120	1110	1100
Нитробензол	-	1223	1203	1183	1163	1143	1123	1103
Октан	734	718	702	686	669	653	635	617
Олеум, 20%	-	1922	1896	1870	1844	1818	1792	1766
Пропил спирт	-	819	804	788	770	752	733	711
Серная кислота , 98%	-	1857	1837	1817	1798	1779	1761	1742
« « 92%	1866	1845	1824	1803	1783	1765	1744	1723
« « 75%	1709	1689	1669	1650	1632	1614	1597	1580
« « 60%	1532	1515	1498	1482	1466	1450	1434	1418
Сероуглерод	1323	1293	1263	1233	1200	1165	1125	1082
Соляная кислота, 30%	1173	1161	1149	1138	1126	1115	1103	1090
Толуол	902	884	866	847	828	808	788	766
Уксус кислота, 100%	-	1072	1048	1027	1004	981	958	922
« « 50%	-	1074	1058	1042	1026	1010	994	978
Фенол	-	-	1075	1058	1040	1022	1003	987
Хлорбензол	1150	1128	1107	1085	1065	1041	1021	995
Хлороформ	1563	1526	1489	1450	1411	1380	1326	1280
Турт хлорли углерод	1670	1633	1594	1556	1517	1471	1434	1390
Этлацетат	947	924	901	876	851	825	797	768
Этиловий спирт, 100%	823	806	789	772	754	735	716	693
« « 80%	-	857	843	828	813	797	783	768
« « 60%	-	904	891	878	864	849	835	820
« « 40%	-	947	935	923	910	897	885	872
« « 20%	-	977	969	957	946	934	922	910

Айрим суюкликлар зичликлари

Суюклик	Зичлиги кг/м ³	Суюклик	Зичлиги кг/м ³
Азот кислота, 92%	1500	Серная кислота , 30%	1220
Аммиак, 26%	910	Соляная кислота, дымящая	1210
Бензин	760	Уксусная кислота , 70%	1070
Глицерин, 100%	1270	« « 30%	1040
Глицерин. 80%	1130	Хлороформ	1530
Диэтиловый эфир	710	Четыреххлористый углерод	1630
Керосин	850	Этилацетат	900
Ксилол	880	Этиленхлорид	1280
Мазут	890-950	Этил спирти, 100%	790
Метил спирти, 90%	820	Этил спирти, 70%	850
Метил спирти, 30%	950	Этил спирти, 40%	920
Нафталин	1100	Этил спирти, 10%	980
Нефть	790-950		
Ртуть	13600		

Сувнинг физик хоссалари (760 мм.сим.уст. босимда)

t, °C	ρ , кг/м ³	i, кЖ/(кг·К)	c_p , кЖ/(кг·К)	$\lambda \cdot 10^2$, Вт/(м·К)	$\alpha \cdot 10^8$, м ² /с	$\mu \cdot 10^6$, Па·с	$\nu \cdot 10^6$, м ² /с	Pr
0	999,9	0	4,212	55,1	13,1	1788	1,789	13,67
10	999,7	42,0	4,191	57,4	13,7	1306	1,306	9,52
20	999,2	83,9	4,183	59,9	14,3	1044	1,006	7,02
30	995,7	125,7	4,174	61,8	14,9	801,5	0,805	5,42
40	992,2	167,5	4,174	63,5	15,3	653,3	0,659	4,31
50	988,1	209,3	4,174	64,8	15,7	549,4	0,556	3,54
60	983,1	251,1	4,179	65,9	16,0	469,9	0,478	2,98
70	977,8	293,0	4,187	66,8	16,3	406,1	0,415	2,55
80	971,8	355,0	4,195	67,4	16,6	355,1	0,365	2,21
90	965,3	377,0	4,208	68,0	16,8	314,9	0,326	1,95
100	958,4	419,1	4,220	68,3	16,9	282,5	0,295	1,75

Хавонинг физик хоссалари (760 мм.сим.уст. босимда)

t, °C	ρ , кг/м ³	c_p , кЖ/(кг·К)	$\lambda \cdot 10^2$, Вт/(м·К)	$\alpha \cdot 10^8$, м ² /с	$\mu \cdot 10^6$, Па·с	$\nu \cdot 10^6$, м ² /с	Pr
0	1,293	1,005	2,44	18,8	17,2	13,28	0,707
20	1,205	1,005	2,59	21,4	18,1	15,06	0,703
40	1,128	1,005	2,76	24,3	19,1	16,96	0,699
60	1,060	1,005	2,90	27,2	20,1	18,97	0,696
80	1,000	1,009	3,05	30,2	21,1	21,09	0,692
100	0,946	1,009	3,21	33,6	21,9	23,13	0,688
120	0,898	1,009	3,34	36,8	22,8	25,45	0,686
140	0,854	1,013	3,49	40,3	23,7	27,80	0,684
160	0,815	1,017	3,64	43,9	24,5	30,09	0,682
180	0,779	1,022	3,78	47,5	25,3	32,49	0,681
200	0,746	1,026	3,93	51,4	26,0	34,85	0,680

Айрим газларнинг физик хоссалари

Номи	Формула	Зичлик	Молек. масса	Солишт.	Кайнаш темпер.	Бугланиш иссиқлиги,	Динамик ковушқок. Кэф.
		0°С ва 760 мм.с.и.м.уст.		исс.сигим 20°С ва P _{ак} = 0,1 МПа			
		кг/м ³	ср. кЖ/(кг·К)				
Азот	N ₂	1,25	28	1,05	-195,8	199,4	17,0
Аммиак	NH ₃	0,77	17	2,22	-33,4	1374	9,18
Аргон	Ar	1,78	39,9	0,53	-185,9	163	20,9
Ацетилен	C ₂ H ₂	1,17	26	1,68	-83,7	830	9,35
Бензол	C ₆ H ₆	-	78,1	1,25	80,2	394	7,20
Бутан	C ₄ H ₁₀	2,67	58,1	1,92	-0,5	387	8,10
Хаво	-	1,29	29	1,01	-195	197	17,3
Водород	H ₂	0,09	2,02	14,3	-252,8	455	8,42
Гелий	He	0,18	4	5,28	-268,9	19,5	18,8
Азот диоксида	NO ₂	-	46	0,804	21,2	712	-
Олтингургурт диок.	SO ₂	2,93	64,1	0,633	-10,8	394	11,7
Углерод диоксида	CO ₂	1,98	44,0	0,838	-78,2	574	13,7
Кислород	O ₂	1,43	32	0,912	-183	213	20,3
Метан	CH ₄	0,72	16	2,23	-161,6	511	10,3
Углерод оксиди	CO	1,25	28	1,05	-191,5	212	16,6
Пентаи	C ₅ H ₁₂	-	72,2	1,72	36,1	360	8,74
Пропан	C ₃ H ₈	2,02	44,1	1,87	-42,1	427	7,95
Пропилен	C ₃ H ₆	1,91	42,1	1,63	-47,7	440	8,35
Водород сульфид	H ₂ S	1,54	34,1	1,06	-60,2	548	11,66
Хлор	Cl ₂	3,22	70,9	0,484	-33,8	306	12,9
Хлорли метил	CH ₃ Cl	2,30	50,5	0,742	-21,4	406	9,09
Этан	C ₂ H ₆	1,36	30,1	1,73	-88,5	486	8,50
Этилен	C ₂ H ₄	1,26	28,1	1,53	-103,7	482	9,85

И6 – жадвал

ковушкоқлик коэффициентининг температурага боғлиқлиги

Модда	Динамик ковушкоқлик коэффициенти $\mu 10^3$, Па·с							
	-20°C	0°C	20°C	40°C	60°C	80°C	100°C	120°C
Азот кислотаси, 100%	1,49	1,05	0,80	0,64	0,50	0,39	0,35	0,31
« « 50%	-	3,05	1,88	1,28	0,90	0,68	0,53	0,44
Суюк аммиак	0,26	0,24	0,226	0,28	0,19	-	-	-
Амиакли сув 25%	-	-	1,30	0,85	0,60	0,42	0,32	0,23
Анилин	-	10,2	4,40	2,30	1,50	1,10	0,80	0,59
Ацетон	0,5	0,44	0,36	0,32	0,23	0,20	0,17	0,15
Бензол	-	0,91	0,65	0,49	0,39	0,33	0,26	0,22
Бутил спирти	10,3	5,19	2,95	1,78	1,14	0,76	0,54	0,38
Сув	-	1,79	1,00	0,65	0,47	0,36	0,28	0,23
Гексан	0,48	0,39	0,32	0,26	0,22	0,19	0,16	0,13
Глицерин, 50%	-	12	6,05	3,50	2	1,20	0,73	0,45
Олтигусгурт диоксиди	0,46	0,37	0,304	-	-	-	-	-
Дихлорэтан	1,54	1,08	0,84	0,65	0,51	0,42	0,36	0,31
Диэтил эфири	0,36	0,29	0,24	0,20	0,17	0,14	0,12	0,10
Изопропил спирти	10,1	4,60	2,39	1,33	0,80	0,52	0,38	0,29
Хлорли кальций, 25%	10,6	4,47	2,74	1,85	-	-	-	-
Метил спирт 100%	1,16	0,82	0,58	0,45	0,35	0,29	0,24	0,21
Метил спирт 40%	-	3,65	1,84	-	-	-	-	-
Муравьиная кислота	-	-	1,78	1,22	0,89	0,68	0,54	0,4
Натр едкий, 50%	-	-	-	25	8,03	5,54	3,97	3,42
« « 40%	-	-	40	14	5,54	107	2,72	2,37
« « 30%	-	-	13	6,30	3,62	95,3	1,82	1,71
« « 20%	-	-	4,48	2,48	2,16	83,2	1,15	1,08
« « 10%	-	-	1,86	1,16	1,27	73	0,65	0,60
Хлорли натрий, 20%	-	2,67	1,56	1,03	0,74	0,57	0,46	0,38
Нитробензол	-	3,09	2,01	1,44	1,09	0,87	0,70	0,58
Октан	0,97	0,70	0,54	0,43	0,35	0,29	0,24	0,21
Олеум	-	95	36,6	20,8	9	5,30	-	-
Серная кислота, 98%	-	55	25,8	12,9	7,50	4,10	2,70	2
« « 92%	130	48	23,1	11,8	6,70	3,80	2,50	1,95
« « 75%	95	30	13,9	8,10	4,60	2,80	1,90	1,45
« « 60%	20	10,5	5,52	3,42	2,40	1,50	1,07	0,90
Сероуглерод	0,56	0,43	0,36	0,29	0,25	0,21	0,19	0,17
Хлорид кислота, 30%	-	-	1,7	1,3	-	-	-	-
Толуол	1,06	0,77	0,58	0,46	0,38	0,32	0,27	0,23
Сирка кислота, 100%	-	-	1,22	0,90	0,70	0,46	0,46	0,37
« « 50%	-	4,35	2,21	1,35	0,92	0,65	0,5	0,4
Фенол	-	-	11,6	4,77	2,56	1,59	1,05	0,78
Хлорбензол	1,48	1,06	0,80	0,64	0,52	0,435	0,37	0,32
Хлороформ	0,90	0,70	0,57	0,46	0,39	0,33	0,29	0,26
Турт хлорли углерод	1,90	1,35	0,97	0,74	0,59	0,472	0,387	0,323
Этлацетат	0,79	0,58	0,45	0,36	0,297	0,248	0,21	0,178
Этиловый спирт, 100%	2,38	1,78	1,19	0,82	0,591	0,435	0,326	0,248
« « 80%	-	3,69	2,01	1,20	0,79	0,57	0,52	0,43
« « 60%	-	3,75	2,67	1,45	0,90	0,60	0,45	0,34
« « 40%	-	7,14	2,91	1,48	0,89	0,60	0,44	0,34
« « 20%	-	5,32	2,18	1,16	0,74	0,51	0,38	0,30

Суюқлик ва сувли эритмалар сиртий таранглигининг температурага боғлиқлиги

Вешество	Сиртий таранглик $\sigma \cdot 10^3$, Н/м							
	-20°C	0°C	20°C	40°C	60°C	80°C	100°C	120°C
Азот кислотаси, 100%	48,3	44,8	41,4	38,2	35,2	32,4	29,8	27,4
« « 50%	-	68,2	65,4	62,2	58,8	55,2	51,5	47,5
Суюк амиак	38	27	21,2	16,8	12,8	-	-	-
Амиакли сув 25%	-	65,7	62,9	59,7	56,3	52,7	49	45
Анилин	-	-	42,9	40,6	38,3	36	33,7	31,4
Ацетон	28,7	26,2	23,7	21,2	18,6	16,2	13,8	11,4
Бензол	-	31,7	29	26,3	23,7	21,3	18,8	16,4
Бутил спирти	28	26,2	24,6	22,9	21,2	19,5	17,8	16
Сув	-	75,6	72,8	69,6	66,2	62,6	58,9	54,9
Гексан	22,6	20,5	18,4	16,3	14,2	12,1	10	7,9
Глицерин, 50%	-	72,4	69,6	66,4	63	59,4	55,7	51,7
Диоксид серы	31	26,8	22,7	18,8	14,8	-	-	-
Диетилли эфир	22	19,5	17	14,6	12,4	10,2	8	6,1
Дихлоретан	37,8	35	32,2	29,5	26,7	24	21,3	18,6
Изопропилли спирт	24,7	23,2	21,7	20,1	18,5	17	15,5	14
Хлорли кальций, 25%	89,4	86,6	83,8	80,6	77,2	73,6	69,9	65,9
Метил спирт 100%	26,6	24,5	22,6	20,9	19,3	17,6	15,7	13,6
Муравьиная кислота	-	39,8	37,6	35,5	33,3	31,2	29	26,8
Натр едкий, 50%	-	-	130	130	129	129	128	128
« « 40%	-	-	108	108	107	107	106	106
« « 30%	-	-	97	96,4	95,8	95,3	94,4	93,6
« « 20%	-	-	85,8	85	84,7	83,2	81,3	79,6
« « 10%	-	-	77,3	76,1	75	73	70,7	69
Хлорли натрий, 20%	-	82,6	79,8	76,6	73,2	69,6	65,9	61,9
Нитробензол	-	46,4	43,9	41,4	39	36,7	34,4	32,2
Октан	25,8	23,8	21,8	19,8	17,9	15,9	13,9	11,9
Серная кислота, 98%	-	55,9	55,1	54,3	53,7	53,1	52,5	51,9
« « 92%	63	61,9	60,9	60,9	60,3	59,7	59,1	58,5
« « 75%	74,1	73,6	73,1	72,6	72,1	71,6	71,1	70,6
« « 60%	77,3	76,7	76,1	75,4	74,5	73,6	72,7	71,8
Сероуглерод	38,3	35,3	32,3	29,4	26,5	23,6	20,7	17,8
Соляная кислота, 30%	-	72,6	69,8	66,6	63,2	59,6	55,9	51,9
Толуол	33	30,7	28,5	26,2	23,8	21,5	19,4	17,3
Уксус кислота, 100%	-	29,7	27,8	25,8	23,8	21,8	19,8	18
« « 50%	-	43	40	37	33	30	27	24
Фенол	-	43,1	40,9	38,8	36,6	34,4	32,2	30
Хлорбензол	38,4	36	33,6	31,1	28,8	26,5	24,1	21,8
Хлороформ	32,8	30	27,2	24,4	21,7	19	16,3	13,6
Тўрт хлорли углерод	31	29,5	26,9	24,5	22	19,6	17,3	15,1
Этлацетат	29,5	26,9	24,3	21,7	19,2	16,8	14,4	12,1
Этиловий спирт, 100%	25,7	25,7	24	22,3	20,6	19	17,3	15,5
« « 80%	-	26	25	23	21	20	18	16
« « 60%	-	28	27	25	23	22	20	18
« « 40%	-	32	30	28	26	24	22	19
« « 20%	-	40	38	36	33	31	29	27

Суюқлик ва сувли эритмалар иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентлари

Модда	Концентрация, %(масс.)	Температура, °С	Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти, Вт/м·К
BaCl ₂	21	32	0.58
KBr	40	32	0.53
KOH	21	32	0.58
	42	32	0.55
K ₂ SO ₄	10	32	0.60
KCl	15	32	0.58
	30	32	0.56
MgSO ₄	22	32	0.59
MgCl ₂	11	32	0.58
	29	32	0.52
CuSO ₄	18	32	0.58
NaBr	20	32	0.57
	40	32	0.54
Na ₂ CO ₃	10	32	0.58
NaCl	12.5	32	0.58
H ₂ SO ₄	30	32	0.52
	60	32	0.44
	90	32	0.35
HCl	12.5	32	0.52
	25	32	0.48
	38	32	0.44
Суюқ аммиак	100	0	0.541
	100	100	0.314
Дихлорэтан	100	0	0.1396
Сирка кислота	50	0	0.314
	50	100	0.477
Хлорбензол	100	0	0.132
	100	100	0.1128
Хлороформ	100	0	0.142
	100	100	0.0919

И9 – жадвал

Р_{абс}=1 да газларнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентлари

Газ	Температура, °С			
	0	50	100	200
Азот	0.0233	0.0267	0.0314	0.0384
Аммиак	0.0209	0.0256	0.0314	-
Водород	0.1628	0.1861	0.2210	0.2559
Сув буги	0.0163	0.0198	0.0244	0.0326
Хаво	0.0244	0.0279	0.0326	0.0395
Кислород	0.0244	0.0291	0.0326	0.0407
Метан	0.0302	0.0361	0.0465	-
Углерод оксиди	0.0221	0.0244	-	-
Углерод диоксиди	0.0140	0.0186	0.0233	0.0314
Этан	0.0174	0.0233	0.0314	-
Этилен	0.0163	0.0209	0.0267	-

И10 – жадвал

Суюқликларнинг ҳажмий кенгайиш коэффициентлари (~20°C)

Суюқлик	$\beta \cdot 10^5$, 1/К	Суюқлик	$\beta \cdot 10^5$, 1/К
Бензин	125	Пентан	159
Глицерин	53	CaCl ₂ , 6%-ли эритмаси	25
Керосин	100	CaCl ₂ , 41%-ли эритмаси	46
μ-ксилол	101	NaCl, 26%-ли эритмаси	44
Оливка мойи	70	Скипидар	94
Парафин мойи	90	Амил спирти	93

И11 – жадвал

Суюқлик ва сувли эритмалар ҳажмий кенгайиш коэффициенти β нинг температурага боғлиқлиги

Модда	$\beta \cdot 10^3$							
	-20°C	0°C	20°C	40°C	60°C	80°C	100°C	120°C
Азот кислота, 50%	-	0,84	0,88	0,92	0,97	1,03	1,09	-
Суюқ аммиак	1,84	2,15	2,42	2,80	3,20	4,30	6,20	14,5
Анилин	-	0,83	0,84	0,86	0,88	0,91	0,95	1,01
Ацетон	1,31	1,35	1,43	1,52	1,62	1,88	2,00	2,12
Бензол	-	1,18	1,22	1,26	1,30	1,37	1,43	1,57

Атмосфера босимида қайнайдиган айрим сувли эритмалар концентрациялари

Модда	Қайнаш температураси, °С								
	101	102	103	104	105	107	110	115	120
CaCl ₂	5.660	10.31	14.16	17.36	20.00	24.24	29.33	35.68	40.83
KOH	4.490	8.510	11.97	14.82	17.01	20.88	25.65	31.97	36.51
KCl	8.420	14.31	18.96	23.02	26.57	32.62	-	-	-
K ₂ CO ₃	10.31	18.37	24.24	28.57	32.24	37.69	43.97	50.86	56.04
KNO ₃	13.19	23.66	32.23	39.20	45.10	54.65	65.34	79.53	-
MgCl ₂	4.670	8.420	11.66	14.31	16.59	20.32	24.41	29.48	33.07
MgSO ₄	14.31	22.78	28.31	32.23	35.32	42.86	-	-	-
NaOH	4.120	7.400	10.15	12.51	14.53	18.32	23.08	26.21	33.77
NaCl	6.19	11.03	14.67	17.69	20.32	25.09	-	-	-
NaHO ₃	8.260	15.61	21.87	27.53	32.43	40.47	49.87	60.94	68.94
Na ₂ SO ₄	15.26	24.81	30.73	-	-	-	-	-	-
Na ₂ CO ₃	9.420	17.22	23.72	29.18	33.86	-	-	-	-
CuSO ₄	26.95	39.98	40.83	44.47	-	-	-	-	-
ZnSO ₄	20.00	31.22	37.89	42.92	46.15	-	-	-	-
NH ₄ NO ₃	9.090	16.66	23.08	29.08	34.21	42.92	51.92	63.24	71.26
NH ₄ Cl	6.100	11.35	15.96	19.80	22.89	28.37	35.98	46.95	-
(NH ₄) ₂ SO ₄	13.34	23.14	30.65	36.71	41.79	49.73	-	-	-

Модда	Қайнаш температураси, °С								
	125	140	160	180	200	220	240	260	300
CaCl ₂	45,80	57,89	68,94	75,85	-	-	-	-	-
KOH	40,23	48,05	54,89	60,41	64,91	68,73	72,46	75,76	81,63
KCl	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K ₂ CO ₃	60,40	-	-	-	-	-	-	-	-
KNO ₃	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MgCl ₂	36,02	38,61	-	-	-	-	-	-	-
MgSO ₄	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NaOH	37,58	48,32	60,13	69,97	77,53	84,03	88,89	93,02	98,47
NaCl	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NaHO ₃	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Na ₂ SO ₄	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Na ₂ CO ₃	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CuSO ₄	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ZnSO ₄	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NH ₄ NO ₃	9.090	16.66	23.08	29.08	34.21	42.92	51.92	63.24	71.26
NH ₄ Cl	6.100	11.35	15.96	19.80	22.89	28.37	35.98	46.95	-
(NH ₄) ₂ SO ₄	13.34	23.14	30.65	36.71	41.79	49.73	-	-	-

Температуралар -20 дан 100°C ача ўзгарганда туйинган сув бугининг босими

t, °C	p, мм.рт.ст.								
-20	0,772	5	6,540	30	31,82	55	118,0	80	355,1
-19	0,850	6	7,010	31	33,70	56	123,8	81	369,7
-18	0,935	7	7,510	32	35,66	57	129,8	82	384,9
-17	1,027	8	8,050	33	37,73	58	136,1	83	400,6
-16	1,128	9	8,610	34	39,90	59	142,6	84	416,8
-15	1,238	10	9,210	35	42,18	60	149,4	85	433,6
-14	1,357	11	9,840	36	44,56	61	156,4	86	450,9
-13	1,486	12	10,52	37	47,07	62	163,8	87	468,7
-12	1,627	13	11,23	38	49,65	63	171,4	88	487,1
-11	1,780	14	11,99	39	52,44	64	179,3	89	506,1
-10	1,946	15	12,79	40	55,32	65	187,5	90	525,8
-9	2,125	16	13,63	41	58,34	66	196,1	91	546,1
-8	2,321	17	14,53	42	61,50	67	205,0	92	567,0
-7	2,532	18	15,48	43	64,80	68	214,2	93	588,6
-6	2,761	19	16,48	44	68,26	69	223,7	94	610,9
-5	3,008	20	17,54	45	71,88	70	233,7	95	633,9
-4	3,276	21	18,65	46	75,65	71	243,9	96	657,6
-3	3,566	22	19,83	47	79,60	72	254,6	97	682,1
-2	3,879	23	21,07	48	83,71	73	265,7	98	707,3
-1	4,216	24	22,38	49	88,02	74	277,2	99	733,2
0	4,579	25	23,76	50	92,51	75	289,1	100	760,0
+1	4,930	26	25,21	51	97,20	76	301,4	-	-
2	5,290	27	26,74	52	102,1	77	314,1	-	-
3	5,690	28	28,35	53	107,2	78	327,3	-	-
4	6,100	29	30,04	54	112,5	79	341,0	-	-

И14 – жадвал

Р_{абс}=1 да айрим бинар системалар учун суюклик ва бугнинг мувозанат таркиблари

Метил спирт - сув			Хлороформ - бензол		
t, °C	% (мол.) метил спирти		t, °C	% (мол.) хлороформ	
	суюклик учун	буг учун		суюклик учун	буг учун
100.0	0	0	80.6	0	0
96.4	2	13.4	79.8	8	10
93.5	4	23.0	79.0	15	20
91.2	6	30.4	78.2	22	30
87.7	10	41.8	77.3	29	40
81.7	20	57.9	76.4	36	50
78.0	30	66.5	75.3	44	60
75.3	40	72.9	74.0	54	70
73.1	50	77.9	71.9	66	80
71.2	60	82.5	68.9	79	90
69.3	70	87.0	61.4	100	100
67.5	80	91.5	-	-	-
66.0	90	95.8	-	-	-
64.5	100	100	-	-	-
Сув -- сирка кислота			Азот - кислород		
t, °C	% (мол.) сув		t, °C	% (мол.) азот	
	суюклик учун	буг учун		суюклик учун	буг учун
118.1	0	0	90.1	0	0
115.4	5	9.2	89.5	3.5	13.0
113.8	10	16.7	89	6.2	20.2
110.1	20	30.2	88	11.5	30.4
107.5	30	42.5	87	17.1	39.7
105.8	40	53.0	86	22.2	47.8
104.4	50	62.6	85	27.7	55.7
103.2	60	71.6	84	33.8	63.1
102.1	70	79.5	83	40.5	70.1
101.3	80	86.4	82	47.8	76.4
100.6	90	93.0	81	56.6	82.3
100.0	100	100	80	66.6	88.0
-	-	-	79	78.4	93.2
-	-	-	78	91.9	97.8
-	-	-	77.3	100	100

И15 – жадвал

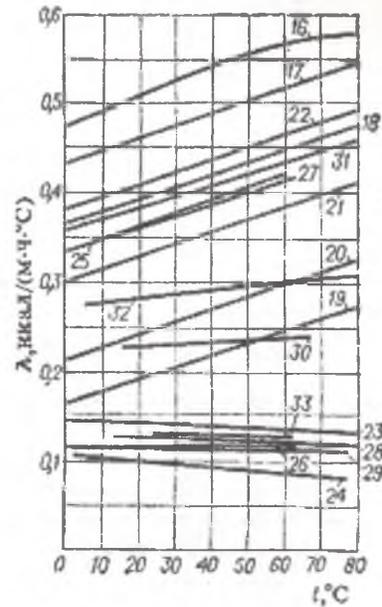
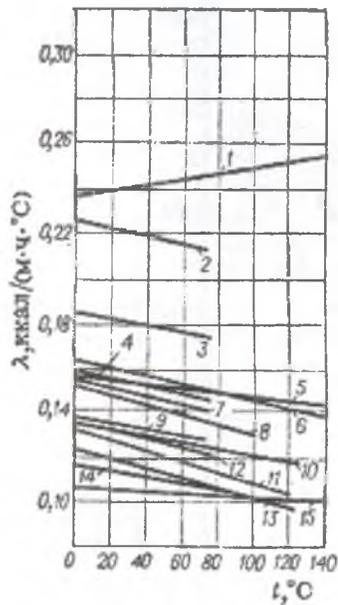
Айрим суюкликларнинг ўртача солиштирма иссиқлик снгимлари

Номи	c, кЖ/кг·К	Номи	c, кЖ/кг·К
Суюк азот	2,01	Суюк кислород	1,68
Азот кислота	2,77	Машина мойи	1,68
Аммиак	4,19	Нитробензол	1,38
Бензин	1,84	Олтингугурт ангидриди	1,34
Гексан	2,51	Скипидар	1,76
Керосин	2,10	Фенол	2,35

Тўйинган сув буги хоссаларининг температурага боғлиқлиги

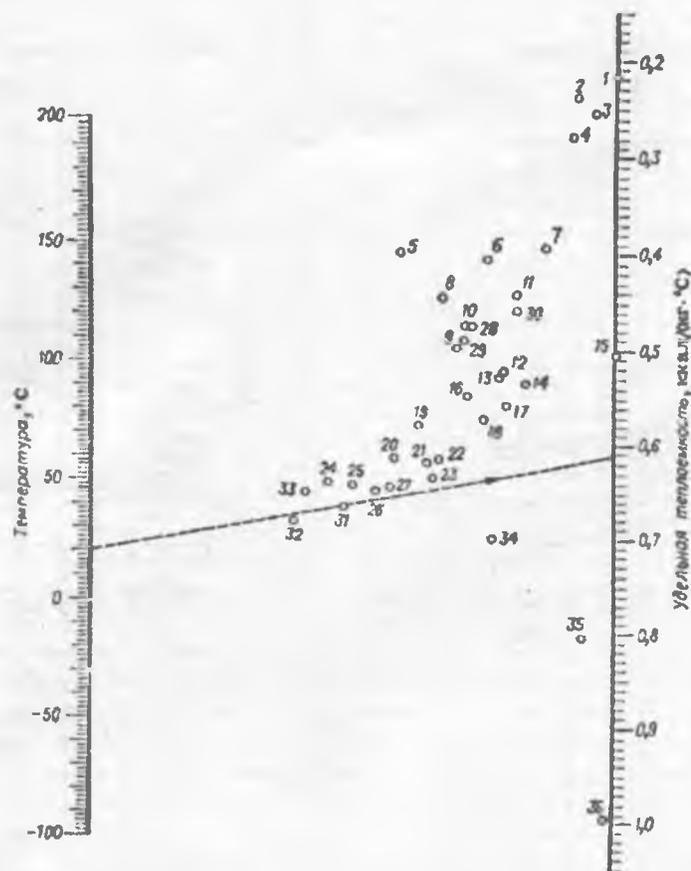
Температура, °С	Босим(абсолют) p , кг·к/м ²	Солиштирма хажм, v , м ³ /кг	Зичлик ρ , кг/м ³	Суюклик энталпияси i' , кЖ/кг	Буг энталпияси i'' , кЖ/кг	Буг хосил бўл. сол. иссиқлиги r , кЖ/кг
0	0.0062	206,5	0,00484	0	2493,1	2493,1
5	0,0089	147,1	0,00680	20,95	2502,7	2481,7
10	0,0125	106,4	0,00940	41,90	2512,3	2470,4
15	0,0174	77,9	0,01283	62,85	2522,4	2459,5
20	0,0238	57,8	0,01729	83,80	2532,0	2448,2
25	0,0323	43,40	0,02304	104,75	2541,7	2436,9
30	0,0433	32,93	0,03036	125,70	2551,3	2425,6
35	0,0573	25,25	0,03960	146,65	2561,0	2414,3
40	0,0752	19,55	0,05114	167,60	2570,6	2403,0
45	0,0977	15,28	0,06543	188,55	2579,8	2391,3
50	0,1258	12,054	0,0830	209,50	2589,5	2380,0
55	0,1605	9,589	0,1043	230,45	2598,7	2368,2
60	0,2031	7,687	0,1301	251,40	2608,3	2356,9
65	0,25500	6,209	0,1611	272,35	2617,5	2345,2
70	0,3177	5,052	0,1979	293,30	2626,3	2333,0
75	0,393	4,11139	0,2416	314,3	2636	2321
80	0,483	3,414	0,2929	335,2	2644	2310
85	0,590	2,832	0,3531	356,2	2653	2297
90	0,715	2,365	0,4229	377,1	2662	2285
95	0,862	1,985	0,5039	398,1	2671	2273
100	1,033	1,675	0,5970	419,0	2679	2260
105	1,232	1,421	0,7036	440,4	2687	2248
110	1,461	1212	0,8254	461,3	2696	2234
115	1,724	1,038	0,9635	482,7	2704	2221
120	2,025	0,893	1,1199	504,1	2711	2207
125	2,367	0,7715	1,296	525,4	2718	2194
130	2,755	0,6693	1,494	546,8	2726	2179
135	3,192	0,5831	1,715	568,8	2726	2179
140	3,685	0,5096	1,962	589,5	2740	2150
145	4,238	0,4469	2,238	611,3	2747	2125
150	4,855	0,3933	2,543	632,7	2753	2120
160	6,303	0,3075	3,252	654,1	2765	2089
170	8,080	0,2431	4,113	719,8	2776	2056
180	10,23	0,1944	5,145	763,8	2785	2021
190	12,80	0,1568	6,378	808,3	2792	1984
200	15,85	0,1276	7,840	852,7	2798	1945
210	19,53	0,1045	9,567	897,9	2801	1904
220	23,66	0,0862	11,600	943,2	2803	1860
230	28,53	0,07155	13,98	989,3	2802	1813
240	34,13	0,05967	16,76	1035	2799	1763
250	40,55	0,04998	20,01	1082	2792	1710
260	47,85	0,04199	23,82	1130	2783	1653
270	56,11	0,03538	28,27	1178	2770	1593
280	65,42	0,02988	33,47	1226	2754	1528
290	75,88	0,02525	39,60	1275	2734	1459
300	87,6	0,02131	46,93	1327	2710	1384
310	100,7	0,01799	55,59	1380	2682	1302
320	115,2	0,01516	65,95	1437	2650	1213
330	131,3	0,01273	78,53	1498	2613	1117
340	149,0	0,01064	93,98	1564	2571	1009
350	168,6	0,00884	113,2	1638	2519	881,2
360	190,3	0,00716	139,6	1730	2444	713,6
370	214,5	0,00585	171,0	1890	2304	411,5
374	225	0,00310	322,6	2100	2100	0

Айрим сууюкликларнинг исиклик ўтказувчанлик коэффициентлари



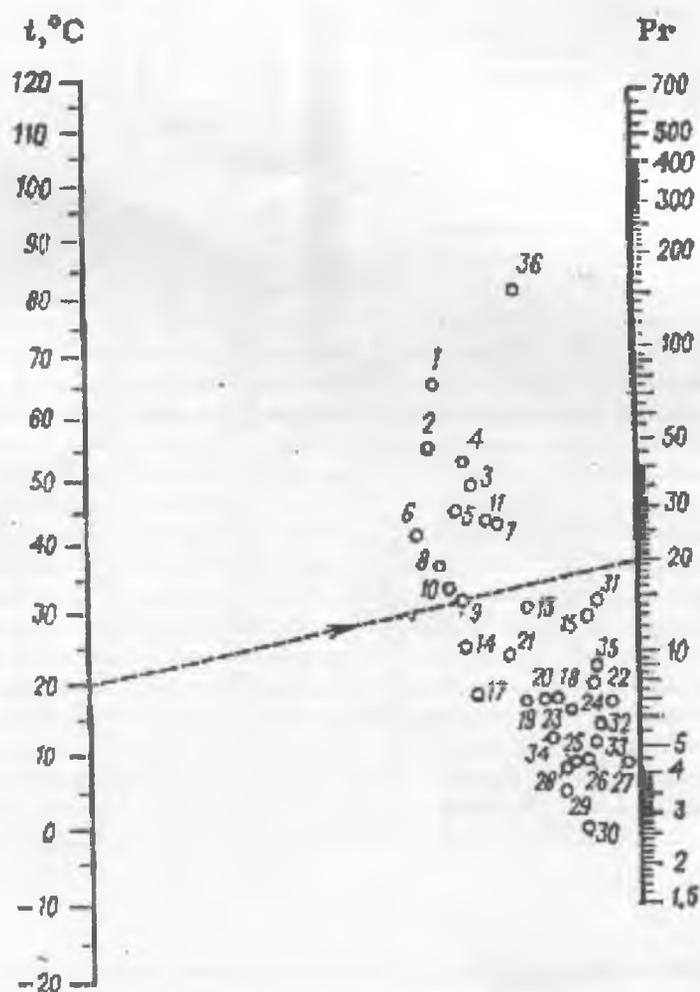
Модда	Чизик раками	Модда	Чизик раками
Аммиак, 26%	31	Муравьиная кислота	2
Анилин	6	Нитробензол	10
Ацетон	8	Октан	33
Бензол	11	Серная кислота, 98%	30
Бутиловый спирт	9	Сероуглерод	23
Вазелиновое масло	15	Солная кислота, 30%	27
Сув	16	Толуол	13
Гексан	26	Уксусная кислота	7
Сувсиз глицерин	1	Хлористый кальций, 25%	17
« 50%	25	Хлористый натрий, 25%	18
Диэтилли эфир	29	Турт хлорли углерод	24
Изопропиловый спирт	12	Этил спирти, 100%	4
Касторовое масло	5	Этил спирти, 80%	19
Керосин	28	Этил спирти, 60%	20
Ксилол	14	Этил спирти, 40%	21
Метил спирт 100%	3	Этил спирти, 20%	22
То же, 40%	32		

Сууюкликларнинг иссиқлик сизимларини аниқлаш номограммаси



Модда	Нукта рақами	Модда	Нукта рақами
Амилацетат	12	Метил спирт	23
Анилин	14	Октан	15
Ацетон	18	Пропил спирт	25
Бензол	29	Сульфат кислота, 100%	7
Бромли этил	1	Олтингургуртли углерод	4
Бутил спирт	24	Хлорид кислота, 30%	26
Вода	36	Толуол (от - 60 до 40 °С)	28
Гептан	18	Толуол (- 40...100°С)	30
Глицерин	21	Сирка кислота 100%	16
Дифенил	8	Хлорбензол	6
Диэтил эфир	17	Хлорли кальций, 25%	34
Изобутил спирт	33	Хлорли натрий 25%	35
Изопентан	20	Хлорли этил	11
Изопропанол (0...+50)	32	Хлороформ	3
Изопропанол (-50...0)	27	Турт хлорли углерод	2
Иодли этил	5	Этилацетат	13
o - и μ- ксилол	9	Этиленгликоль	22
n - ксилол	10	-	-

Суюқликлар учун Pr критерийсининг қийматлари



Модда	Нуқта рақами	Модда	Нуқта рақами
Амилацетат	31	Октан	33
Аммиак 26%	14	Пентан	26
Анилин	5	Сульфат кислота, 111%	1
Ацетон	25	Сульфат кислота, 98%	2
Бензол	22	Сульфат кислота, 60%	4
Бромли этил	29	Сероуглерод	30
Бутил спирт	11	Хлорид кислота, 30%	21
Сув	17	Толуол	23
Гептан	32	Сирка кислота 100%	15
Диэтил эфир	28	Сирка кислота 50%	9
Глицерин 50%	6	Хлорбензол	35
Изобутил спирт	3	Хлороформ	34
Изопропил спирт	7	Тўрт хлорли углерод	18
Иодли этил	27	Этилацетат	24
Ксилол	19	Этиленгликоль	36
Метил спирт, 100%	20	Этил спирт, 100%	4
Метил спирт, 40%	10	Этил спирт, 80%	19

Айрим органик сууюкликларнинг физик хоссалари

Сууюклик	Кимёвий формула	Моль масса, кг/кмоль	Зичлик, кг/м ³	Қайнаш температураси, °С	20°С да туйинган буг босими, мм.с.м.уст.	Эриш температураси °С
Ацетон	CH ₃ COCH ₃	58,08	810	56	186	-94,3
Бензин	-	-	690...760	70...120	-	-
Бензол	C ₆ H ₆	78,11	900	80,2	75	+5,5
Дихлорэтан	CH ₂ Cl-CH ₂ Cl	98,97	1250	83,7	65	-
Изопропилацетат	CH ₃ COOC ₃ H ₇	130,18	870	142,5	6	-
Ксилол (аралашма) лар	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	106,16	860	136...145	10	-13...-48
Метилацетат	CH ₃ COOCH ₃	74,08	930	57,5	170	-
Пропилацетат	CH ₃ COOC ₃ H ₇	102,13	890	101,6	25	-
Олтингугуртли углерод	CS ₂	76,13	1290	46,3	298	-112
Скипидар	C ₁₀ H ₁₆	136,1	850...880	155...190	4	-
Бутил спирт	C ₄ H ₉ OH	74,12	810	117,7	4,7	-90
Изоамил спирт	C ₅ H ₁₁ OH	88,15	810	132	2,2	-117
Изобутил спирт	C ₄ H ₉ OH	74,12	880	108	8,8	-108
Изопропил спирт	C ₃ H ₇ OH	60,06	785	82,4	32,4	-89
Метил спирт	CH ₃ OH	32,04	800	64,7	97,7	-98
Пропил спирт	C ₃ H ₇ OH	60,09	800	97,2	14,5	-126
Этил спирт	C ₂ H ₅ OH	46,07	790	78,3	44	-114,5
Толуол	C ₆ H ₅ CH ₃	92,13	870	110,8	22,3	-95
Турт хлорли углерод	CCl ₄	153,84	1630	76,7	90,7	-22,8
Хлороформ	CHCl ₃	119,38	1530	61,2	160	-
Этилацетат	CH ₃ COOC ₂ H ₅	88,10	900	77,15	73	-83,6
Диэтил эфири	C ₂ H ₅ OC ₂ H ₅	74,12	710	34,5	442	-116,3

Металл ва қотишмаларнинг зичлиги ρ ва иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентини λ

т/р	Материал	ρ, кг/м ³	λ, Вт/(м·К)
1.	Алюминий	2700	180
2.	Мис	8900	384
3.	АМц	2800	186
4.	ДІМ	2800	170
5.	Латушь	8500	85
6.	Мельхиор	8800	37,1
7.	МНЖ-5	8900	127
8.	ІХ18Н9Т	7900	15

И22 – жадвал

Иссиқлик бериш коэффициентисининг тахминий қийматлари

т/р	Иссиқлик алмашиниш тури	α , Вт/(м ² ·К)
1.	Газлар, табиий конвекция ва атмосфера босимида	5...15
2.	Газлар, трубада ёки улар орасида мажбурий конвекция ва атмосфера босимида	30...100
3.	Сув, табиий конвекцияда	300...800
4.	Сув, трубада ёки улар орасида ҳаракатланганда	1000...10000
5.	Ковушкок суюқликлар трубада ҳаракатланганда	200...2000
6.	Сув, пуфакчали қайнаш	2000...25000
7.	Сув буғининг юпка қағламли конденсацияси	4000...15000
8.	Сув буғининг томчили конденсацияси	30000...120000
9.	Органик суюқлик буғининг конденсацияси	500...2000

И23 - жадвал

Иссиқлик элтикичларнинг тавсия этиладиган тезликлари

Суюқликлар учун						
Ковушкоклик, Па·с	1,5	0,5-1,0	0,1-0,5	0,035-0,1	0,001-0,035	0,1-0,5
Чизикли тезлик, м/с	0,6	0,75	0,85	1,5	1,8	2,4
Газ ва буғлар учун						
Босим, МПа	Молекуляр масса					
	18	29	44	100	200	400
0,17	36	25	21	15	12	10,5
0,45	18	15	12	9	7	6,0
0,80	15	12	9	7	5,5	5,0
3,60	10	8,5	6	5	4,0	3,5
7,00	9	7,5	5	4	-	-

И24 - жадвал

Труба ички юзасининг нисбий ғадир-будурлик қийматлари

Труба характеристикаси	Δ/d - нисбий ғадир-будурлик
Янги, чоксиз пулат трубалар	200
Оз микдорда ифлосланиш ёки коррозия	100
Уртача ифлосланиш ёки коррозия	50
Куп микдорда ифлосланиш ёки коррозия	30

И25 - жадвал

Маҳаллий гидравлик қаршилик коэффициентлари

Маҳаллий гидравлик қаршиликлар	Сон қийматлари
Тақсимлаш камерасига кириш ёки чиқиш ва 90° бурилиш	1,5
Труба ўрамага кириш ёки чиқиш	1,0
Кўп йўлли қурилма тақсимлаш камераси ёки орка днишчесида 180° га бурилиш	2,5
Штуцерлар таъсири	1,5
U-симон трубаларда 180° га бурилиш	0,5

И26 - жадвал

20x2 мм трубади ТН иситкич ва ХН совуткичларининг
асосий характеристикалари (ГОСТ 15118-79, ГОСТ 15120-79, ГОСТ 12122-79).

Кобик диаметри, $D_{иқ}$, мм	Труба-лар умумий сони	Куйидаги труба узунлик L лари учун исиклик алмашилиш юзаси F , м ²							Ўтиш кесимининг юзаси, м ²		Урамда труба қатор. сони, дона	Тўсиқлар орасидаги масофа, мм	
		1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	6,0	9,0	$S_{тр} \cdot 10^2$	$S_{траб} \cdot 10^2$			
Бир йўлли қурилмалар учун													
159	19	1,0	2,0	2,5	3,5	-	-	-	0,4	0,5	5	100	
273	61	4,0	6,0	7,5	11,5	-	-	-	1,2	1,0	9	130	
325	100	-	9,5	12,5	19,5	25	-	-	2,0	2,0	11	180	
400	181	-	-	23	34	46	68	-	3,6	2,5	15	250	
600	389	-	-	49	73	98	147	-	7,8	6,6	21	300	
800	717	-	-	90	135	180	270	405	14,4	9,1	29	350	
1000	1173	-	-	-	221	295	442	663	23,6	15,6	37	520	
1200	1701	-	-	-	-	427	641	961	34,2	18,7	35	550	
Икки йўлли қурилмалар учун													
325	90	-	8,5	11	17	22,5	-	-	0,9	1,6	10	180	
400	166	-	-	21	31	42	63	-	1,7	3,0	14	250	
600	370	-	-	47	70	93	139	-	3,7	4,8	20	300	
800	690	-	-	87	130	173	260	390	6,9	7,0	28	350	
1000	1138	-	-	-	214	286	429	643	11,4	14,6	36	520	
1200	1658	-	-	-	-	417	625	937	16,5	17,6	44	550	
Тўрт йўлли қурилмалар учун													
600	334	-	-	42	63	84	126	-	1,6	4,8	18	300	
800	638	-	-	80	120	160	240	361	3,0	7,0	26	350	
1000	1072	-	-	-	202	269	404	606	5,1	14,6	34	520	
1200	1580	-	-	-	-	397	595	893	7,9	17,6	42	550	
Олти йўлли қурилмалар учун													
600	316	-	-	40	60	79	119	-	0,9	4,8	18	300	
800	616	-	-	78	116	155	233	349	2,0	7,0	26	350	
1000	1044	-	-	-	197	262	393	590	3,4	14,6	34	520	
1200	1544	-	-	-	-	388	582	873	5,2	16,5	42	550	

h – тўсиқлар орасидаги масофа;

И27 - жадвал

25x2 мм трубади ТН, ТК иситкич ва ХН, ХК совуткичларининг
асосий характеристикалари (ГОСТ 15118-79, ГОСТ 15120-79, ГОСТ 12122-79).

Кобик диаметри, $D_{иқ}$, мм	Труба-лар умумий сони	Куйидаги труба узунлик L лари учун исиклик алмашилиш юзаси F , м ²							Ўтиш кесимининг юзаси, м ²		Урамда труба қатор. сони, дона	Тўсиқлар орасидаги масофа, мм	
		1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	6,0	9,0	$S_{тр} \cdot 10^2$	$S_{траб} \cdot 10^2$			
Бир йўлли қурилмалар учун													
159*	13	1,0	1,5	2,0	3,0	-	-	-	0,5	0,8	5	100	
273*	37	3,0	4,5	6,0	9,0	-	-	-	1,3	1,1	7	130	
325*	62	-	7,5	10,0	14,5	19,5	-	-	2,1	2,9	9	180	
400	111	-	-	17	26	35	52	-	3,8	3,1	11	250	
600	257	-	-	40	61	85	121	-	8,9	5,3	17	300	
800	466	-	-	73	109	146	219	329	16,1	7,9	23	350	
1000	747	-	-	-	176	235	352	528	25,9	14,3	29	520	

1200	1083	-	-	-	-	340	510	765	37,5	17,9	35	550
Икки йўлли қурилмалар учун												
325*	56	-	6,5	9,0	13,0	17,5	-	-	1,0	1,5	8	180
400	100	-	-	16	24	31	47	-	1,7	2,5	10	250
600	240	-	-	38	57	75	113	-	4,2	4,5	16	300
800	442	-	-	69	104	139	208	312	7,7	7,0	22	350
1000	718	-	-	-	169	226	338	507	12,4	14,3	28	520
1200	1048	-	-	-	-	329	494	740	17,9	17,9	34	550
Тўрт йўлли қурилмалар учун												
600	240	-	-	32	49	65	97	-	1,8	4,5	14	300
800	442	-	-	63	95	127	190	285	3,0	7,0	20	350
1000	718	-	-	-	157	209	314	471	5,5	13,0	26	520
1200	1048	-	-	-	-	310	464	697	8,4	16,5	32	550
Олти йўлли қурилмалар учун												
600	240	-	-	31	46	61	91	-	1,1	4,5	14	300
800	442	-	-	60	90	121	181	271	2,2	7,0	20	350
1000	718	-	-	-	151	202	302	454	3,6	13,0	26	520
1200	1048	-	-	-	-	301	451	677	5,2	16,5	32	550

* - қобикнинг ташқи диаметри (трубадан ясалган)

И28 - жадвал
25x2 мм труба ИИ, ИК буғланиш ва КИ, КК конденсаторларининг
асосий характеристикалари (ГОСТ 15119-79, ГОСТ 15121-79).

Қобик ички диаметри <i>D_{ич.}</i> мм	Трубалар сони		Қуйидаги труба узунликлари учун иссиқлик алмашилиш юзаси <i>F</i> , м ²					Қурилма тури	Ўтиш кесмининг юзаси, м ²		Сегмент ватаригача диагональ буйича масофа, мм	Қобик ва труба орасида руҳсат этилган температура-лар фарқи, °С
	умумий	Йўллар сони	1	2	3	4	6		<i>S_{тр.}</i> 10 ²	<i>S_{труб.}</i> 10 ²		
Бир йўлли қурилмалар учун												
600	261	261	40	61	81	-	ИИ, ИК	9	4,9	111	40	
800	473	473	74	112	150	-		16,7	7,7	166	40	
1000	783	783	121	182	244	-		27	12,1	194	50	
1200	1125	1125	-	260	348	-		39	16,8	222	60	
Икки йўлли қурилмалар учун												
600	244	122	-	57	76	114	КИ, КК	4,2	4,9	111	40	
800	450	225	-	106	142	212		7,8	7,7	166	40	
1000	754	377	-	175	234	353		13,1	12,1	194	50	
1200	1090	545	-	-	338	509		18,9	16,8	222	60	
Тўрт йўлли қурилмалар учун												
600	210	52,5	-	49	65	98	КИ, КК	1,8	4,9	111	40	
800	408	102	-	96	128	193		3,1	7,7	166	40	
1000	702	175,5	-	163	218	329		6,0	12,1	194	50	
1200	1028	257	-	-	318	479		8,5	16,8	222	60	
Олти йўлли қурилмалар учун												
600	198	33	-	46	62	93	КИ, КК	1,14	4,9	166	40	
800	392	65,3	-	93	123	185		2,2	7,7	194	40	
1000	678	113	-	160	213	319		3,8	12,1	250	50	
1200	1000	166,6	-	-	314	471		5,7	16,8	305	60	

Иссиқлик алмашиниш қурилмаларига қўйиладиган талаблар

Иссиқлик алмашиниш қурилма тип	Яшаш имконияти		Самарадорлиги				Хизмат кўрсатиш қулайлиги				Ихчамлиги ва металл тежамкорлиги	
	а	б	в	г	д	е	ж	з	и	к	Бирлик ҳажмдаги юза	1 м ² юза массаси, кг/м ³
Трубапи:												
Погружные	5	5	5	2	1	1	3	5	2	5	4...12	90...120
Ювилиб турувчи	5	5	5	2	1	1	3	5	5	5	3...6	45...90
Қобик трубапи	5	1	5	3	4	4	5	3	3	3	18...40	35...80
Секцияли	5	3	3	5	4	1	5	3	2	3	4...15	175...200
Пластипали:												
Текис листли	5	3	5	5	5	1	2	2	1	1	10...60	5...20
Спиралсимон	5	3	5	5	5	1	2	2	1	3	34...72	30...50
Штампланган	5	1	5	5	5	3	3	3	3	3	300...600	5...10
Юмалатиб-пайванд.	5	1	5	3	3	3	1	5	1	1	-	2...2,7
Қовурғаланган:												
Қовурға трубапи	5	3	5	3	3	3	5	3	3	3	300...575	2...4
Пластипа қовурғали	5	3	5	3	3	3	3	3	1	1	600...1800	2...4

а – пулат, рангли метал ва пластипассадап	е – трубапалараро бушликда кўп йуллик
б – чуян ва мурт материаллардап	ж – труба ва каналлар ичини тозалаш
в – труба ва каналларда тезликлар юқори	з – труба юзаси ва каналлар ичини тозалаш
г – труба ташқарисида тезликлар юқори	и – исс.алмаш.юзасини қисман янгилаш
д – карама-қарши ҳаракатланиши мумкин	к – таъмирлаш

Қобик трубапи иситкич штуцерларининг шартли диаметрлари

Қобик диаметри, D, мм	Трубапалар бушлик штуцерларининг шартли диаметри, мм				Трубапалараро бушлик штуцерининг шартли диаметри, мм
	Йуллер сони				
	1	2	4	6	
159	80	-	-	-	80
273	100	-	-	-	100
325	150	100	-	-	100
400	150	150	-	-	150
600	200	200	150	100	200
800	250	250	200	150	250
1000	300	300	200	150	300
1200	350	350	250	200	350
1400	-	350	250	200	-

Қобик трубали иситкичда сегмент тўсиқлар сони

Қобик диаметри, D, мм	Труба узунлиги (метр) куйидагича бўлганда сегмент тўсиқлар сони						
	1	1,5	2	3	4	6	9
159	6	10	14	26	-	-	-
273	4	8	12	18	-	-	-
325	-	6	8	14	18	36	-
400	-	-	6	10	14	22	-
600	-	-	4	8	10	18	24
800	-	-	4	6	8	14	22
1000	-	-	-	4	6	10	16
1200	-	-	-	-	4	8	14

Пўлатлар учун рухсат этилган кучланишлар

Ҳисоблан. темпера- тура, °C	Ушбу русумли пўлатлар учун рухсат этилган кучланишлар σ , МПа						
	ВСт.3	20, 20К	16ГС, 17ГС, 17Г1С, 10Г2С1, 09Г2С	10Г2	12ХМ	12МХ	15ХМ
20	140	147	183	180	147	147	155
100	134	142	160	160	-	-	-
150	131	139	154	154	-	-	-
200	126	136	148	148	145	145	152
250	120	132	145	145	145	145	152
300	108	119	134	134	141	141	147
350	98	106	123	123	137	137	142
375	93	98	116	108	135	135	140
400	85	92	105	92	132	132	137
410	81	86,5	104	86	130	130	136
420	75	80	92	80	129	129	135
430	70	75	80	75	127	127	134
440	-	67	78	67	126	126	132
450	-	61	71	61	124	124	131
460	-	55	64	55	122	122	127
470	-	49	56	49	117	117	122
480	-	44	53	44	114	114	117
490	-	-	-	-	105	105	107
500	-	-	-	-	96	96	99
520	-	-	-	-	69	69	74
540	-	-	-	-	50	47	57
560	-	-	-	-	33	-	41

ИЗ2 – жадвал давоми

Ҳисоблан. темпера- тура, °С	Ушбу русумли пулатлар учун рухсат этилган кучланишлар σ , МПа						
	15X5M	15X5M-У	08X22H6T 08X22H6M2T	03X21H21M4ГБ	03X18H11	03X16H15M3	06X28МДТ 03X28МДТ
20	146	240	240	180	160	153	147
100	141	235	207	173	133	140	138
150	138	230	200	171	125	130	130
200	134	225	193	171	120	120	124
250	127	220	173	167	115	113	117
300	120	210	167	149	112	103	110
350	114	200	-	143	108	101	107
375	110	180	-	141	107	90	105
400	105	170	-	140	107	87	103
410	103	160	-	-	107	83	-
420	101	155	-	-	107	82	-
430	99	140	-	-	107	81	-
440	96	135	-	-	107	81	-
450	94	130	-	-	107	80	-
460	91	126	-	-	-	-	-
470	89	122	-	-	-	-	-
480	86	118	-	-	-	-	-
490	83	114	-	-	-	-	-
500	79	108	-	-	-	-	-
520	66	85	-	-	-	-	-
540	54	58	-	-	-	-	-
560	40	45	-	-	-	-	-

АДАБИЁТЛАР

1. Нурмухамедов Ҳ.С., Темиров О.Ш., Туробжонов С.М., Юсупбеков Н.Р., Зокиров С.Г., Таджихужаев З.А. Газларни қайта ишлаш технологияси, жараён ва қурилмалари. – Т.: Шарқ, 2016. - 856 б.
2. Yusupbekov N.R., Nurmuhamedov H.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. – Toshkent, Fan va texnologiyalar, 2015.- 848 b.
3. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Ҳ.С., Закиров С.Г. Кимёвий технология асосий жараён ва қурилмалар. – Т.: Шарқ, 2003.- 644 б.
4. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. – М.: Химия, 1987.- 496 с.
5. Юсупбеков Н.Р, Нурмухамедов Ҳ.С., Зокиров С.Г. ва бошқалар. Кимё ва озик-овкат саноатларининг асосий жараён ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш.– Т.: Жаҳон, 2000.-231 б.
6. Нурмухамедов Ҳ.С., Нигмаджонов С.К., Абдуллаев А.Ш., Аскарлова А.Б., Рамбергенов А.К., Каримов К.Г. Нефть ва кимё саноатлари машина ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Фан ва технологиялар, 2008. - 356 с.
7. Поникаров И.И., Рачковский С.В., Поникаров С.И. Расчеты машин и аппаратов химических производств и нефтегазопереработки (примеры и задачи).– М.: Альфа-М, 2008. - 720 с.
8. Машины и аппараты химических производств: Учеб. пособие для вузов / Доманский И.В., Исаков В.П., Островский Г.М. и др.; Под общ. ред. В.Н. Соколова - 2-е изд., перераб. и доп. – С.-Пб.: Политехника, 1992.- 327с.
9. Расчет и проектирование кожухотрубных теплообменных аппаратов: учебн. пособие / Савельев Н.И., Лукин П.М. - Чебоксары: изд-во Чуваш.ун-та, 2010.- 80 с.
10. Кошкин В.К., Калинин Э.К. Теплообменные аппараты и теплоносители. – М.: Машиностроение, 1971.- 200 с.
11. Сесёлкин И.В., Яровой В.С. Расчет и конструирование оборудования предприятий химических производств. – Барнаул: изд-во АлтГТУ, 2005. - 80 с.
12. Тимонин А.С. Основы конструирования и расчеты химико-технологического и природоохранного оборудования : справочник / А.С.Тимонин.– Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2002.- т.1. - 852 с.
13. Барулин Е.П. Расчеты теплоиспользующих оборудования: учебн. пособие / Барулин Е.П., Исаев В.Н., Сокольский А.И.; Ивановский гос.хим.техн.ун-т. – Иваново, 2009. – 100 с.
14. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1973. - 752 с.
15. Скобло А.И., Молоканов Ю.К., Владимиров А.И., Щелкунов В.А. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии. – М.: Недра, 2000. - 677 с.
16. Charles E.Thomas. Process Technology Equipment and Systems. – USA, Stamford, Gengage Learning, 2015. - 525 p.
17. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии. Под редакцией Айнштейна А.Г.– М.: Логос, 2000.- т.1-2. -1784 с.
18. Бажан П.И., Каневец Г.Е., Селиверстов В.М. Справочник по теплообменным аппаратам. – М.: Машиностроение, 1989.- 366 с.
19. Дытнерский, Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии. Учеб. для студ. химико-технол. спец. вузов : в 2-х частях / Ю. И. Дытнерский. – М. : Химия, 2002, кн. 1. – 368 с.; кн. 2. – 400 с.
20. Владимиров А.И., Щелкунов В.А., Круглов С.А. Основные процессы и аппараты нефтегазопереработки (краткий справочник). – М.: Нефть и газ, 1996.- 155 с.
21. Лашинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. – Л.: Машиностроение, 1970.- 752 с.

22. Поникаров И.И., Перельгин О.А., Доронин В.Н., Гайнуллин М.Г. Машины и аппараты химических производств: – М.: Машиностроение, 1989.- 368 с.
23. Кавецкий Г.Д. Процессы и аппараты пищевой технологии. – М.: Колос, 2000. – 551 с.
24. Идельчик И.Е. Аэрогидродинамика технологических аппаратов. – М.: Машиностроение, 1983.- 351 с.
25. Процессы и аппараты химической технологии Учеб. для студ. вузов / А. А. Захарова [и др.] ; под ред. А. А. Захаровой. – М. : Академия, 2006. - 528 с.
26. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по процессам и аппаратам химической технологии. – М.: Альянс, 2006. - 576 с.
27. Черкасский В.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 416 с.
28. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С. Кимё ва озик-овқат саноатларнинг жараён ва курилмалари фанидан ҳисоблар ва мисоллар. – Тошкент: Nisim, 1999.- 351 с.
29. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена. – М.: Атомиздат, 1979.- 416 с.
30. Юдаев Б.Н. Теплопередача. – М.: Высшая школа, 1981.- 319 с.
31. Основы расчета и проектирования теплообменников воздушного охлаждения: Справочник / А.Н. Бессонный, Г.А. Дрейцер, В.Б. Кныщ и др.; Под общ. ред. В.Б. Кныща. – СПб.: Недра, 1996. - 512 с.
32. Кожухотрубчатые теплообменные аппараты общего и специального назначения. Каталог ВНИИнефтемаш. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1991. - 106 с.
33. Корнеев С.Д., Марюшин Л.А. Теоретические основы теплотехники. Конструирование и расчет рекуперационных теплообменников. – М: МГИУ, 2010. - 42 с.
34. Машины и аппараты химических производств: Примеры и задачи. / И.В. Доманский, В.П. Исаков, Г.М. Островский и др. Под ред. В.Н. Соколова – Л.: Машиностроение, 1982. - 384 с.
35. R.Paul Singh, Dennis R.Heldman. Introduction to Food Engeneering / Academic Press.Inc.Harcourt Brace and Company. – San Diego-New York-Boston-London-Sydney-Tokyo-Toronto, 2009.-841 p
36. Пинчук Л.С., Струк В.А., Мышкин Н.К., Свириденко А.И. Материаловедение и конструкторские материалы. - Минск: Высшая школа, 1989. - 461 с.
37. Дзюбенко Б.В., Дрейцер Г.А., Ашмантас Л.-В.А. Нестационарный теплообмен в пучках витых труб. – М.: Машиностроение, 1988.- 240 с.
38. Владимиров А.И. и др. Гидравлический расчет теплообменных аппаратов. – М.: Изд-во ГАНГ им. И.М. Губкина, 1997, - 58 с.
39. Головачев В.Л., Марголин Г.А., Пугач В.В. Справочник-каталог. Промышленная кожухотрубчатая теплообменная аппаратура. – М.: Изд. ИНТЭК ЛТД, 1992. - 265 с.
40. Теплообменные аппараты «труба в трубе». Каталог ВНИИнефтемаш. – М.: ЦИНТИ химнефтемаш, 1992.- 23 с.
41. Тимонин, А. С. Основы конструирования и расчеты химико-технологического и природоохранного оборудования. Справочник / А. С. Тимонин.– Калуга: Изд. Н. Бочкаревой, 2002. - т.3. - 968 с.
42. Стальные спиральные теплообменники. Каталог УкрНИИхиммаш. – М.: ЦИНТИ химнефтемаш, 1976. - 22 с.
43. Пластинчатые теплообменные аппараты. Каталог УкрНИИхиммаш. – М.: ЦИНТИ химнефтемаш, 1990. - 51 с.
44. www.danfoss.ru/ Руководство по подбору пластинчатых теплообменных аппаратов.
45. Калинин Э.К., Дрейцер Г.А., Ярхо С.А. Интенсификация теплообмена в каналах. – М.: Машиностроение, 1981.- 205 с.
46. Шукин В.К., Халатов А.А. Теплообмен, массообмен и гидродинамика закрученных потоков в осесимметричных каналах. – М.: Машиностроение, 1982.- 200 с.
47. Dreytser G.A., Gomon V.L., Krayev V.M., Zakirov S.G. Studies of fouling channels with turbulence promoters // Proceeding of the 3rd European Thermal Sciences Conference, Heidelberg, Germany, 10-13 September, 2000.-p.35-39.

48. Светлов Ю.В. Интенсификация гидродинамических и тепловых процессов в аппаратах с турбулизаторами потока. – М.: Энергоатомиздат, 2003. – 304 с.
49. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию/ Г. С. Борисов, В. П. Брыков, Ю. И. Дытнерский и др. Под ред. Ю. И. Дытнерского, 2-е изд., перераб. и дополн. – М.: Химия, 1991. - 496 с.
50. Исаченко В.П. Теплообмен при конденсации. – М.: Энергия, 1977. – 240 с.
51. Эксергетические расчеты технических систем: Справочное пособие / Бродянский В.М., Верхивкер Г.П. и другие: - Киев: Наукова Думка, 1991.- 360 с.
52. Теплотехнические расчеты и оформление заказов на теплообменные аппараты: учебн. пособие / Шишкин Б.В. –Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2014. - 55 с.
53. Мавлонов Э.Т., Закиров С.Г., Нурмухамедов Х.С. Интенсивность теплообмена при обтекании спирально-накатанных труб аммониз. рассолом // Химическая промышленность, Москва, 2012. - №9. - 53-58 с.
54. Закиров С.Г., Мавлонов Э.Т., Сагдуллаев У.Х., Нурмухамедов Х.С. Обобщение опытных данных по гидравлическому сопротивлению при течении жидкостей в каналах с плавно-очерченными спиральными турбулизаторами // Химическая промышленность, Санкт-Петербург, 2012. - т.89. - №9. – с.86-90.
55. Выпарные аппараты вертикальные, трубчатые общего назначения: Каталог УкрНИИхиммаша. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1979. - 38 с.
56. Таубман Е.И. Выпаривание. – М.: Химия, 1982.- 328 с.
57. Варгафтик Н.Б. Теплофизические свойства веществ. – М.-Л.:Госэнергоиздат, 1956.-368 с.
58. Трубчатые печи. Каталог АООТ «ВНИИнефтемаш». – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1998. - 27 с.
59. Справочник химика / под ред. Б. П. Никольского, О. Н. Григорова, М. Е. Позина и др. – т.V. – 2-е изд. – М.: Химия, 1968. - 996 с.
60. Сосуды и трубопроводы высокого давления. Справочник. / Е.Р.Хисматуллин, Е.М.Королев, В.И.Лифшиц. – М.:Машиностроение, 1990.- 384 с.
61. Тимонин А.С. Основы конструирования и расчеты химико-технологического и природоохранного оборудования Справочник / А.С.Тимонин – Калуга: Изд. Н. Бочкаревой, 2002. - т.2. - 968 с.
62. Чиркин В.С. Теплопроводность промышленных материалов. - М.: Машиностроение, 1987. - 515 с.
63. Абдуллаев А.Ш., Глушенкова А.И., Нурмухамедов Х.С. и др. Эффективная технология получения пищевых порошков из корне- и клубнеплодов. –Ташкент, ТХТИ, 2017.- 164 с.

**Аннаев Норбой Асаматдинович
Бабаев Забибулла Камилжонович
Джураев Хайрилла Файзиевич
Каримов Қудрат Фуатович
Маматов Шерзод Машрабжанович
Матчанов Шерзод Камилжанович
Нурмухамедов Ҳабибулла Саъдуллаевич
Нигмаджонов Самуғжон Каримжонович
Сафаров Жасур Эсиргапович
Усмонов Ботир Сотволдиевич**

**ИССИҚЛИК АЛМАШИНИШ
ҚУРИЛМАЛАРИНИ ҲИСОБЛАШ ВА
ЛОЙИҲАЛАШ**

Тошкент – «Bilik print» – 2018

**Мухаррир: С.Нигмаджонов
Тех. мухаррир: К.Каримов
Мусаввир: Д.Азизов
Мусахҳих: Б.Усмонов
Компьютерда
саҳифаловчи: Э.Мавлонов**

**E-mail: tipografiya cnt@mail.ru Tel:
Нашр.лиц. АІ№149, Босишга рухсат этилди 22.12.2017.
Бичими 60x84 1/8. «Times Uz» гарнитураси. Офсет усулида босилди.
Шартли босма табоғи 19. Нашр босма табоғи 20.
Тиражи 500. Буюртма №...**