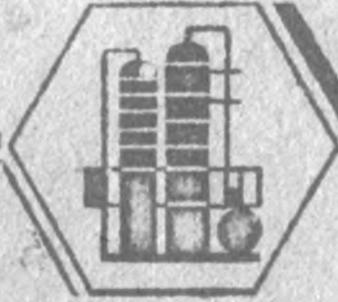


664  
10-91



олий  
уқув  
юртлари  
учун

*Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С.,  
Исматуллаев П.Р.*

---

**Кимё ва  
озиқ овқат  
саноатларнинг  
жараёнлари ва  
қурилмалари  
фанидан  
хисоблар ва  
мисоллар**

ЕЕҮ  
№ 51  
ЮСУПБЕКОВ Н.Р., НУРМУҲАМЕДОВ Х.С.,  
ИСМАТУЛЛАЕВ П.Р.

Олий ўқув юртлари учун

**КИМЁ ВА ОЗИҚ-ОВҚАТ САНОАТЛАРИНИҲ ЖАРАЁНЛАРИ  
ВА ҚУРИЛМАЛАРИ ФАНИДАН ҲИСОБЛАР ВА МИСОЛЛАР**

БИБЛИОТЕКА  
Бух. ТИП и ДП  
№ 73406

**ЮСУПБЕКОВ Н.Р., НУРМУҲАМЕДОВ Х.С.,  
ИСМАТУЛЛАЕВ П.Р.**

**КИМЁ ВА ОЗИҚ-ОВҚАТ САНОАТЛАРНИНГ ЖАРАЁНЛАРИ  
ВА ҚУРИЛМАЛАРИ ФАНИДАН ҲИСОБЛАР ВА МИСОЛЛАР**

т. ф. д., проф. Нурмухамедов Ҳ.С. таҳририяти остида

Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги  
томонидан олий ўқув юртлири учун:

- В 520100 – Иссиқлик энергетикаси;
- В 520800 – Технологик машиналар ва жиҳозлар;
- В 522700 – Кимёвий технология ва биотехнология;
- В 522900 – Силикат ва зўрға суялувчан материаллар технологияси;
- В 523000 – Нефт ва нефтни қайта ишлаш технологияси;
- В 523100 – Синтетик ва табиий юқори молекуляр. Бирикмаларнинг кимёвий технологияси;
- В 523200 – Камсб, нодир ва тарқоқ металллар технологияси;
- В 620800 – Қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини ишлаб чиқариш, бирламчи қайта ишлаш ва сақлаш технологияси;
- В 620900 – Ёг ва мойлар технологияси;
- В 621000 – Қанд ва бижгиш маҳсулотлари технологияси;
- В 621100 – Гушт ва сўт, балиқ ва консерваланган маҳсулотлар технологияси;
- В 621200 – Дон ва дон маҳсулотлари ишлаб чиқариш технологияси;
- В 850100 – Атроф-муҳит муҳофазаси (соҳалар буйича);

Йўналишлари учун ўқув қўлланма сифатида рухсат берилган.

Тошкент – 1999

**ЮСУПБЕКОВ Н.Р., ШУРМУҲАМЕДОВ Ҳ.С.,  
ИСМАТУЛЛАЕВ П.Р.** Кимё ва озиқ- овқат  
саноатларнинг жараёнлари ва қурилмалари  
фанидан ҳисоблар ва масалалар.-Тошкент,  
ТошКТИ, 1999.-351 бет.

Ушбу ўқув қўлланмага гидромеханик жараёнлар, гидравлика асослари, насослар, вентиляторлар, компрессорлар, центрифугалаш, филтрлаш, мавҳум қайнаш гидродинамикаси, аралаштириш, иссиқлик ялмашиниш жараёнлари, буғлатиш, конденсациялаш, модда алмашиниш жараёнлари, абсорбция, ҳайдаш, ректификация, экстракциялаш, қуриштириш, адсорбция, ҳамда совитиш жараёнлари киритилган.

Ҳар бир бобнинг бошида масалаларни ечиш учун асосий ҳисоблаш тенгламалари ва формулалари берилган. Ҳар бир жараён бўйича контрол масалалар ва керакли ёрдамчи маълумотлар берилган. Ундан ташқари, асосий қурилмаларни ҳисоблашнинг кетма-кетлиги ва контрол топшириқлар келтирилган.

Ушбу китоб ўқув режасида ушбу фан ўқитиладиган олий техника ў.ув юрлари талабалари учун мўлжалланган.

Жадвал 89 та, расм 65 та, адабиёт 33 та.

Тақризчилар: -Абв Райхон Беруний номидаги Тошкент давлат техника университетининг "СОВИТИШ КОМПРЕССОР МАШИНАЛАРИ ВА УСКУНАЛАРИ" кафедраси ( кафедра мудир. т.ф.д., проф. ЗОКИРОВ С.Г.);  
-т.ф.д., проф. ҒУЛҲОМОВ Ш.М.;  
-т.ф.д., проф. АБДУРАЗЗОҚОВА С.Х.

## М у н д а р и ж 1

	бет
<b>КИРИШ</b> .....	7
<b>АСОСИЙ ШАРТЛИ БЕЛ ИЛАР ВА УЛЧОВ БИРЛИКЛАРИ</b> .....	10
<b>БИРЛИКЛАР ОРАСИДАГИ НИСБАТЛАР</b> .....	12
<b>ОЛД ҚЎШИМЧАЛАР ВА УЛАРНИНГ ҚЎПАЙТУВЧИЛАРИ</b> .....	14
<b>КИРИШ УСЎБИЙ КЎРСАТМАЛАРИ</b> .....	15
<b>1 боб АМАЛИЙ ГИДРАВЛИКА АСОСЛАРИ</b> .....	18
Ҳисоблаш формуллари ва асосий боғлиқликлар .....	18
Мисолларни ишлаш намунаси .....	25
Контрол масалалар .....	31
Контрол топшириқлар N1 ва N2 .....	34
<b>2 боб СУЮҚЛИКЛАРНИ УЗАТИШ ВА СИҚИШ</b> .....	36
Ҳисоблаш формуллари ва асосий боғлиқликлар .....	36
Мисолларни ишлаш намунаси .....	43
Насос қурилмаларини ҳисоблаш .....	51
Контрол масалалар .....	52
Контрол топшириқлар N3 ва N4 .....	55
<b>3 боб ЧЎКТИРИШ, ФИЛЬТРЛАШ, ЦЕНТРИФУГАЛАШ, МАВҲУМ ҚАЙНАШ ҚАТЛАМИНИНГ ГИДРОДИНАМИКАСИ, АРАЛАШТИРИШ</b> .....	56
ЧЎКТИРИШ .....	56
Ҳисоблаш формуллари ва асосий боғлиқликлар .....	56
ФИЛЬТРЛАШ .....	60
Ҳисоблаш формуллари ва асосий боғлиқликлар .....	60
ЦЕНТРИФУГАЛАШ .....	64
Ҳисоблаш формуллари ва асосий боғлиқликлар .....	64
МАВҲУМ ҚАЙНАШ ҚАТЛАМИНИНГ ГИДРОДИНАМИКАСИ .....	66
Ҳисоблаш формуллари ва асосий боғлиқликлар .....	66
СУЮҚЛИКЛАРНИ АРАЛАШТИРИШ .....	73
Ҳисоблаш формуллари ва асосий боғлиқликлар .....	73
Мисолларни ишлаш намунаси .....	75
Контрол масалалар .....	85
Контрол топшириқлар N3, N4, N5, N6, N7, N8, N9 .....	89
<b>4 боб ИССИҚЛИК АЛМАШТИРИШ ЖАРАЁНЛАРИ</b> .....	93
Ҳисоблаш формуллари ва асосий боғлиқликлар .....	93
✓ Мисолларни ишлаш намунаси .....	104
✓ Кожух-трубаги иссиқлик алмаштиниш қурилмаларини ҳисоблаш .....	109
Контрол масалалар .....	131

Контрол топшириқлар N10, N11 .....	136
<b>5 боб. БУҒЛАТИШ</b> .....	138
Ҳисоблаш формуллари ва асосий боғлиқликлар .....	138
Мисолларни ишлаш намунаси .....	145
Уч корпуслу буғлатиш қурилмасини ҳисоблаш намунаси .....	145
Контрол масалалар .....	155
Контрол топшириқ N12 .....	158
<b>6 боб. МОДДА АЛМАШТИРИШ АСОСЛАРИ. АБСОРБЦИЯ</b> .....	159
Ҳисоблаш формуллари ва асосий боғлиқликлар .....	159
Мисолларни ишлаш намунаси .....	163
Насадкали абсорберларни ҳисоблаш .....	168
Контрол масалалар .....	172
Контрол топшириқлар N13, N14 .....	174
<b>7 боб. СУЮҚЛИКЛАРНИ ХАЙДАШ</b> .....	175
Ҳисоблаш формуллари ва асосий боғлиқликлар .....	175
Мисолларни ишлаш намунаси .....	181
Тарелкали ректификацион колоннани ҳисоблаш намунаси .....	186
Контрол масалалар .....	196
Контрол топшириқлар N15, N16 .....	199
<b>8 боб. ЭКСТРАКЦИЯЛАШ</b> .....	201
Ҳисоблаш формуллари ва асосий боғлиқликлар .....	201
Мисолларни ишлаш намунаси .....	210
Узлуксиз ишлайдиган экстракторларнинг гидродинамик ҳисоби .....	212
Контрол масалалар .....	216
Контрол топшириқлар N17, N18 .....	219
<b>9 боб. АДСОРБЦИЯ</b> .....	220
Ҳисоблаш формуллари ва асосий боғлиқликлар .....	220
Мисолларни ишлаш намунаси .....	228
Адсорберларни ҳисоблаш .....	230
Контрол масалалар .....	236
Контрол топшириқ N19 .....	238
<b>10 боб. ҚУРИГИШ</b> .....	239
Ҳисоблаш формуллари ва асосий боғлиқликлар .....	239
Мисолларни ишлаш намунаси .....	245
А.авҳум қайнаш қатламли қуригичларни ҳисоблаш .....	256
Контрол масалалар .....	266
Контрол топшириқлар N20, N21 .....	269

11 боб. СОВИТИШ .....	271
Ҳисоблаш формуллари ва асосий боғлиқликлар .....	271
Мисолларни ишлаш намунаси .....	275
Контрол масалалар .....	279
Контрол топшириқ №22 .....	281
<b>АДАБИҲТЛАР .....</b>	<b>282</b>
<b>ИЛОВАЛАР .....</b>	<b>285</b>

## К И Р И Ш

Ўзбекистон мустақил миллий демократик давлат сифатида ривожланиш йўлини таъналадан сўнг, дастлабки йиллардан оқ юрт олдиға юксак маданият ва маънавиятға, ҳамда жаҳон андозалари даражасидаги таълим ва тарбияға эришиш вазифалари қўйилди. Бу вазифалар маълумки, босқичма-босқич, ислохотлар йўли билан амалға оширилмоқда. Ислохотлар тақдирида юқори малакали мутахассисларнинг ҳал қилувчи ролини инобатға олган ҳолда, эндиликда халқнинг бой интеллектуал мероси ва умумбашарий қадриятлар, замонавий маданият, иқтисодиёт, фан, техника ва технологиялар асосида етук мутахассислар тайёрлаш тизими ишлаб чиқилди.

Бу борадаги дастлабки муҳим қадам юртимизда «Таълим тўғрисида»ги янги Қонуннинг ҳамда «Кадрлар тайёрлаш миллий дастури»нинг жорий қилиниш бўлди.

Ватанимиз Президенти И.А.Каримовнинг «Таълим-тарбия ва кадрлар тайёрлаш тизимини тубдан ислох қилиш, баркамол авлодни вояға етказиш тўғрисида»ги фармонлари муҳим аҳамиятға эға. Ушбу фармонда кўрсатилишича, кадрлар тайёрлаш муаммосининг ҳал қилувчи масаласи, барча босқич ўқув юртларини ўқув адабиёти билан таъминлашдир. Президентимиз шу масала бўйича Олий Мажлисдаги нутқларида [1] қайд қилишларича «... таълим дарсликдан бошланади, ...» ва «дарсликларда миллат фикрининг, тафаккури ва миллат мафқурасининг энг илғор намуналари акс этиши керак» деб таъкидладилар.

Мустақил Ўзбекистон Республикамининг халқ хўжалиғи учун малакали мутахассислар тайёрлашда «Кимёвий технология жараёнлари ва қурилмалари» фани алоҳида ўрин тутади.

Чунончи, ҳозирги замон кимё, озиқ-овқат ва бошқа саноатлар физик-кимёвий хоссалари тубдан фарқ қилувчи хомашёларни қайта ишлашда хилма-хил технологик жараёнлардан фойдаланади. Шунинг учун юқорида қайд этилган саноат мутахассислари жараёнларнинг физик-кимёвий асосларини, қурилмалар тузилишини, ишлаш принципларининг алоҳида ҳолларини билибгина қолмасдан, балки жараёнларни ҳисоблаш

ва таҳлил қилиш, уларнинг оптимал параметрларини, ҳамда энг самарадор қурилмаларни ҳисоблаш ва лойиҳалашни билишлари зарур.

• "Кимёвий технология жараёнлари ва қурилмалари" фанни юқори малакали мутахассис тайёрлашда ва мутахассислик фанларини ўзлаштиришда пойёвор бўлиб хизмат қилади. Фаннинг ҳисоблаш қисми бўйича амалий машғулотлар бу фанни мукамал, чуқур ўзлаштиришга катта ёрдам беради.

Юқорида айтилганларни амалга ошириш мақсадида ушбу китобга ТошКТИнинг "Кимёвий технология жараёнлари ва қурилмалари" кафедраси ва «Тепломассообмен» илмий-тадқиқот лабораториясида олинган асосий илмий натижалар, яъни турли жараёнларни ҳисоблаш учун келтириб чиқарилган критериял формулалар ҳам берилган.

"Кимёвий технология жараёнлари ва қурилмалари" данидан амалий машғулотлар китоби қуйидаги мақсадларга эришишга ёрдам беради:

- қурилмаларни ҳисоблаш ва лойиҳалаш, ҳамда каталоглар ёрдамида типик қурилмаларни танлаш;

- бир турдаги масалаларни ечиш учун талабаларни мантиқий фикр юритишга ўргатиш;

Китобда келтирилган масалаларни ечиш учун қуйидаги кетма-кетликка амал қилиш керак:

1. Масалада қўйилган савол билан ишлаб чиқаришдаги жараён ва қурилма ўртасидаги мантиқий алоқани кўз олдига келтириш;
2. Масаланинг асосий мазмунига жавоб берадиган қурилманинг лойиҳа схемасини тузиш;
3. Берилган бошланғич маълумотларни жадвал ҳолига келтириб ёзиш;
4. Масалани ечиш учун бош мақсадни, яъни нимани топиви кераклигини аниқлаш;
5. Масалани ечишнинг бош формуласини танлаш;
6. Масалани умумий ҳолда ечиш кетма-кетлигининг логик схемасини тузиш;
7. Ҳисоблаш учун жалвал ва номограммадан қўшимча маълумотларни танлаш;
8. Олинган жавобни ҳар томонлама таҳлил қилиш.

Ҳар бир боб материаллари қуйидаги тартибда келтирилган: жараённинг назарий асослари, қурилмаларнинг ўлчамларини ва унинг муҳим қисмларини, жараён кўрсаткичларини ва параметрларини ҳисоблаш усуллари ва асосий формулалари.

Талабаларнинг ўзлаштиришини мустақил текшириш учун дарсликнинг ҳар бир бобида контрол масалалар ва топшириқлар берилган.

Китобнинг иловасида ҳисоблаш ишларини бажариш учун ёрдамчи маълумотлар, жадваллар, номограммалар ва диаграммаларда ўрин олган.

Ушбу китобнинг яратилишида ТошКТИнинг "Кимёвий технология жараёнлари ва қурилмалари" кафедрасининг ва бошқа олий юртларнинг кўп йиллик тажрибасидан фойдаланилган.

Ушбу ўқув қўлланманинг кириш ва 1,2,4,5,9,11 боблари проф. Нурмухамедов Х.С., 7,8 боблари ЎзР ФА мухбир аъзоси Юсуфбеков Н.Р., 3,9 боблари проф. Исматуллаев П.Р.лар томонидан ёзилган. 1,10 бобларни доц. Фуломова Н.У., 3,6,11 бобларни доц. Нигмаджонов С.К., 3,11 бобларни доц. Тўйчиев И.С., 4-бобни доц. Раҳимов И.В., 2-бобни катта ўқитувчи Ниёзов К.М.лар ёзишда иштирок этишган.

Кўпчилик бобларнинг назарий асослар қисмини ва контрол масалаларнинг таржимаси доц. Нигмаджонов С.К. томонидан қилинган. Кўлезмани компьютерда териб, чизмаларни чоп этишга тайёрлаш асс.Абдуллаев А.Ш., инженер Ҳайдарова М.А. ва Хасанов Х.Р.лар томонидан бажарилган.

Китобнинг дастлабки таҳрири доц. Тўйчиев И.С. томонидан ўтказилган. Муаллифлар номидан уларга катта миннатдорчилик билдирамыз.

Китобнинг сифатини яхшилаш учун қаратилган таклиф ва танқидлар муаллифлар томонидан ташаккурлик билан қабул қилинади.

Бизнинг манзилимиз: Ўзбекистон, Тошкент, 700007, Ҳ.Абдуллаев кўчаси, 41 уй. ТошКТИ, КТФ, "Кимёвий технология жараёнлари ва қурилмалари" кафедраси.

## АСОСИЙ ШАРТЛИ БЕЛГИЛАР ВА УЛАРНИНГ ЎЛЧОВ БИРЛИКЛАРИ

№	Параметр	Белги	Ўлчов бирлиги
1.	Узунлик	$L, l$	м
2.	Эни	$B, b$	м
3.	Оғирлик кучи (оғирлик)	$P$	Н
4.	Вақт	$t$	с, соат
5.	Диаметр	$D, d$	м
6.	Ҳажм	$v$	$м^3, дм^3, л$
7.	Ҳажм, нисбий	$v$	$м^3/кг$
8.	Ҳажмий кенгайиш коэффициент	$\beta$	$К^{-1}$
9.	Баландлик	$H, h$	м
10.	Қувват	$N$	Вт
11.	Периметр	$P$	м
12.	Зичлик	$\rho$	$кг/м^3$
13.	Тезлик	$w$	м/с
14.	Бурчак тезлиги	$\omega$	рад/с
15.	Радиус	$R, r$	м
16.	Сарф, массавий ҳажмий	$G, L, M, W$ $V$	$кг/с$ $м^3/с$
17.	Сарф коэффициенти	$\alpha$	—
18.	Юза	$F$	$м^2$
19.	Фойдали иш коэффициенти	$\eta$	—
20.	Ҳоваклук	$\epsilon$	—
21.	Иш унумдорлиги (насос, вентилятор)	$Q$	$м^3/с, м^3/соат$
22.	Кундаланг кесим юзаси	$f, S$	$м^2$
23.	Босим, парциал босим	$p$	Па
	Босим, тўйинган буғ босими	$P$	Па
	Босим, газ аралашмаси босими	$P$	Па
24.	Қовушоқлик коэффициенти: динамик кинематик	$\mu$ $v$	Па·с $м^2/с$
25.	Температура	$T, t, \theta$	$^{\circ}C$
26.	Температура ўтказувчанлик коэффициенти	$\alpha$	$м^2/с$
27.	Иссиқлик миқдори, иш	$Q$	Ж
28.	Солishtирма иссиқлик сизими	$c$	Ж/кг·К

29.	Солиштирма иссиқлик юкявма	q	Вт/м <sup>2</sup>
30.	Иссиқлик бериш коэффициенти	α	Вт/м <sup>2</sup> К
31.	Иссиқлик утказиш коэффициенти	К	Вт/(м <sup>2</sup> К)
32.	Солиштирма бугланиш иссиқлиги	г	Ж/кг
33.	Ишқаланиш коэффициенти	λ	—
34.	Маҳаллий қаршилиқ коэффициенти	ξ	—
35.	Напор: тезлик напори (скоростной) статик напор	$h_{тез}$ h	м м
36.	Концентрация (улуш): Моль Массавий Нисбий моль Нисбий массавий	x, y $\bar{X}, \bar{Y}$ X, y X, Y	— — — —
37.	Концентрация ҳаҷмий: Моль Массавий	C C	кмоль/м <sup>3</sup> кг/м <sup>3</sup>
38.	Моль масса Диффузия коэффициенти	M D	кг/моль м <sup>2</sup> /с
39.	Модда бериш коэффициенти	$\beta_x, \beta_y$	кг/[м <sup>2</sup> с(х.к.к.б.)] кмоль/[м <sup>2</sup> с(х.к.к.б.)]
40.	Модда утказиш коэффициенти	$K_x, K_y$	кг/[м <sup>2</sup> с(х.к.к.б.)] кмоль/[м <sup>2</sup> с(х.к.к.б.)]
41.	Солиштирма энтропия	S	Ж/(кг·К)
42.	Солиштирма энтальпия	I, i	Ж/кг
43.	Ҳавонинг нөм сақлаши	x	кг/кг
44.	Ҳавонинг нисбий намлиги	φ	—
45.	Материалнинг намлиги	u, u'	кг/кг
46.	Айланиш частотаси	n	айл/с, с <sup>-1</sup>

х.к.б. — ҳаракатга келтирувчи куч бирлиги

## БИРЛИКЛАР ЎРТАСИДАГИ НИСБАТЛАР

Катталиклар номи	СИ га биноан бирлиги	СИ бирликларига ўтказиш коэффициентлари
Узунлик	м	$1 \text{ мкм} = 10^{-6} \text{ м}$ $1 \text{ А} = 10^{-10} \text{ м}$ $1 \text{ ft} = 0,3048 \text{ м}$ $1 \text{ in} = 25,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}$
Масса	кг	$1 \text{ т} = 1000 \text{ кг}$ $1 \text{ ц} = 100 \text{ кг}$ $1 \text{ lb} = 0,454 \text{ кг}$
Температура	К	$t^{\circ}\text{C} = (273,15+t)\text{K}$ $t^{\circ}\text{F} = \left[ \frac{5}{9}(t-32) + 273,15 \right] \text{K}$
Ясси бурчак	рад	$1^{\circ} = \frac{\pi}{180} \text{ рад}$ $1^{\circ} = \frac{\pi}{10800} \text{ рад}$ $1 \text{ айл.} = 2\pi \text{ рад} = 6,28 \text{ рад}$
Оғирлик кучи	Н	$1 \text{ кгк} = 9,81 \text{ Н}$ $1 \text{ дин} = 10^{-5} \text{ Н}$ $1 \text{ техник куч} = 9,81 \cdot 10^{-3} \text{ Н}$ $1 \text{ lbf} = 4,45 \text{ Н}$
Солиштира оғирлик	Н/м <sup>3</sup>	$1 \text{ кгк/м}^3 = 1,163 \text{ Н/м}^3$
Қовушоқлик коэффициентлари : динамик	Па·с	$1 \text{ П} = 1 \text{ дин·с/см}^2 = 0,1 \text{ Па·с}$ $1 \text{ cP} = \frac{1}{9810} \frac{\text{кгк}}{\text{м}^2} = 10^{-3} \text{ Па·с} = 1 \text{ мПа·с}$
кинематик	м <sup>2</sup> /с	$1 \text{ Ст} = 1 \text{ см}^2/\text{с} = 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$
Босим	Па	$1 \text{ бар} = 10^5 \text{ Па}$ $1 \text{ мбар} = 100 \text{ Па}$ $1 \text{ дин/см}^2 = 1 \text{ мбар} = 0,1 \text{ Па}$

		$1 \text{ кгк/см}^2 = 1 \text{ ат} = 9,81 \cdot 10^4 \text{ Па} =$ $= 735 \text{ мм.смм.уст.}$ $1 \text{ кгк/м}^2 = 9,81 \text{ Па}$ $1 \text{ мм.смм.уст.} = 9,81 \text{ Па}$ $1 \text{ мм.смм.уст.} = 133,3 \text{ Па}$
Диффузия коэффициенти	$\text{м}^2/\text{с}$	$1 \text{ ft}^2/\text{с} = 0,0929 \text{ м}^2/\text{с}$
Қувват	Вт	$1 \text{ кгк м/с} = 9,81 \text{ Вт}$ $1 \text{ эрг/с} = 10^{-7} \text{ Вт}$ $1 \text{ ккал/соат} = 1,163 \text{ Вт}$ $1 \text{ lbf ft/s} = 1,356 \text{ Вт}$
Сиртий тортилиш	Н/м	$1 \text{ кгк/м} = 9,81 \text{ Ж/м}^2$ $1 \text{ эрг/см}^2 = 1 \text{ дин/см} =$ $= 10^{-3} \text{ Ж/м}^2 = 10^{-3} \text{ Н/м}$
Ҳажм	$\text{м}^3$	$1 \text{ л} = 10^{-3} \text{ м}^3 = 1 \text{ дм}^3$ $1 \text{ ft}^3 = 28,3 \text{ дм}^3 =$ $= 2,83 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$ $1 \text{ in}^3 = 16,387 \text{ см}^3 =$ $= 16,39 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$
Зичлик	$\text{кг/м}^3$	$1 \text{ т/м}^3 = 1 \text{ кг/дм}^3 = 1 \text{ г/см}^3$ $= 10^3 \text{ кг/м}^3$ $1 \text{ кгк с}^2/\text{м}^4 = 9,81 \text{ кг/м}^3$ $1 \text{ lb/ft}^3 = 16,02 \text{ кг/м}^3$ $1 \text{ lb/in}^3 = 27,68 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$
Юза	$\text{м}^2$	$1 \text{ ft}^2 = 0,0929 \text{ м}^2$ $1 \text{ in}^2 = 6,451 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$
Иш, энергия, иссиқлик миқдори	Ж	$1 \text{ кгк м} = 9,81 \text{ Ж}$ $1 \text{ эрг} = 10^{-7} \text{ Ж}$ $1 \text{ кВт-соат} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Ж}$ $1 \text{ ккал} = 4,1868 \cdot 10^3 \text{ Ж} =$ $= 4,19 \text{ кЖ}$ $1 \text{ lbf ft} = 1,356 \text{ Ж}$ $1 \text{ lbf in} = 0,113 \text{ Ж}$ $1 \text{ ВТУ} = 1056,1 \text{ Ж}$
Массавий сарф	$\text{кг/с}$	$1 \text{ lb/s} = 0,454 \text{ кг/с}$ $1 \text{ lb/h} = 1,26 \cdot 10^{-4} \text{ кг/с}$
Ҳажмий сарф	$\text{м}^3/\text{с}$	$1 \text{ л/мин} = 16,67 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$
Ҳатикли тезлик	$\text{м/с}$	$1 \text{ ft/s} = 0,3048 \text{ м/с}$

Бурчак тезлиги	рад/с	$1 \text{ айл} / \text{мин} = \frac{\pi}{30} \text{ рад} / \text{с}$
Солиштирама иссиқлик сизими	Ж/кг·К	$1 \text{ ккал} / (\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}) = 4,19 \text{ Ж} / \text{кг} \cdot \text{К}$ $1 \text{ эрг} / (\text{г} \cdot \text{К}) = 10^{-4} \text{ Ж} / \text{кг} \cdot \text{К}$ $1 \text{ BTU} / (\text{lb} \cdot \text{degF}) = 4,19 \text{ Ж} / \text{кг} \cdot \text{К}$
Иссиқлик бериш ва ўтказиш коэффициентлари	Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	$1 \text{ ккал} / (\text{м}^2 \cdot \text{соат} \cdot ^\circ\text{C}) = 1,163 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$ $1 \text{ BTU} / (\text{ft}^2 \cdot \text{degF}) = 5,6 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$
Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти	Вт/(м·К)	$1 \text{ ккал} / (\text{м} \cdot \text{соат} \cdot ^\circ\text{C}) = 1,163 \text{ Вт} / (\text{м} \cdot \text{К})$ $1 \text{ BTU} / (\text{ft} \cdot \text{degF}) = 1,73 \text{ Вт} / (\text{м} \cdot \text{К})$
Частота	Гц	$1 \text{ Гц} = 1 \text{ с}^{-1}$ $1 \text{ айл} / \text{с} = 1 \text{ Гц}$ $1 \text{ айл} / \text{мин} = 1/60 \text{ Гц}$

### ОЛД ҚЎШИМЧАЛАР ВА УЛАРНИНГ ҚЎПАЙТУВЧИЛАРИ

	Номи	Халқаро	Ўзбекча
$10000000000000000000 = 10^{18}$	экса	E	Э
$1000000000000000000 = 10^{15}$	пэта	P	П
$100000000000000000 = 10^{12}$	тера	T	Т
$10000000000000000 = 10^9$	гига	G	Г
$100000000 = 10^6$	мега	M	М
$1000 = 10^3$	кило	K	к
$100 = 10^2$	гекто	H	г
$10 = 10^1$	дека	Da	да
$0,1 = 10^{-1}$	деци	D	д
$0,01 = 10^{-2}$	сант	C	с
$0,001 = 10^{-3}$	милли	M	м
$0,000001 = 10^{-6}$	м. кро	μ	мкм
$0,000000001 = 10^{-9}$	нано	N	н
$0,000000000001 = 10^{-12}$	пико	P	п
$0,000000000000001 = 10^{-15}$	фемто	F	ф
$0,000000000000000001 = 10^{-18}$	атто	A	а

## КИРИШ УСЛУБИЙ КЎРСАГМАЛАРИ

Жараёнлар ва қурилмалар фанидан амалий машғулотлар таълиқнинг асосий мақсади - бу талабаларни намунавий мисолларни конкрет масалаларни ечиш орқали типик қурилмаларни ҳисоблаш ва лойиҳалашга ўргатиш.

Халқаро бирлик системаси (СИ) да, асосий ўлчов бирликлари қуйидагилар хизмат қилади:

узунлик.	- метр (м);
масса	- килограмм (кг);
вақт	- секунд (с);
электр токининг кучи	- Ампер (А);
температура	- Кельвин (К);
ёруғлик кучи	- кандела (кд);
молда миқдори	- моль.

Ундан ташқари, стандартда яна иккита қўшимча бирлик намунада тутилган:

ясси бурчак	- радиан (рад);
фазовий бурчак	- стерadian (ср).

Қолган ҳамма бирликлар шу юқорида қайд этилган бирликлар системасида келтирилиб чиқарилган ва уларнинг бирликлари физик таълиқлар орқали топилди.

Мисол ёки масалани ечишни бошлашдан аввал қурилманинг системасини чиқиб олиб, унга ҳамма ўлчам ва катталиқлар қўйилади. Сўнгра, оқимларнинг ҳаракат йўналиши белгиланади ва унинг ишлаш принципи батафсил ўрганилади.

Ундан кейин, масаланинг шўшланғич маълумотлари ва асосий ҳисоблаш таълиқа ва формулалари аниқланади. Сўнгра, масалани алоҳида хусусий саволларга бўлинади, оқимларнинг турли физик хоссаларининг керакли сон қийматлари аниқлаб олинади.

Ҳисоблаш формуласига параметрларнинг сон қийматларини қўйиб, тўғри қўйилгани текширилади ва ундан кейин арифметик ҳисоблашга киришилади. Олинган жавоб, қурилма ёки ускунанинг амалий ишлаш режасига тўғри келиши, мисолига таълиқий ўқитиш назардан таҳлил қилиниши керак.

Талабалар гуруҳининг амалий машғулоти пайтида улар асосий қўшимча адабиётлардан фойдаланишни ўрганиши керак. Аудиторияда ўтказиладиган машғулотлардан мақсад, талаблар техник ҳисоблашлар олиб боришни мукамал эгаллашидир.

Баъзи мисол ва масаларни ечишда, талабалар шахсий компьютерларни қўллаши ушбу фанни яхши ўзлаштиришга ёрдам беради.

Мисол ва масаларни ечиш кетма-кетлигини аниқ, систематик равишда ва ёзувларни тартибли келтирилиши талабанинг вақтинчалик тежасига ва ўқитувчи вақтининг самарали ишлатилишига олиб келади.

Услубий кўрсатмаларнинг якунида баъзи бир параметрларнинг ўлчов бирликлари аниқлашни ва улар орасидаги боғлиқликларни кўриб чиқамиз.

1. СИ системасида динамик қовушоқлик коэффициентининг ўлчов бирлигини топамиз.

Ньютон тенгласига биноан, суюқлик қатламларининг параллел ҳаракати пайтида ҳосил бўладиган ишқаланиш кучи ушбу кўринишга эга:

$$F = \mu \cdot F \cdot \frac{dw}{dy}$$

бу ерда  $\mu$  - динамик қовушоқлик коэффициенти;

$F$  - ишқаланиш юзаси;

$dw/dy$  - тезлик градиенти.

Ушбу тенгламани  $\mu$  га нисбатан ечилса,  $\mu$  параметр учун қуйидаги ўлчов бирлиги келиб чиқади:

$$[\mu] = \left[ \frac{P \cdot dy}{F \cdot dw} \right] = \frac{H \cdot c \cdot m}{m^2 \cdot m} = \frac{H \cdot c}{m^2} = Pa \cdot c = \frac{kg \cdot m \cdot c}{c^2 \cdot m^2} = \frac{kg}{m \cdot c}$$

СИ системасида иссиқлик ўтказувчанлик параметрининг ўлчов бирлиги топилсин.

Текис девордан ўтаётган иссиқлик миқдори  $Q$  ни аниқлаш

тенгламаси қуйидаги кўринишга эга:

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} \cdot F \cdot \Delta t$$

бу ерда  $\lambda$  — иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентини;  $\delta$  — девор қалинлиги;  $F$  — иссиқлик ўтаётган юза;  $\Delta t$  — температуралар фарқи.

Бу тенгламани  $\lambda$  га нисбатан ечилса, қуйидаги натижани оламиз:

$$[\lambda] = \left[ \frac{Q \cdot \delta}{F \cdot \Delta t} \right] = \frac{\frac{\text{Ж}}{\text{с}} \cdot \text{м}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} = \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

3. Динамик қовушоқлик коэффициентининг СИ ва СГС системаларида ўлчов бирликлари орасидаги боғланиш аниқлансин:

$$1 \text{ Па} \cdot \text{с} = 1 \frac{\text{кг}}{\text{м} \cdot \text{с}} = \frac{1000 \text{ г}}{100 \text{ см} \cdot \text{с}} = 10 \frac{\text{г}}{\text{см} \cdot \text{с}} = 10 \text{ П} = 100 \text{ сП};$$

$$1 \text{ сП} = 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с} = 1 \text{ мПа} \cdot \text{с}$$

4. Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентининг ўлчов бирликлари орасидаги нисбат топилсин.

$$1 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{соат} \cdot ^\circ\text{С}} = \frac{4190 \text{ Ж}}{\text{м} \cdot 3600 \cdot \text{с} \cdot \text{К}} = 1,163 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

## 1 - боб. АМАЛИЙ ГИДРАВЛИКА АСОСЛАРИ

### Ҳисоблаш формуллари ва асосий боғлиқликлар

1. Солиштирма оғирлик  $\gamma$  ва зичлик  $\rho$  ўртасида ўзаро боғланиш қуйидаги тенглик билан ифодаланади:

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

2. Нисбий зичлик  $\Delta$  деб модда зичлигининг  $\rho$  (солиштирма оғирлик  $\gamma$ ) сув зичлиги  $\rho_c$  (солиштирма оғирлик  $\gamma_c$ ) нисбатига ай-тилади ва у қуйидагича ёзилади:

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

3. Суюқлик аралашмасининг ҳажми компонентлар ҳажмларининг йиғиндисига тенг деб қабул қилиб, унинг зичли-гини ушбу формула ёрдамида ҳисоблаб топиш мумкин:

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

$x_1, x_2$  - компонентларнинг массавий қисми;

$\rho_{ар}, \rho_1, \rho_2$  - аралашма ва компонентларнинг зичлиги,  $\text{кг/м}^3$ .

4. Худди шунга ўхшаш формула ёрдамида суспензия зичлиги-ни топиш мумкин:

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

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

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

бу срда  $\rho_0 = M/22,4$  нормал шароитда ( $0^\circ\text{C}$  ва  $760$  мм.сим.уст.) газнинг зичлиги,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$M$  - моляр масса,  $\text{кг}$ ;  $T$  - температура,  $\text{K}$ .

6. Газ аралашмасининг зичлиги эса қуйидаги тенгламадан топилади;

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

7. Курилмадаги абсолют босим қуйидаги формула орқали ҳисобланади:

$$P = P_{\text{атм}} + P_{\text{ман}} \quad (1.7)$$

ёки

$$P = P_{\text{атм}} - P_{\text{вак}} \quad (1.8)$$

бу срда  $P_{\text{атм}}$  - атмосфера босими,  $\text{Па}$ ;  $P_{\text{ман}}$  - манометрда ўлчаган босим,  $\text{Па}$ ;  $P_{\text{вак}}$  - вакуумметрда ўлчанган босим,  $\text{Па}$ .

8. Баландлиги  $h$  ва зичлиги  $\rho$  бўлган суюқликнинг босими ушбу ифода орқали аниқланади:  $\circ$

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

Ушбу ифодага асосланиб, босим ўлчов бирликлари орасидаги нисбатларни топиш мумкин:  $1 \text{ атм.} = 760$

$\text{мм.сим.уст.} = \rho \cdot g \cdot h = 13600 \cdot 9,81 \cdot 0,76 = 1,013 \cdot 10^5$   $\text{Па} = 1,03 \cdot 10^4$

$\text{мм.суб.уст.} = 1,03 \cdot 10^4 \text{ кг}\cdot\text{к}/\text{м}^2 = 1,03 \text{ г}\cdot\text{к}/\text{см}^2$ .

9. Гидростатиканинг асосий тенгламаси ушбу кўринишга эга:

$$P = P_0 + \rho \cdot g \cdot h \quad (1.10)$$

10. Динамик қовушоқлик коэффициентини  $\mu$  шу суюқлик зичлигига нисбати кинематик қовушоқлик дейилган ва  $\mu$  билан белгиланади:

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

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

## 1 - бoб. АМАЛИЙ ГИДРАВЛИКА АСОСЛАРИ

### Ҳисоблаш формуллари ва асосий боғлиқликлар

1. Солиштирма оғирлик  $\gamma$  ва зичлик  $\rho$  ўртасида ўзаро боғланиш қуйидаги тенглик билан ифодаланади:

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

2. Нисбий зичлик  $\Delta$  деб модда зичлигининг  $\rho$  (солиштирма оғирлик  $\gamma$ ) сув зичлиги  $\rho_c$  (солиштирма оғирлик  $\gamma_c$ ) нисбатига ай-тилади ва у қуйидагича ёзилади:

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

3. Суюқлик аралашмасининг ҳажми компонентлар ҳажмларининг йиғиндисига тенг деб қабул қилиб, унинг зичли-гини ушбу формула ёрдамида ҳисоблаб топиш мумкин:

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

$x_1, x_2$  - компонентларнинг массавий қисми;

$\rho_{\text{ар}}, \rho_1, \rho_2$  - аралашма ва компонентларнинг зичлиги,  $\text{кг/м}^3$ .

4. Худди шунга ўхшаш формула ёрдамида суспензия зичлиги-ни топиш мумкин:

$$\frac{1}{\rho_{\text{сх}}} = \frac{x}{\rho_x} + \frac{1-x}{\rho_c} \quad (1.4)$$

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

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

бу ерда  $\rho = M/22,4$  нормал шароитда ( $0^\circ\text{C}$  ва  $760$  мм.сим.уст.) газнинг зичлиги,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$M$  - моляр масса,  $\text{кг}$ ;  $T$  - температура,  $\text{К}$ .

6. Газ аралашмасининг зичлиги эса қуйидаги тенгламадан топилади;

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

7. Қурилмадаги абсолют босим қуйидаги формула орқали ҳисобланади:

$$P = P_{\text{атм}} + P_{\text{ман}} \quad (1.7)$$

ёки

$$P = P_{\text{атм}} - P_{\text{вак}} \quad (1.8)$$

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

8. Баландлиги  $h$  ва зичлиги  $\rho$  бўлган суюқликнинг босими ушбу ифода орқали аниқланади: ◦

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

Ушбу ифодага асосланиб, босим ўлчов бирликлари орасидаги нисбатларни топиш мумкин:

$1 \text{ атм.} = 760 \text{ мм.сим.уст.} = \rho \cdot g \cdot h = 13600 \cdot 9,81 \cdot 0,76 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па} = 1,03 \cdot 10^4 \text{ мм.суб.уст.} = 1,03 \cdot 10^4 \text{ кг-к}/\text{м}^2 = 1,03 \text{ г-к}/\text{см}^2$

9. Гидростатиканинг асосий тенгламаси ушбу кўринишга эга:

$$P = P_0 + \rho \cdot g \cdot h \quad (1.10)$$

10. Динамик қовушоқлик коэффициентини  $\mu$  шу суюқлик зичлигига нисбати кинематик қовушоқлик дейилди ва  $\mu$  билан белгиланади:

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

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

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

Маъсавий сарфи  $M$  (кг/с) эса қуйидагича аниқланади:

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

12. Цилиндрсимон трубалар учун тенглама қуйидаги кўринишига эга:

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

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

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

Цилиндрсимон ўзгарувчан кўндаланг кесим юзаси дан оқаятган сиқилмайдиган суюқлик оқимининг узлуксизлик тенгламаси:

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

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

$$Re = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu} \quad (1.16)$$

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

$Re < 2320$                       бў-са, ламинар режими;  
 $2320 < Re < 10000$         оралиқда ўткинчи соҳа;  
 $Re > 10000$                     бўлса, тургун турбулент режими.

Трубаларда оқаятган суюқнинг ўртача  $w_{\text{ўр}}$  ва максимал  $w_{\text{макс}}$  тезликлари орасидаги функцияси оқимнинг ҳаракат режимига боғлиқдир:

ламинар режимдан                       $w_{\text{ўр}} = 0,5 \cdot w_{\text{макс}}$ .

турбулент режимдан  $w_{yp} = (0,8-0,9) \cdot w_{max}$ .

14. Суюқликлар сарфини нормал ўлчов диафрагмасида аниқлаш. Ҳажмий сарф формуласи:

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

$\alpha$  - нормал диафрагманинг сарф коэффициенти (55-адвалдан олинади);  $k$  - девор гадир-будурлигини ҳисобга олувчи тузатиш коэффициенти; гидравлик силлиқ трубалар учун  $k=1$ ;  $f_0 = 0,785 \cdot d^2$  - диафрагма тешигининг юзаси;  $d_0$  - диафрагмага уланган дифманометрдаги суюқлик сатҳларининг фарқи;  $\rho_m$  - дифманометрдаги суюқлик зичлиги;  $\rho$  - трубада оқатган суюқлик зичлиги.

15. Пито-Прандтл найчаси ёрдамида суюқликнинг сарфини ва тезлигини аниқлаш.

$$W_{max} = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot H \cdot (\rho_m - \rho)}{\rho}}$$

Агар ламинар режим бўл э,

$$w_{yp} = 0,5 \cdot w_{max}$$

Турбулент режимда эса

$$w_{yp} = (0,8-0,9) \cdot w_{max}$$

$$V = w \cdot f$$

Бу ерда  $f$  - труба қўндаланг кесими юзаси,  $m^2$ ;

Насос двигателига талаб этиладиган қувват ушбу формула билан ҳисобланади:

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

Бу ерда  $\Delta P$  - тармоқнинг тўлиқ гидравлик қаршилиги ва у қуйидагича топилади:

$$\Delta P = \Delta P_m + \Delta P_{\text{вх}} + \Delta P_{\text{сн}} + \Delta P_{\text{а1}} + \Delta P_{\text{а1,в}} \quad (1.19)$$

$\Delta P_m$  — тезлик босими.

Ишқаланиш қаршилигида босимни йўқотилиши қуйидаги тенглама орқали аниқланади:

$$\Delta P_m = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho \cdot w^3}{2} \quad (1.20)$$

Ишқаланиш коэффиценти  $\lambda$  нинг сон қийматлари маълум параметрлар асосида 1.1 ва 1.2-расмлардан ёки пастда келтирилган формулалар ёрдамида аниқланади:

Ламинар режимида

$$\lambda = \frac{54}{Re} \quad (1.21)$$

Турбулент режимида эса

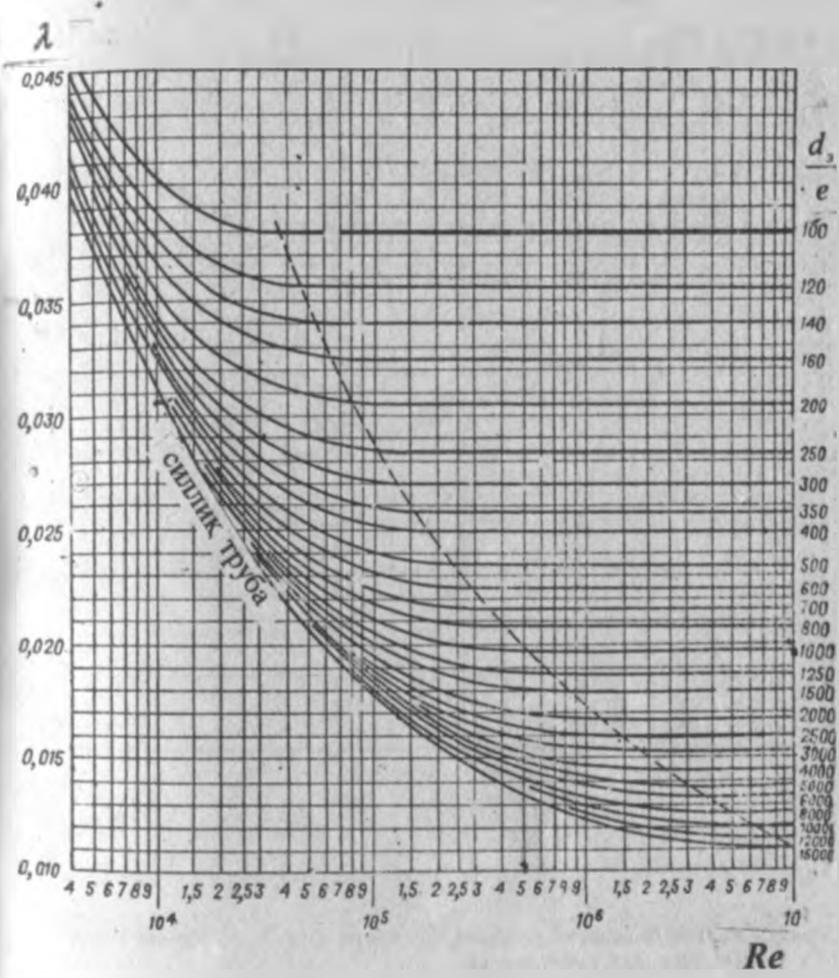
$$\lambda = \frac{0,316}{Re^{0,25}} \quad (1.22)$$

Тармоқдаги маҳаллий қаршиликларда босимнинг йўқотилиши қуйидаги тенглама ёрдамида топилади

$$\Delta P = \sum \zeta_m \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} \quad (1.23)$$

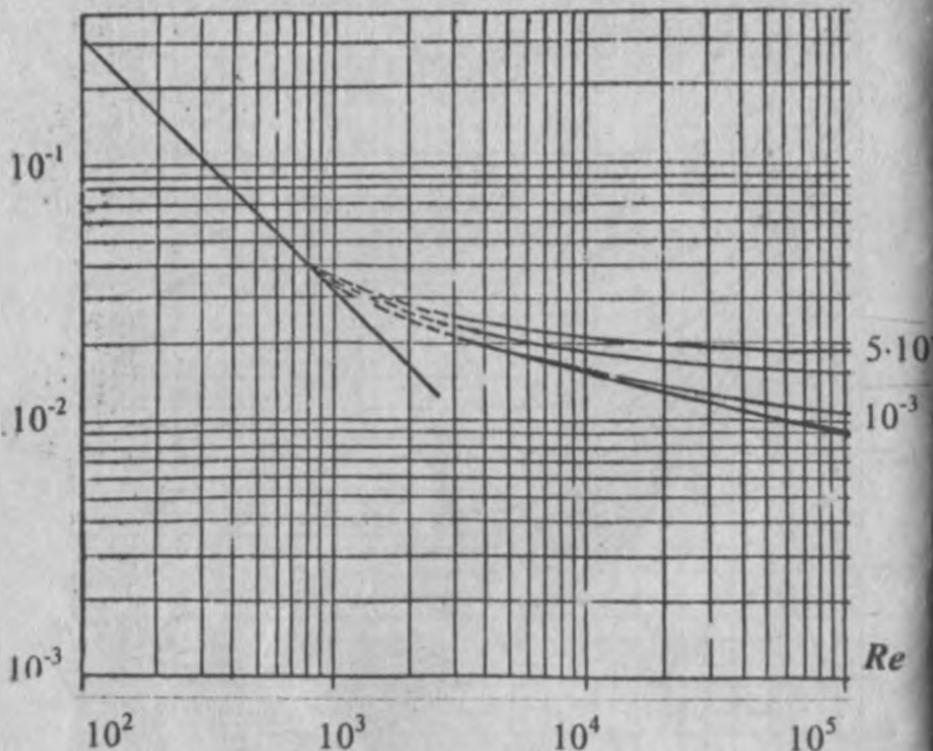
Ички ишқаланиш ва маҳаллий қаршиликлар туфайли босимни йўқотилиши ушбу тенгламадан ҳисоблаб топилади

$$\Delta P = \left( 1 + \lambda \frac{l}{d} + \sum \zeta \right) \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} + \rho \cdot g \cdot h_{\text{сум}} + (P_2 - P_1) \quad (1.24)$$



1.1-расм. Ишқалиниш коэффициенти  $\lambda$  нинг Рейнольдс критерийси  $Re$  ва галир-будурлик даражаси  $d_3/e$  га буюклиги.  
 $d_3$ -эквивалент диаметр, м;  $e$ -труба ички юзасидан галир-будурлик дунглигининг уртача баландлиги, м.

$$Eu\Gamma = \lambda/2$$

 $e/d,$ 

1.2-расм.  $Eu\Gamma = \lambda/2$  нисбатининг Рейнольдс критерийси  $Re$  ва нисбий гидр-будурлик  $e/d$ , га боғлиқлиги.

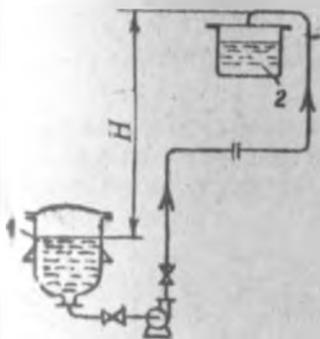
Труба қувурларини ҳисоблаш.

Бунинг учун масала асосан 3 параметрга нисбатан ечилади:

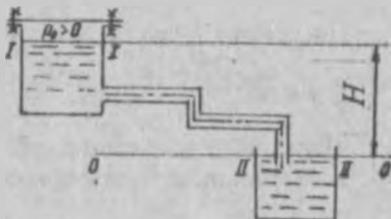
1. Суюқлик сарфини аниқлаш  $V_c$ ,  $m^3/c$ ;
2. Суюқлик энергиясини аниқлаш  $I'$ ,  $m$ ;
3. Труба қувурининг диаметрини аниқлаш  $d$ ,  $m$ .

## МИСОЛЛАРНИ ИШЛАШ НАМУНАСИ

1-1. Реактор 1 дан босим идиши 2 га (1.3-расм) насос ёрдамида  $45^{\circ}\text{C}$  ли хлорбензол 10 т/соат массавий сарфда узатиляпти. Босим идишида атмосфера босими, реактордаги суюқлик сатҳи устида эса 200 мм.сим.уст. (26,6 кПа), труба қувур узунлиги 26,6 м, остига емирилишга дучор бўлган диаметри 76x4 мм ли пўлат трубалардан ясалган. Труба гармоғица 2 та кран, диафрагма ( $\sigma=48$  мм), 5-та тўғри бурчак остида трубанинг бирдан бурилиши ( $r/d=3$ ). Хлорбензол  $H=15$  м баландликка кўтарилмоқда.



1.3-расм. 1-1 масалага оид шартли схема



1.4-расм. 1-3 масалага оид олдий труба қувурининг схемаси.

Қурилманинг ф.и.к.=0,7 деб қабул қилиб, насос истеъмол қилаётган қуввати топилсин.

Бошланғич маълумотлар жадвали:

Берилган:  $G = 10$  т/соат = 10000/3600 кг/с;

$t = 45^{\circ}\text{C}$ ;

$P = 735 \text{ мм.сим.уст.};$   
 $P = (P_2 - 200) \cdot 133,3 \text{ Па};$   
 $\phi_{\text{ф.к.}} = 0,7;$   
 $P = 9,81 \times 10^4 \text{ Па};$   
 $d = 68 \text{ мм};$   
 $H = 15 \text{ м};$   
 $L = 26,6 \text{ м};$   
 $h = 15 \text{ м}.$

Маҳаллий қаршиликлар:

кранлар 2	$2 \times 2 = 4$
диафрагма 1	$1 \times 4 = 4$
тўғри бурчакли бурилиш 5	$0,13 \times 5 = 0,65$
	$\alpha = 90^\circ$
кириш 1	$0,5 \times 1 = 0,5$
чиқиш 1	$\Sigma \zeta = 9,95$

Насоснинг қуввати  $N$  ни топинг.

**Е ч ш:**

Масалани ечиш схемасини тузамиз.

1. Масаланинг бош формуласи:

$$N = \frac{\Delta P \cdot Q}{1000 \cdot \eta}, \text{ кВт}$$

Секундлик ҳажмий сарф  $Q$

$$Q = \frac{G}{\rho}, \text{ м}^3/\text{с}$$

бу ерда  $\rho = 1080 \text{ кг/м}^3$  – суюқлик зичлиги;

$$Q = \frac{10000}{3600 \cdot 1080} = 0,0025 \text{ м}^3/\text{с}$$

Оқимнинг ўртага тегиши секундлик сарф тенгламадан топилди:

$$w = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 0,0025}{3,14 \cdot 0,068^2} = 0,69 \text{ м/с}$$

Оқим ҳаракат режими  $Re$  критерийси ёрдамида ифодаланади:

$$Re = \frac{0,69 \cdot 0,068 \cdot 1080}{0,00066} = 76634$$

$Re > 10000$  бўлгани учун ҳаракат режими тургун турбулент ре-  
жим. Шунинг учун, муҳитнинг қаршилик коэффициенти:

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{76634}} = 0,019$$

формуласи орқали ҳисобланади.

Маҳаллий қаршиликлар йиғиндиси 9,95 тенг. Босим  
ёқотилишини аниқлаймиз.

$$\begin{aligned} \Delta P &= \left(1 + \lambda \cdot \frac{1}{d} + \sum \zeta\right) \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} + \rho \cdot g \cdot h_{\text{сум}} + (P_2 - P_1) = \\ &= \left(1 + 0,019 \cdot \frac{26,6}{0,68} + 9,95\right) \cdot \frac{0,69^2 \cdot 9,81}{2} + 1080 \cdot 9,81 \cdot 15 + \\ &+ \left[9,8 \cdot 10^4 - (735 - 200) \cdot 133,3\right] = 185734 \text{ Па} \end{aligned}$$

Насосга кераклик қувватни аниқлаймиз.

$$N = \frac{185734 \cdot 0,0025}{1000 \cdot 0,7} = 0,663 \text{ кВт}$$

1-2.  $120 \text{ кг/м}^3$  массавий сарфда водородни узатчи учун труба  
қувурининг диаметри ҳисоблансин. Труба қувурининг узунлиги  
1000 м. Рухсат этилган босимнинг ёқотилиши  $\Delta p = 110$  мм сув  
уст. (1080 Па). Водороднинг зичлиги  $0,0825 \text{ кг/м}^3$ . Ишқаланиш  
коэффициенти  $\lambda = 0,03$ .

**Е ч и ш:**

Узун, магистрал газ қувурларида босим асосан ишқаланиш қаршилигини енгилш учун сарф бўлади. Шунинг учун босимнинг йўқотилиши  $\Delta p = \Delta p_{\text{м}}$  га тенг деса бўлади

Оқимнинг тезлиги:

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

Унда

$$\Delta p = \lambda \cdot \frac{L^2}{d} \cdot \frac{V^2 \cdot \rho}{2 \cdot 0,785^2 \cdot d^4}$$

Ушбу тенгламани диаметрга нисбатан ечсак,

$$d = C \cdot \sqrt[3]{\frac{L \cdot V^2 \cdot \rho}{\Delta p}}$$

трубанинг диаметрини топамиз. Бизнинг масала учун коэффициент  $C$  қуйидаги қийматга тенг бўлади:

$$C = \sqrt[3]{\frac{\lambda}{0,785^2 \cdot 2}} = \sqrt[3]{\frac{0,03}{0,785^2 \cdot 2}} = 0,48$$

Волороднинг секундли ҳажмий сарфи:

$$V = \frac{120}{0,0825 \cdot 3600} = 0,405 \text{ м}^3/\text{с}$$

$\Delta p = 1109,81 = 1080$  Па эканлигини ҳисобга олсак, унда

$$d = 0,48 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,0825 \cdot 0,405^2 \cdot 1000}{1080}} = 0,2 \text{ м}$$

1-3. Температураси  $50^\circ\text{C}$ , зичлиги  $900 \text{ кг/м}^3$  бўлган какао ёғи бир идишдан иккинчисига трубалар орқали узатилмоқда (1.4 расм). Агарда трубанинг гадир-будурлиги  $\epsilon = 0,8 \text{ мм}$ , узунлиги  $l = 150 \text{ м}$ ,  $H = 6 \text{ м}$ ,  $p_0 = 220 \text{ кПа}$  ва ёғнинг сарфи  $V_c = 0,0005 \text{ м}^3/\text{с}$  бўлса, трубанинг диаметри аниқлансин.

**Ечиш:**

Масалани ечиш қуйидаги кетма-кетликда олиб борилади.

1) Ш-Ш ва П-П қуйидаланг кесимлар учун Бернулли тенглама-и ёзилади.

$$H + \frac{P_0}{\rho \cdot g} = \left[ \zeta_{\text{кыр}} + 3 \cdot \zeta_{90} + \lambda \cdot \frac{l}{d} + \zeta_{\text{чик}} \right] \cdot \frac{w^2}{2 \cdot g} = f(d)$$

2) Суюқлик ҳаракати зоналарини инобатга олиб  $f(d)$  ҳисобланади. Бунинг учун  $d_{\text{деф}}$  нинг бир неча қийматини ихтиёрӣ олинади ва натижаларини 1-1 жадвалга тартиб билан ёзилади ва улар асосида график қурилади.

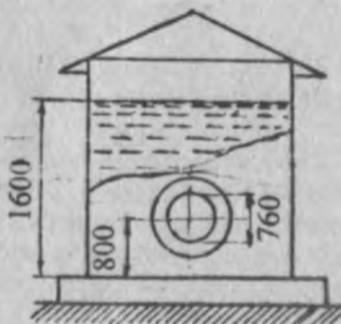
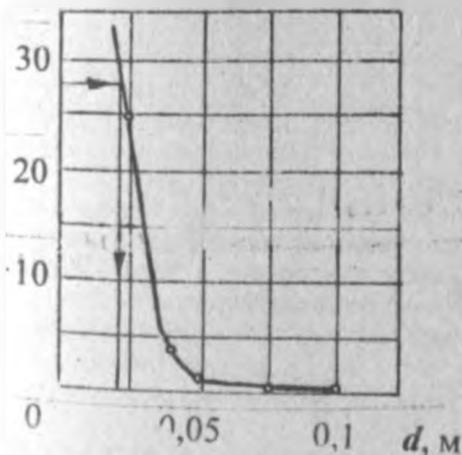
Бу ерда

$$w = \frac{4 \cdot V_{\text{с}}}{\pi \cdot d^2}; \quad \text{Re} = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu}$$

$\mu = 0,0278$  Па·с — 30-жадвалдан олинади.

$\zeta_{\text{кыр}} = 0,5; \zeta_{90} = 1,1; \zeta_{\text{чик}} = 1,0$  — иловадаги 53-жадвалдан тенланади.

$f(d)$ , м



1.5-расм. 1-3 масалага тегишли биликлик

1.6-расм. 1-4 масалага оид шартли схема

Ордината ўқига  $A=H+p_0/\rho \cdot g$  қўйилиб, трубали керакли ди. метри топилади (1.5-расм). Унинг сон қиймати  $d_{\text{деи}}=0,022$  м га тенг бўлади. Ушбу қиймат асосида стандарт ўлчамли диаметрغاча яхлитлаймиз, яъни  $d_{\text{деи}}=0,025$  м.

Труба қувури диаметри керагидан катта бўлгани учун ундан оқиб ўтаётган суюқлик миқдори ҳам кўп бўлади. Демак, қувурдаги сарфни ростлаш учун вентил (ёки задвижка) ўрнатилиши лозимдир. Бу ўрнатилган вентил қаршилиқ коэффициентини Бернулли тенгламаси орқали топилади:

$$H + \frac{P_0}{\rho \cdot g} = \left[ \zeta_{\text{вент}} + 3 \cdot \zeta_{\text{ок}} + \lambda \cdot \frac{l}{d} + \zeta_{\text{вих}} + \zeta_{\text{вент}} \right] \cdot \frac{w^2}{2 \cdot g}$$

$$28,45 = f(0,025) + \zeta_{\text{вент}} \cdot \frac{w^2}{2 \cdot g}$$

Ҳисоблаш натижасида  $\zeta_{\text{вент}}=63,1$  эканлиги аниқланди. Бу эса, вентилнинг қисман очиклиги ҳолатига тўғри келади.

1-1 жадвал

$d_{\text{деи}}, \text{ м}$	0,1	0,075	0,05	0,04	0,025	0,015
$w^2, \text{ м}^2/\text{с}^2$	0,067	0,113	0,255	0,3988	1,02	2,883
Re	216,6	274,4	413,0	515,4	825,5	1374,3
$\lambda$	0,295	0,233	0,155	0,124	0,078	0,047
$f(d), \text{ м}$	0,098	0,305	1,560	3,790	25,10	194,1
$H + \frac{P_0}{\rho \cdot g}, \text{ м}$	28,45	28,45	28,45	28,45	28,45	28,45

1-4. Суг биринчи қаватда ўрнатилган резервуардан иккинчи қаватга кўтарилаётган бўлса, ушбу резервуарда қандай миқдорда вакуум ҳосил қилиш керак? Умумий сўриш баландлиги 5 м (гидравлик қаршилиқларчи инobatга олмаса ҳам бўлади). Сугнинг нисбий зичлиги 1,03.

**Е ч и ш:**

Маълум баландликка суюқликни кўтариш учун зарур вакуум миқдори ушбу формуладан топилади:

$$p_0 = \rho \cdot g \cdot (10 - H_c) = 1030 \cdot 9,81 \cdot (10 - 5) = 49500 \text{ Па}$$

## КОНТРОЛ МАСАЛАЛАР

1.1. Пахта ёғининг нисбий зичлиги 0,92, қанд эритмасиники 1,23, узум шарбатиники эса 0,7. Халқаро бирлик системаси (СИ) да уларнинг зичлиги қанча бўлади?

1.2. Сульфат кислота ишлаб чиқувчи заводнинг қуритиш минорасидаги U - симон ўлчагичда сийракланиш қиймати 3 см ни кўрсатапти. U-симон манометрга зичлиги  $1800 \text{ кг/м}^3$  бўлган  $\text{H}_2\text{SO}_4$  тўлдирилган. Агарда барометрик босим 750 мм.с.м.уст. бўлса, минорадаги абсолют босим (Па) қиймати ҳисоблансин.

1.3. Суюқлик билан тўлдирилган қувурдаги манометр 0,18  $\text{кг/см}^2$  босимни кўрсатапти. Труба ичида сув ёки  $\text{CCl}_4$  бўлганда, очик пьезометрдаги суюқлик манометр уланган сатҳдан қандай баландлик h га кўтарилади?

1.4. Мазутнинг идишдаги баландлиги 7,6 м (1.6-расм). Мазутнинг нисбий зичлиги 0,96. Резервуарнинг тубидан 800 мм баландликда диаметри 760 мм бўлган тешик қопқоқ жойлаштирилган. У 10 мм ли болтлар билан қотирилган. Болтлар учун узлишга рухсат этилган учлаи иш 700  $\text{кг/см}^2$  бўлса, зарур бўлган болтлар сонини аниқланг. Ундан ташқари, мазутнинг резервуар остига кўрсатаётган босимини ҳам топинг.

1.5. Қўл гидравлик прессининг диаметри 40 мм ли кичик поршенига таъсир этаётган куч миқдори 589 Н. Агар қатъи поршен диаметри 300 мм бўлса, кучлар йўқотилишини ҳисобга олинмаса, прессланаётган кунгабоқар мағзига таъсир этаётган куч аниқлانسин.

1.6. Температураси  $30^\circ\text{C}$  ли оливка ёғининг динамик қовушоқлик коэффициенти 80 мПа с га ва нисбий зичлиги 0,91 тенг. Кинематик қовушоқлик коэффициенти топилсин.

1.7. Совитгич диаметри 20x2 мм ли 19 та трубадан иборат. Совитгичнинг трубалараро бўшлиғи диаметри 57x3,5 мм трубадан ясалган бўлиб, ундан 1,4 м/с тезликда қанд қиёми оқиб ўтмоқда. Қанд қиёми пастандан юқорига қараб ҳаракат қилганда, совитгич трубалари ичидаги тезлиги аниқлансин.

1.8. Диаметри 16x1,5 мм ли 379 та трубадан иборат иссиқлик алмашиниш қўрилмасидан  $6400 \text{ м}^3/\text{соат}$  миқдорига,  $P=3 \text{ кг/см}^2$  босим остида азот ўтмоқда ( $0^\circ\text{C}$  да ва 760 мм.с.м.уст. деб ҳисоблаб). Азот иссиқлик алмашиниш қўрилмасига  $120^\circ\text{C}$  да кириб  $30^\circ\text{C}$  да чиқиб кетмоқда. Азотнинг иссиқлик алмашиниш

трубаларига кириш ва улардан чиқиш тезликларини аниқлаш керак.

1.9. Халқа, квадрат, тўғри тўртбурчак, тенг ёнли учбурчак кўндаланг кесимли қувурлар учун умумий кўринишда гидравлик радиусини аниқланг.

1.10. Кожух-трубали иссиқлик алмашиниш қурилмаси трубалараро бўшлиғининг эквивалент диаметрини аниқлаш керак. Қурилма диаметри 38x2,5 мм. ли 61 та трубалардан ташкил топган. Кобиг (кожух) нинг ички диаметри 625 мм.

1.11. "Труба ичида труба" иссиқлик алмашиниш қурилман: нг трубаси ичида оқайган этил спиртининг ҳаракат режимини аниқлаш керак. Қурилманинг ички трубасининг диаметри 57x3 мм ва ташқи труба диаметри 96x3,5 мм, этил спирги сарфи 3,6 м<sup>3</sup>/соат, температураси 20°С.

1.12. Диаметри 64x3 мм ли зангламайдиган юқори сифатли Х18Н10Т пулатдан ёсалган трубадан 32 т/соат массавий сарф билан азот кислотаси ҳайдалмоқда. Суюқлик йўналишида трубада нормал вентил, тусик, 110° бурчак остида 2 та тирсак ва 90° бурчакли 2 та тирсак ўрнатилган. Трубанинг 64 м ли узунлиқдаги бўлагинида босимнинг йўқотилиши ҳисоблансин.

1.13. 150 м ли трубада суюқлик ҳаракатланишида босимнинг йўқотилиши ҳисоблансин. Труба ичида ҳаракат қилаётган суюқлик йўлида диаметри 68x4 мм дан 52x3 мм гача тўсатдан тораёиш, сўнг 2 та жумрак ва 2 та 90° ли тирсак қаршиликлар мавжуддир. Трубадан 60°С температурада 1,4 м/с тезликда хлорбензол ҳаракат қилимоқда.

1.14. Насос қурилмаси 5 м<sup>3</sup>/соат сарфда концентрацияси 25% ли кальций хлор (ССL<sub>4</sub>) ни 32 м баландликда жойлашган резервуарга узатмоқда. Труба диаметри 50x2,5 мм, узунлиги 74 м, тезлиги 1,8 м/с га тенг. Аралашма зичлиги 1200 кг/м<sup>3</sup>, қонушоқлик коэффиценти 1,8 сП. Суюқлик йўлида 3 тирсак (90° бурчак остида R<sub>0</sub>/d=4) ва 2 та вентил бор. Агарда ф.и.к. = 0,65 га тенг бўлса, қувватнинг сарфи ҳисоблансин.

1.15. Насос қурилмаси соатига 35 м<sup>3</sup> сувни диаметри 60x2,5 мм ли трубадан 44 м баландликка узатиб бермоқда. Труба тармоғида 3 та силлиқ тирсак ва 2 та вентил бор. Трубанинг узунлиги 95 м. Агарда насоснинг ф.и.к. = 0,6 га тенг бўлса, сарф бўлаётган қувват аниқлансин.

1.16. Диаметри 50x2,5 мм бўлган трубадан температураси 40°С лий аммиак (26%) 5 т/соат массавий сарф билан оқиб ўтаётганда,

труба ўқидаги маҳаллий тезлик аниқлансин. Ҳамма ҳисоблар ўртача тезлик учун ҳам бажарилсин ва ҳаракат режими топилсин.

1.17. 50% ли глицерин  $65 \times 3$  мм ли трубадан 22 т/соат миқдорда оқиб ўтмоқда. Суюқлик температураси  $80^\circ\text{C}$  бўлганда оқимнинг ҳаракат режими ва ўртача тезлигини топинг. Ундан ташқари, труба марказида (ўқида)ги маҳаллий тезлик ҳам аниқлансин.

1.18. Температураси  $60^\circ\text{C}$  булган 18 т/соат миқдорида оқиб ўтаётган  $\text{CCl}_4$  суюқлигининг ўртача тезлиги ва ҳаракат режими топилсин. Труба ўқидаги маҳаллий тезлик ҳам аниқлансин. Труба-нинг диаметри  $62 \times 2$  мм.

1.19. Температураси  $80^\circ\text{C}$  ва ўртача тезлиги 2,1 м/с булган метил спирти "труба ичидаги труба" типидagi иссиқлик алмашиниши қурилмасининг ички трубаси ичида ҳаракатланмоқда. Агар труба диаметри  $50 \times 2,5$  мм лиги маълум бўлса, суюқликнинг сарфи ва труба ичидаги маҳаллий тезлик аниқлансин.

1.20. Температураси  $75^\circ\text{C}$  ва тезлиги 1,3 м/с булган бензол диаметри  $65 \times 2,5$  мм ли тўғри труба орқали ҳаракатлангандаги босимнинг йўқотилиши аниқлансин. Труба-нинг умумий узунлиги 42 м ва суюқлик йўлида 2 та оддий венти́ллар жойлашган.

1.21. Умумий узунлиги 115 м ли трубада 1 та нормал венти́л, 1 та задви́жка, тешиги 10 мм ва қалинлиги 5 мм ли диафрагма, ҳамда  $90^\circ$  мм ли 2 та тирсак жойлашган. Труба диаметри  $57 \times 3,5$  мм Трубадан соатига 25 тонна 80% ли глицерин оқиб ўтаётганда, босим йўқотилиши аниқлансин.

1.22. Диаметри  $60 \times 3$  мм ли труба орқали тезлиги 1,8 м/с ва температураси  $40^\circ\text{C}$  булган сирка кислотаси ҳаракатланса, унинг ички ишқаланишидаги босим йўқотилиши аниқлансин. Бу ҳисоблар труба узунлиги 10 м ва 100 м бўлганда кўриб чиқилсин.

1.23. 70% ли сирка кислотасини 14 т/соат массавий сарфда насос орқали узатишмоқда. Труба-нинг ўлчамлари: диаметри  $53 \times 2,5$  мм га, узунлиги эса 88 м. Умумий босимнинг йўқотилиш қиймати 77 м га тенг. Агарда суюқлик 18 м баландликка кутариб берилиши лозим бўлса, қурилманинг ф.и.к. = 0,7 га тенг бўлса, сарфланадиган қувват миқдори ҳисоблаб топилсин.

1.24. Трубадан нисбий зичлиги 0,9 ва температураси  $60^\circ\text{C}$  булган какао ёғи узатишмоқда. Труба-нинг радиус-бу-урлиги  $e = 0,9$  мм, узунлиги  $l = 200$  м, б: андлиги  $H = 8$  м, суюқлик сарфи  $V_c = 0,001$  м<sup>3</sup>/с ва босими 250 кПа бўлса, унинг диаметри ҳисоблаб топилсин.

1.25. Диаметри  $38 \times 3$  мм ли трубадан соатига  $20^\circ\text{C}$  ли 5 т

узум суслоси оқиб ўтмоқда. Суюқлик тезлиги ва оқини режими аниқлансин.

1.26. Нисбий зичлиги 1,31 тенг қанд қиёми очик цилиндрик идишга қуйиб қўйилган. Унинг маълум бир нуқтасига ўрнатилган манометр  $\rho_{орт} = 0,4 \text{ кг·к/см}^2$  ни кўрсатаётган бўлса, шакар қиёмининг сатҳи ушбу манометр ўрнатилган нуқтадан қандай баландликда бўлади?

1.27. 2 м/с тезликда «Олмалиқ» пивоси эмесвиқда оқиб ўтаётган пайтидаги босимнинг йўқотилиши аниқлансин. Эмесвик диаметри 43x3 мм ли трубадан ясалган ва унинг ўрамасининг диаметри 1,5 м ва ўрамалар сони 6 та. Пивонинг ўртача температураси 20°C.

1.28. Зичлиги  $1032,5 \text{ кг/м}^3$  ва динамик қовушоқлик коэффициентини  $1,2 \cdot 10^{-3} \text{ Пас}$  бўлган сут ўзгармас сатҳли идишдан реакторга табиий ҳолда оқиб тушмоқда. Идишдаги сутнинг сатҳи реакторга кираётган жойидан 5 м юқоридир. Оқиб тушаётган труба диаметри 57 мм, узунлиги 18 м, труба қувурида 4 та тирсак ва кранлар ўрнатилган. Идиш ва реактордаги босим атмосфера босимига тенг. Юқорида қайд этилган шарт-шароитларда, идишдан реакторга энг кўп сиб тушадиган сут миқдори топилсин.

1.29. Температураси 5°C, ажмий сарфи  $18 \text{ м}^3/\text{соат}$  бўлган миқдордаги сут қопхона цехидан омбордаги резервуарга юборилмоқда. Труба қувурининг узунлиги 25 м. Унда 90°ли ( $R_{6ур} = 50 \text{ см}$ ) 5 та тирсак бор. Труба қувурининг диаметри ва гидравлик қаршилиги аниқлансин.

1.30. Сут биринчи қаватда ўрнатилган резервуардан иккинчи қаватга узатилаётган бўлса, ушбу резервуарда қандай миқдорда вакуум ҳосил қилиш керак? Умумий сўриш баландлиги 8 м (гидравлик қаршиликларни инобатга олмаса ҳам бўлади). Сутнинг нисбий зичлиги 1,032.

## КОНТРОЛ ТОПШИРИҚ №1

Температураси  $t = \text{A}^\circ\text{C}$  ва босими  $p = \text{B} \text{ кг·к/см}^2$  бўлганда П модданинг зичлиги Халқаро бирлик системаси (СИ)да аниқлансин. Атмосфера босими 760 мм.с.м.уст. деб олинсин.

Параметр	Ўлчов бирлиги	Шифрнинг охири рақами бўйича вариантлар									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
A	°C	20	30	40	50	60	70	80	90	100	150
B	кг·к, $\frac{1}{2}$	5	20	4	8	10	15	50	30	12	2

Параметр	Шифрнинг охиридан олдинги рақами бўйича вариантлар									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
B	N <sub>2</sub>	Ar	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>

### КОНТРОЛ ТОНШИРИҚ N2

Диаметри 38x3 мм ли трубадан соатига G тонна ва температураси t°C бўлган N суюқлик эқиб ўтмоқда. Суюқликнинг оқим режими ва ўртача ҳаракат тезлигини аниқланг.

Параметр	Ўлчов бирлиги	Шифрнинг охири рақами бўйича вариантлар									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
G	T	0,54	0,9	1,08	1,8	3,6	1,44	1,08	0,72	0,36	0,18
t	°C	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70
N	пахта ёғи, вино, сут, пиво, этил спирти, қанд қиёми, нефть, бензин, мазут, HNO <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , симоҳ, HCl, глицерин, тоғ ол										

## СУЮҚЛИКЛАРНИ УЗАТИШ ВА СИҚИШ

### Ҳисоблаш формулалари ва асосий боғлиқликлар

Киме ва олиқ-овқат саноатларида барча тармоқларида суюқликлар горизонтал ва вертикал трубалар орқал. узатилади. Сув, нефть, бензин, ёғ-мойлар, сут, вино, пиво ва бошқа суюқликларни узатиш учун мўлжалланган машиналар насослар дейилади. Электр двигателнинг механик энергиясини суюқликнинг узатилиш энергиясига айлантирувчи ва унинг босимини оширувчи ва гидравлик машиналар насослар деб аталади. Труба, лнинг бошланғич ва охири нуқталаридаги босимлар фарқи трубалардан суюқликнинг оқиши учун ҳаракатлантирувчи куч ҳисобланади.

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

### Насоснинг асосий параметрлари

Насоснинг вақт бирлиги ичида узатиб берадиган суюқликнинг миқдорига иш унумдорлиги (ёки сарфи) дейилади  $Q$ , ( $\text{м}^3/\text{с}$ ).

1. Вақт бирлигида сўрилган суюқлик ҳажми  $Q$  ни насоснинг сарфи деб аталади. Сўриш  $\text{м}^3/\text{с}$ ,  $\text{л}/\text{с}$  ва бошқа бирликларда ўлчанади.

Марказдан қочма насосларнинг сарфи қуйидагича ҳисобланади:

$$Q = w_1 \cdot (\pi \cdot d_1 - \delta \cdot z) \cdot b_1 \cdot \sin \beta_1 \quad (2.1)$$

ёки

$$Q = w_2 \cdot (\pi \cdot d_2 - \delta \cdot z) \cdot b_2 \cdot \sin \beta_2$$

$w_1, w_2$  - иш вилдирагига кириш ва чиқишдаги нисбий тезликлар;

- $d_1, d_2$  - насос гилдирагининг ички ва ташқи диаметрлари;  
 $\delta$  - насос куракларининг қалинлиги;  
 $z$  - кураклар сони;  
 $b_1, b_2$  - куракларнинг кириш ва чиқишдаги эни;  
 $\beta_1, \beta_2$  - куракларнинг кириш ва чиқишдаги эгрилик бурчаклари.

Энг содда поршенли насоснинг сарфи ушбуга тенг:

$$Q = F \cdot L \cdot \frac{n}{60} \quad (2.2)$$

бу ерда  $F$  - поршен кўндаланг кесимининг юзаси;  $L$  - поршеннинг юриши (бир бориб келишда бир томонга юрган йўлининг узунлиги);  $n$  - поршеннинг бир минутда бориб келиш сони (ёки кривошип-шатунли механизмнинг айланиш сони).

Кўп йўлли поршен насосининг сарфи

$$Q = F \cdot L \cdot \frac{n}{60} \cdot i \quad (2.3)$$

бу ерда  $i$  - насос цилиндрларининг сони.

Икки йўлли бир поршенли насоснинг сарфи:

$$Q = (2 \cdot F - f) \cdot L \cdot \frac{n}{60} \quad (2.4)$$

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

2. Насосдан ўтаётган суюқлик оқими олган солиштирма энергияси насоснинг босими деб аталади ва суюқлик устунининг меғрлари ҳисобида ўлчанади.

$$H = H_p + \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + h_{\text{ув}} \quad (2.5)$$

$h_{\text{ув}} = h_c + h_x$  - трубаининг умумий гидравлик қаршилиги;

$H_p = H_c + H_x$  - геометрик баландлик.

3. Насоснинг вақт бирлигида бажарган иши унинг қуввати дейилади. Қувватнинг ўлчов бирлиги [Вт] ва қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$N_{\phi} = \gamma \cdot Q \cdot H = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q \quad (2.6)$$

Насоснинг ўқидати қуввати фойдали қувватдан каттароқ бўлади, яъни:

$$N_e = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{\eta_n} \quad (2.7)$$

Марказдан қочма насосларнинг ҳосил қилган босими ишчи ғилдиракларнинг айланиш тезлигига боғлиқ бўлади. Насос ишга туширилишидан илгари сүриш трубаи, иш ғилдираги ва қобиқ узатилабган суюқлик билан тўлдирилади. Агар иш ғилдираги билан қобиқ ораларида бўшлиқ бўлса, ишчи ғилдирагининг айланиши натижасида етарли сийракланиш ҳосил бўлмайди.

, Насоснинг иш унумдорлиги, напор, истеъмол қиладиган қуввати иш ғилдиракларининг айланиш частотасининг ўзгаришига боғлиқ бўлади, яъни: айланишлар частотаси  $n_1$  дан  $n_2$  га ортса, уни.г иш унумдорлиги, напори ва истеъмол қиладиган қуввати қуйидагича ўзгаради:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}; \quad \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2; \quad \frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3; \quad (2.8)$$

Иш ғилдиракларининг айланишлар частотаси  $n$  ўзгармас бўлганда насос иш унумдорлиги  $Q$  нинг напори  $H$  насоснинг ўз қуввати  $N$  ва фойдали иш коэф.ициенти  $\eta_n$  билан ўзаро график усулидаги боғлиқлиги насосларнинг хар.ктеристикаси деб юритилади.

Газларни сиқиш ва узатиш учун компрессор машиналардан фойдаланилади. Худди суюқликлар каби, газлар ҳам босимлар фарқи бўлганидагина узатилади. Сиқилган газ босими  $P_2$  нинг сиқилмаган газ босими  $P_1$  га нисбати сиқиш даражаси дейилади.

1. Вентиляторларда  $P_2/P_1 < 1,1$  — кўп миқдордаги газларни узатиш учун фойдаланилади.

2. Газодувкалар  $1,1 < P_2/P_1 < 3$  — газ трубаларида катта қаршилиқ бўлганида ишлатилади.

3. Компрессорлар  $P_2/P_1 > 3$  — юқори босим ҳосил қилиш учун ишлатилади.

4. Вакуум насослар босими атмосфера босимидан паст бўлган газларни сүриш учун ишлатилади. Ишлаш принципига кўра компрессорлар ҳажмий ва парракли бўлади. Газнинг ҳажми, босими ва температураси уртасидаги боғланиш

$$\left(P + \frac{a}{b^2}\right) \cdot (v - b) = R \cdot T \quad (2.9)$$

$P$  - газнинг босими,  $\text{H}/\text{M}^2$ ;  $v$  - газнинг солиштирма ҳажми  $\text{M}^3/\text{кг}$ ;  $R = 8314/\text{M}$  - газларнинг универсал константаси,  $\text{Ж}/\text{кг}\cdot\text{C}$ ;  $\text{M}$  - молекуляр масса,  $\text{кг}/\text{кмоль}$ ;  $T$  - температура,  $\text{K}$ .

$a$  ва  $b$  коэффициентларнинг қаддори қўлланмаларда берилмаша, у критик температура  $T_{\text{кр}}$  ва босим  $P_{\text{кр}}$  орқали қуйидагича топилади:

$$a = \frac{27 \cdot R^2 \cdot T_{\text{кр}}^2}{64 \cdot P_{\text{кр}}} \quad (2.9a)$$

$$b = \frac{R \cdot T}{8 \cdot P_{\text{кр}}}$$

Вентиляторлар Газни паст босимда узатиш учун мўлжалланган машиналар вентиляторлар дейилади. Марказдан қочма вентиляторларнинг характерисикалар худди марказдан қочма насосларникига ўхшаш бўлади. Шунинг учун вентиляторлар насослар каби пропорционаллик қонунига бўйсунди.

$$N = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot Q}{\eta_p} = \frac{Q \cdot \Delta P}{\eta_p} \quad (2.10)$$

бу ерда  $\eta_p$  - вентиляторнинг фойдали иш коэффициенти, узатиш йўлидаги барча сарфларни ҳисобга олади;  $\Delta P$  - босимлар фарқи.

Вентиляторларнинг ҳажмий самарадорлиги юқори бўлганлиги учун унинг ўлчамлари ҳам катта бўлади. Вентилятор ўқидаги қувват қуйидаги тенглама орқали ҳисобланади.

$$N = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot Q}{1000 \cdot \eta} \quad (2.11)$$

$Q$  - иш унумдорлиги,  $\text{M}^3/\text{с}$ ;  $H$  - напор,  $\text{M}$ ,  $\rho$  - газ зичлиги  $\text{кг}/\text{M}^3$ ;  $\eta$  - ф.и.к. (вентиляторнинг аэродинамик ҳусусиятига кўра танла-

нади).

Бу олинган қувват формуллари насоснинг суюқликка берган энергиясини ифодаловчи фойдали қувватни беради. Амалда эса двигателнинг ўқни (вални) айлантиришга сарфлаган қуввати бу қийматга кўра кўп бўлади.

4. Фойдали қувватнинг валга берган қувватга нисбати насоснинг фойдали иш коэффициенти ф.и.к. деб аталади.

$$\eta = \frac{N_{\phi}}{N} \quad (2.12)$$

Буни назарга олганда, суюқликни сўриш учун ишлатилган умумий қувват двигателга сарфланган қувватга тенг.

Умумий қувват қуйидаги формуладан топилади:

$$N_{\text{ум}} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{\eta_H \cdot \eta_{\text{в}} \cdot \eta_{\text{ом}}} \quad (2.13)$$

Насос қурилмаларини ўрнатиш учун зарур бўлган қувват қуйидагича аниқланади:

$$N_e = \beta \cdot N_{\text{ум}}$$

бу ерда  $\beta$  - қувватнинг заҳира коэффициенти ва унинг қийматлари 2.1-жадвалда келтирилган

2.1-жадвал

$N_{\text{ум}}$ , кВт	< 1	1-5	5-50	> 50
$\beta$	< 2-1,5	1,5-1,2	1,2-1,15	1,1

Бир погонали компрессорда 1 кг газни адиабатик сиқиш пайтидаги назарий иш  $L$  (Ж/кг) миқдори қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланиши мумкин:

$$L_{\text{н}} = \frac{1}{k-1} \cdot P_1 \cdot V_1 \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] = \frac{1}{k-1} \cdot RT_1 \cdot \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] \quad (2.14)$$

$$L_{\infty} = i_2 - i_1 \quad (2.15)$$

Адиабатик сиқиш жараёни охиридаги газнинг температураси ушбу тенгламадан топилади:

$$\frac{T_2}{T_1} = \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \quad (2.16)$$

(2.14-2.16) формулаларда:

- $k$  - адиабат кўрсаткичи;
- $P_1$  ва  $P_2$  - газнинг бошланғич ва охириги босими, Па
- $V$  - газнинг бошланғич шароитидаги солиш-ирма ҳажми, яъни  $P_1$  ва  $T_1$  бўлганда,  $m^3/kg$ ;
- $i_1$  ва  $i_2$  - газнинг бошланғич ва охириги энтальпиялари,  $J/kg$ ;

$R = 8310/M$  - газ константаси,  $J/kg \cdot K$ ;

$M$  - газнинг моляр массаси.

$G = 1$  кг газни бошланғич  $P_1$  босимдан охириги  $P_2$  босимга бир поғонада сиқиш пайтида компрессорнинг двигатели истеъмол қиладиган қувват  $N$  (кВт) ушбу тенгламада ҳисобланади:

$$N = \frac{G \cdot L}{3600 \cdot 1000 \cdot \eta} = \frac{G \cdot (i_1 \cdot i_2)}{3600 \cdot 1000 \cdot \eta} \quad (2.17)$$

$\eta$  - компрессор қурилмасининг ф.и.к.

Оддий поршенли компрессор иш унумдорлиги  $C$  ( $m^3/c$ ) ушбу тенгламадан топилади:

$$Q = \lambda \cdot \frac{F \cdot S \cdot n}{60} \quad (2.18)$$

бу ерда  $\lambda$  - ўлчамсиз узатиш коэффициентини;

$F$  - поршен юзаси,  $m^2$ ;

$S$  - поршен ҳаракатининг узунлиги,  $m$ ;

$n$  - айланиш частотаси, айл/мин.

Узатиш коэффициентини:

$$\lambda = (0,8 - 0,95) \cdot \lambda_0 \quad (2.19)$$

Формуладиги  $\lambda_0$  - компрессорнинг ҳажмий ф.и.к. ва у қуйидагича аниқланади:

$$\lambda_0 = 1 - \varepsilon_0 \cdot \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right] \quad (2.20)$$

бу ерда  $\varepsilon_0$  - цилиндрнинг зарарли ҳажмининг поршен ҳаракат ҳажмига нисбати.

$m$  - зарарли бўшлиқда қолиб кетган газ кенгайишининг политрон кўрсаткичи.

Кўп поғонали компрессорда 1 кг газни сиқishi пайтида  $n$  - тарий иш  $L$  (Ж/кг) миқдори қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$L_{\infty} = n \cdot P_1 \cdot V_1 \frac{k}{k-1} \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] = n \cdot R \cdot T_1 \frac{k}{k-1} \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] \quad (2.21)$$

ёки

$$L_{\infty} = \Delta i_1 + \Delta i_2 + \dots + \Delta i_n \quad (2.22)$$

бу ерда  $n$  - сиқishi поғоналари сони;

$\Delta i_1, \Delta i_2, \dots - 1, 2, \dots$  поғоналар учун газнинг энтальпияларининг фарқи.

Кўп поғонали компрессор истеъмол қиладиган қувват (2.17) формула орқали ҳисобланади. Айрим ҳолларда, ҳавони сиқishi компрессорларининг қувватини аниқлаш учун ушбу формуладан ҳам фойдаланилади:

$$N = \frac{1,68 \cdot G \cdot L_{\text{ср}}}{3600 \cdot 1000} = \frac{1,68 \cdot R \cdot T_1 \ln \frac{P_{\text{ср}}}{P_1}}{3600 \cdot 1000} \quad (2.23)$$

1,68 - амалий йўл билан аниқланган коэффициент ва у

ҳақиқий ва изотермик сиқишдаги фарқни ҳисобга олади

Кўп поғонали поршенли компрессор иш унумдорлиги, 1-поғонасининг иш унумдорлиги орқали аниқланади.

Поғоналар орасида босимнинг йўқотилиши ҳисобга олинмаса, сиқиш поғоналарининг сони ушбу тенглама орқали ҳисобланса бўлади:

$$x^n = \frac{P_{ax}}{P_1} \quad (2.24)$$

унда

$$n = \frac{\lg P_{ax} - \lg P_1}{\lg x} \quad (2.25)$$

бу ерда  $x$  - бир поғонада сиқиш даражаси.

### → МИСОЛЛАРНИ ИШЛАШ НАМУНАСИ

2-1. Шестернали насос шестернасининг 12 та тиши бўлиб, унинг эни 42 мм. Ҳар бир тишнинг кўндаланг кесимининг юзаси қўшни шестернанинг ташқи айланаси билан чегараланган бўлиб 980 мм<sup>2</sup> тенгдир. Насоснинг иш унумдорлиги 0,312 м<sup>3</sup>/мин бўлса, насоснинг узатиш коэффициенти аниқлансин.

**Э ч и ш:**

Шестернали насоснинг иш унумдорлиги ушбу формула орқали ҳисоблаб топилади:

$$Q = \eta_v \cdot \frac{2 \cdot f \cdot b \cdot z \cdot n}{60}$$

Назарий узатилган суюқлик миқдори:

$$Q = 2 \cdot f \cdot b \cdot z \cdot n / 60 = 2 \cdot 0,00096 \cdot 0,042 \cdot 12 \cdot 440 / 60 = 0,00708 \text{ м}^3/\text{с}$$

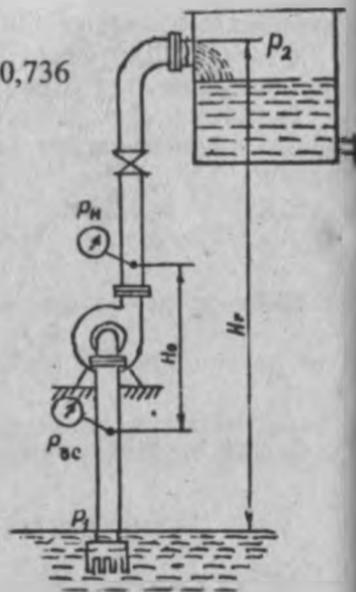
Ҳақиқий узатилган суюқлик миқдори:

$$Q = 0,312 / 60 = 0,0052 \text{ м}^3/\text{с}$$

Бунда, узатиш коэффициенти қуйидагиг тенг булади:

$$\eta_h = \frac{Q}{Q} = \frac{0,0052}{0,00708} = 0,736$$

2-2. Ҳайдаш трубасига қўйилган манометр кўрсаткичи  $3,8 \text{ кгк/см}^2$  ( $0,38 \text{ МПа}$ ) га тенг. Насос суюқлик (сувни)  $8,4 \text{ м}^3$  ҳажмида 1 минутда ҳайдамоқда. Сўриш трубасида жойлашган вакуумметр эса сийракланиш қиймати  $21 \text{ мм.с.м.уст.}$  ( $28 \text{ кПа}$ ) (2.1-расм). Манометр ва вакуумметрлар ўрнатилган нуқталар орасидаги масофа  $410 \text{ мм}$  га тенг. Сўриш трубасининг диаметри  $350 \text{ мм}$ , ҳайдаш трубасининг диаметри эса  $300 \text{ мм}$  га тенг. Насос ҳосил қилаётган напор топилсин.



2.1-расм. Марказдан қочма типдаги насос қурилмасининг схемаси (2-2 масалага оид)

**Е ч и ш:**

Сўриш трубасидаги сувнинг тезлиги

$$w_{\text{ср}} = \frac{84}{84 \cdot 0,785 \cdot 0,35^2} = 1,45 \text{ м/с}$$

Ҳайдаш трубасидаги сувнинг тезлиги

$$w_{\text{ср}} = \frac{84}{60 \cdot 0,785 \cdot 0,3^2} = 1,98 \text{ м/с}$$

Ҳайдаш: трубасидаги босим атмосфера босимига тенг  $1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$  ва  $760 \text{ мм.с.м.уст.}$

$$P = (3,8 + 1,013) \cdot 91 \cdot 10^4 = 474000 \text{ Па}$$

Суриш трубасидаги босим

$$P_{\text{суп}} = (0,76 - 0,21) \cdot 133,33 \cdot 1000 = 73300 \text{ Па.}$$

Насос ҳосил қилаётган босим

$$H = \frac{474000 - 73300}{1000 \cdot 9,81} + 0,41 + \frac{1,98^2 + 1,45^2}{2 \cdot 9,81} = 41,3 \text{ м. сув. уст.}$$

2-3. 1200 айл/мин. айланиш частотасига эга бўлган марказдан  
очма насос тажриба вақтида қуйидагича кўрсаткичга эга бўлган:

Q, л/с	10,80;	21,2
H, м	25,80;	25,4
N, кВт	7,87;	10,1

Ҳайдалаётган суюқликнинг солиштирама зичлиги 1,12 га тенг.  
Насоснинг ф.и.к. ҳисоблансин.

Е ч ш:

$$N = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot Q}{1000 \cdot \eta}$$

формуладан

$$\eta = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot Q}{1000 \cdot N}$$

Суюқлик зичлиги  $\rho = 1120 \text{ кг/м}^3$ .

$$\eta_1 = \frac{1120 \cdot 9,81 \cdot 25,80 \cdot 0,01}{1000 \cdot 7,8} = 0,36$$

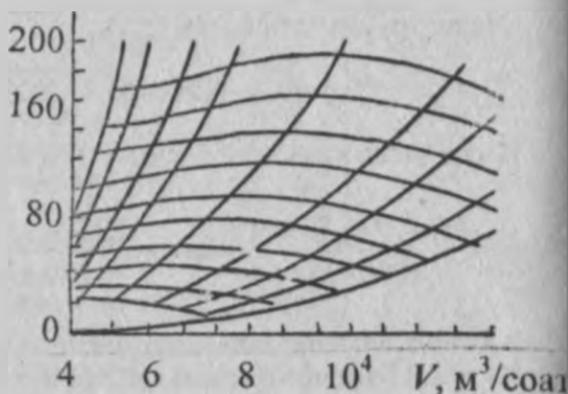
$$\eta_2 = \frac{1120 \cdot 9,81 \cdot 25,40 \cdot 0,02}{1000 \cdot 10,1} = 0,55$$

Насоснинг характеристикалари 2.2-расмда келтирилган.

$H$ , мм. сув уст.

2-3. Агарда вентиляторнинг иш унумдорлиги 10000 м<sup>3</sup>/соатдан 6600 м<sup>3</sup>/соатгача камайтирилса, марказдан қочма вентиляторнинг дросселлаш натижасида истеъмол қиладиган қуввати ҳисоблаб топилсин.

Вентиляторнинг айланиш частотаси  $\omega = 145$  рад/с, фойдали иш коэффициентини  $\eta = 0,4$ , ва  $\Delta p = 1000$  Н/м<sup>2</sup>.



2.2-расм. Марказдан қочма типдаги вентиляторнинг характеристикаси

Ҳ Ҷ и ш:

Берилган иш берилган асосан истеъмол қиладиган қувват қиммати

$$N = \frac{Q \cdot \Delta p}{1000 \cdot \eta} = \frac{10000 \cdot 1000}{3600 \cdot 1000 \cdot 0,4} = 6,8 \text{ кВт}$$

Ушартириш туфайли бурчак тезлиги доимий бўлган ҳолда, яъни

$$\eta_1 = 0,5, \Delta p_1 = 1300 \text{ Н/м}^2, L_1 = 6600 \text{ м}^3/\text{соат}$$

$$N = \frac{6600 \cdot 1300}{3600 \cdot 1000 \cdot 0,5} = 4,7 \text{ кВт}$$

Иш унумдорлиги 6600 м<sup>3</sup>/соат бўлганда,

$$\omega = 145 \cdot \frac{6600}{10000} = 95 \text{ рад/с}$$

Бу қийматга  $\Delta p_2 = 450$  Н/м<sup>2</sup>, ф.и.к. = const = 0,4. Бу ҳолда ис-

теъмол қилинадиган қувват

$$N_2 = \frac{6600 \cdot 450}{3600 \cdot 1000 \cdot 0,4} = 2,0 \text{ кВт}$$

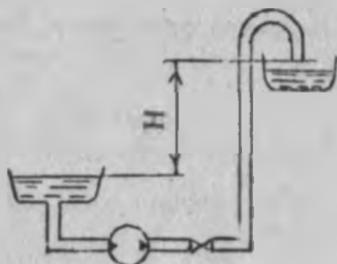
Бу қиймат эса янвалтидан бирмунча кичик қийматни ташкил этади.

2-5. Ҳажмий сарфи  $3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ , температураси  $50^\circ\text{C}$  бўлган томат пастаси труба қувури орқали узатилмоқда. Труба қувурининг узунлиги 60 м, диаметри 0,1 м,  $R_{\text{бур}}/d = 3$ , кўтарилиш баландлиги  $h_r = 5 \text{ м}$ , зичлиги  $\rho = 1070 \text{ кг}/\text{м}^3$  (2.3-расм). Ушбу миқдордаги томат пастани узатиш учун насос қандай босим бериши керак?

**Е ч и ш:**

Масалани ишлаш қуйидаги кетма-кетликда оғиб борилади:

1) I-I ва II-II кесимлар учун насос бераётган  $H$  напорни ҳисобга олган ҳолда Бернулли тенгламаси ёзилди (2.3-расм):



2.3-расм. Томат пастасини узатиш схемаси (2-5 масалага оид)

$$H = \left( \zeta_{\text{впр}} + 2 \cdot \zeta_{90^\circ} + \zeta_{\text{твр}} + \alpha \right) \frac{w^2}{2 \cdot g} + \frac{\Delta p}{l} \cdot \frac{l}{\rho \cdot g} + h_r =$$

$$h_r + \frac{\Delta p}{l} \cdot \frac{l_2}{\rho \cdot g}$$

2) Труба қувурининг узунлиги бўйича маҳаллий қаршиликлар мувожазидлиги сабабли, яъни 2 та вентил қаршилиги учун 0,2 м,  $90^\circ$  ли бурилиш учун 3 м га,  $90^\circ$  ли тирсак учун 1,5 м га узатилмиши керак. Бунда, қувурининг эквивалент узунлиги

$$l_2 = 60 + 21,5 + 3,0 + 0,2 = 66,2 \text{ м}$$

61 - қавалга асосан, чизиқли интерполяциядан фойдаланиб,  
 $\Delta p / l = 8 \text{ кПа/м}$  лигини аниқлаймиз.

3) Топилган маълумотларни Бернулли тенгламасига қўйиб,  
 қуйидаги натижани оламиз:

$$H = 5 + 8,0 \cdot \frac{66,2}{1070 \cdot 9,8} \cdot 10^3 = 5 + 50,5 = 55,5 \text{ м}$$

2-6. Айланиш частотаси  $23 \text{ с}^{-1}$ , тўлик напори 22 м, ҳажмий сарфи  $5 \text{ м}^3/\text{соат}$  бўлган насоснинг кавитация ва тез юривчанлик коэффициентларини, ҳамда истеъмол қилаётган қуввати ҳисоблаб чиқилсин. Суюқлик зичлиги  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ .

Ечили:

Истеъмол қилинаётган қувват ушбу йул билан топилади:

$$N = \frac{5 \cdot 22 \cdot 1030 \cdot 9,81}{3600 \cdot 10^3 \cdot 0,2} = 1 \text{ кВт}$$

Тез юривчанлик коэффициенти эса қуйидаги формула орқали ҳисобланади:

$$\eta_{\text{тез}} = \frac{13140 \cdot n \cdot \sqrt{Q}}{\sqrt[4]{H^3}} = \frac{13140 \cdot 23 \cdot \sqrt{0,00138}}{\sqrt[4]{22^3}} = 1092,7$$

Кавитация коэффициенти эса ушбу тенгламадан топиш мумкин:

$$\begin{aligned} \sigma &= 0,00123 \cdot \frac{(3600 \cdot n^2 \cdot Q)^{0,66}}{H} = \\ &= 0,00123 \cdot \frac{(3600 \cdot 23^2 \cdot 0,00138)^{0,66}}{22} = 0,011 \text{ м} \end{aligned}$$

Ҳисоблаб топилган  $N$ ,  $\eta_{\text{тез}}$  ва  $\sigma$  параметрларнинг сон қийматлари шуни кўрсатадики, насоснинг ишлаш режими sanoat миқёсига қўллаш учун ҳавфсиздир

2-7. Ҳаво қувурлари орқали 12 м/с тезликда ҳаво ўтмоқда. Ҳавонинг ушбу тезликда ҳаракат қилиши учун керакли напор миқдори аниқлансин.

**Е ч и ш:**

$$\Delta p = \frac{\rho \cdot w^2}{2 \cdot g}$$

Унда

$$\Delta p = \frac{1,29 \cdot 12^2}{2 \cdot 9,81} = 9,5 \text{ мм.с.у.уст.}$$

2-8. Ҳаво қувури орқали вентилятор ёрдамида  $w=15$  м/с тезликда  $Q=2,5$  м<sup>3</sup>/с ҳажмий сарфда ҳаво узатилмоқда.

Ҳаво қувурининг диаметри ва зарур напор миқдорлари топилсин. Қувурдаги 2та тирсак  $R/D=2$  нисбатда тайёрланган.

**Е ч и ш:**

Ҳаво қувурининг диаметри ушбу формуладан аниқланади:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot w}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,5}{3,14 \cdot 15}} = 0,47 \text{ м}$$

Ҳаво оқимининг ҳаракат режимини ҳисоблаймиз:

$$Re = \frac{w \cdot D \cdot \rho}{\mu} = \frac{15 \cdot 0,47 \cdot 1,29}{18,3 \cdot 10^{-6}} = 5,05 \cdot 10^5$$

Демак ҳаво ҳаракати турбулент оқиш режимига тўғри келади.  $Re > 10^5$  бўлгани учун, ишқаланиш коэффицентини ушбу формуладан ҳисобланади:

$$\lambda = 0,0032 + \frac{0,221}{Re^{0,237}} = 0,0032 + \frac{0,221}{505000^{0,237}} = 0,013$$

Берилган миқдордаги ҳавони узатиш учун зарур умумий напор

қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$\Delta p = \frac{\rho \cdot w^2}{2 \cdot g} \left( 1 + \lambda \cdot \frac{l}{D} + \sum \zeta \right) + \rho \cdot H$$

бу ерда  $L=4+6+3=13\text{ м}$  – труба қувурининг узунли и.

$$\sum \zeta = 2 \cdot 0,15 = 0,3$$

$$\Delta p = \frac{1,29 \cdot 15}{2 \cdot 9,8} \left( 1 + 0,013 \cdot \frac{13}{0,47} + 0,3 \right) + 1,29 \cdot 6 = 32 \text{ мм. сув. уст.}$$

2-9. Вентилятор ўқи  $n=500$  айл/мин бўлганда  $0,8 \text{ м}^3/\text{с}$  миқдорда ҳаво оқиб ўтмоқда. Ҳаво қувурида ҳосил бўлган босим  $\Delta p=32 \text{ мм. сув. уст.}$  тенг. Агарда, вентилятор ўқининг айланиши  $700$  айл/мин гача ортса унинг ҳажмий сарфи ва зарур қувватлаш топилсин.

**Е ч и ш:**

Айланиш сони  $n=500$  айл/мин бўлса, сарфланаётган қувват миқдори қуйидаги формуладан аниқланади:

$$N = \frac{Q \cdot \Delta p}{102} = \frac{0,8 \cdot 32}{102 \cdot 0,5} = 0,5$$

бу ерда  $\eta=0,5$  – вентилятор ф.и.к.

Вентилятор ўқининг айланиши  $n_2 = 700$  айл/мин. гача қўйилса, унинг иш унумдорлиги қуйидагича ўзгаради:

$$Q_2 = Q_1 \frac{n_2}{n_1} = 0,8 \cdot \frac{700}{500} = 11,2 \text{ м}^3/\text{с}$$

Бу айланиш сонига мос қувват миқдори эса,

$$N_2 = N_1 \left( \frac{n_2}{n_1} \right)^3 = 0,5 \cdot \left( \frac{700}{500} \right)^3 = 2,2 \text{ кВт}$$

## НАСОС ҚУРИЛМАЛАРИНИ ҲИСОБЛАШ

1. Иш режимлари маълум системаларнинг конструктив ўлчамларини, насосларни ва насосларнинг турларини танлаш;
2. Труба қувури учун ишлаётган насоснинг режим параметрларини ҳисоблаш;
3. Насосни ўрнатиш жойини аниқлаш;
4. Насос-труба қувури системасининг иш параметрларини ростлаш.

Юқсарида қайд қилинган ишларнинг самарадорлигини аниқ билиш учун насоснинг қуйидаги параметрларини ҳисоблаш зарур:

- а) насоснинг тўлиқ напори  $H$  ни аниқлаш;
- б) Бернулли тенгламаси ёрдамида труба қувури учун зарур напор  $H_{\text{зар}}$  ҳисоблаб топилади;
- в) насоснинг фойдали қуввати  $N_{\text{ф}}$  аниқланади;
- г) насоснинг фойдали иш коэффициенти  $\eta_n$  ҳисобланади;
- д) сўриш баландлиги  $h_{\text{сур}}$  ҳисобланади;
- е) берилган иш унумдорлиги ва зарур напор  $H_{\text{зар}}$  га қараб насос танланади. Насоснинг характеристикаси ва  $H_{\text{зар}} = H$  (ишчи нукта) системанинг кесилиш нуктаси максимал  $\phi$  и.к. дан юқоридаги қийматларига тўғри келиши керак;
- ж) кавитация ҳолати бошланадиган критик сўриш баландлиги, бошланғич сўриш пайги  $v_{\text{сур}} = 0$  учун ҳисобланади.

## КОНТРОЛ МАСАЛАЛАР

2.1 Насос 30% ли сульфат кислотани бир жойдан иккинчи жойга узатиб бермоқда. Узатиш трубасидаги манометр кўрсаткичи  $1,8 \text{ кгк/см}^2$  ( $0,18 \text{ МПа}$ ), сўриш трубасидаги вакуумметр кўрсаткичи  $29 \text{ мм.с.м.уст.}$  Манометр вакуумметрдан  $0,5 \text{ м}$  баландда жойлашган. Сўриш ва узатиш трубаларининг диаметри бир хил. Насос ҳосил қилаётган напорни аниқланг.

2.2. Насос атмосфера босими остидаги резервуардан,  $37 \text{ кгк/см}^2$  ( $\sim 3,7 \text{ МПа}$ ) босимга эга, нисбий зичлиги  $0,79$  бўлган этил спирти қурилмага узатилмоқда. Кутарилиш баландлиги  $16 \text{ м}$ . Сўриш ва узатиш трубаларининг умумий қаршилиги  $65,6 \text{ м}$ . Насос ҳосил қилаётган умумий напор топилсин.

2.3. Насос нисбий зичлиги  $0,91$  га тенг бўлган писта ёғи  $380 \text{ дм}^3/\text{мин.}$  ҳажмий сарф билан узатмоқда. Насос двигатели истеъмол қилаётган қуввати  $2,5 \text{ кВт}$ . Умумий напор  $30,8 \text{ м}$ . Насос қурилмасининг фойдали иш коэффициентини аниқланг.

2.4. Нисбий зичлиги  $1,16$  га тенг бўлган суюқликни насос  $14 \text{ дм}^3/\text{с}$  миқдордаги сарф билан узатмоқда. Умумий напор  $58 \text{ м}$ . Насоснинг ф.и.к. =  $0,64$ , узатишнинг ф.и.к. =  $0,97$ , электродвигателнинг ф.и.к. =  $0,95$ . Ўрнатилиши керак бўлган двигател қуввати қандай бўлади?

2.5. Денгиз сатҳидан  $300 \text{ м}$  баландликда жойлашган заводда поршенли насос ўрнатилган бўлиб, умумий суриш баландлиги бўйича йўқотилган напор қиймати  $5,5 \text{ м.с.в.уст.ни}$  ташкил этади. Геометрик сўриш баландлик  $3,6 \text{ м}$  га тенг. Сувнинг қайси максимал температурасида, суюқликни сўрилиши мумкин бўлмайди?

2.6. Плуңжер босиб ўтадиган масофа  $480 \text{ мм}$ , айланишлар сони минутига  $60$  га тенг. Узатиш коэффициенти эса  $0,85$ . Плуңжерли насоснинг поғонаси плуңжернинг ҳар бир томонида узатаётган суюқлик миқдорини ва дифференциал поршенли насоснинг иш унумдорлигини (сарфини) қуйидаги шарҳлар бўйича аниқланг. Поғонали плуңжер, катта диаметри  $340 \text{ мм}$ , кичини эса  $240 \text{ мм}$  га тенг.

2.7. Икки томонлама ишлайдиган поршенли насос, диаметри  $3 \text{ м}$  ва баландлиги  $2,6 \text{ м}$  бўлган идишни  $26,5$  минутда тулдирмоқда. Насос плуңжерининг диаметри  $180 \text{ мм}$ , штокнинг диаметри  $50 \text{ мм}$ , кривошип радиуси эса  $145 \text{ мм}$ . Айланишлар частотаси минутига  $55$  га тенг. Насоснинг узатиш коэффициенти

тини топинг.

2.8. Бир минутда айланиш частотаси 1800 бўлган марказдан қочма насос температураси  $30^{\circ}\text{C}$  бўлган сувни соатига  $140 \text{ м}^3$  миқдорда узатиб бериши керак. Насос ўрнатилган жойдаги ўртача атмосфера босими  $745 \text{ мм.с.у.ст.ни}$  ташкил этади. Сўриш тармоғидаги тула йўқотилган напор миқдори  $4,2 \text{ м}$  га тенг. Рухсат этилган назарий сўриш баландлигини аниқланг.

2.9. Умумий напори  $8,4 \text{ Па}$  ( $85 \text{ мм. сув уст.}$ ) га тенг бўлган, иш унумдорлиги минутига  $110 \text{ м}^3$  бўлган вентиляторга қандай қувватли электродвигател ўрнатиш керак бўлади. Вентилятор ф.и.к. =  $0,47$  га тенг.

2.10. Айланиш частотаси минутига  $960$  га тенг бўлган марказдан қочма вентилятор, соатига  $3200 \text{ м}^3$  миқдорда ҳаво узатиш пайтида истеъмол қилаётган қуввати  $0,8 \text{ кВт}$  га тенг. Вентилятор ҳосил қилаётган босим  $44 \text{ м.сув уст. ни}$  ташкил этмоқда. Айланиш частотаси минутига  $1250$  гача кўпайтирилса, иш унумдорлиги, босим ва истеъмол қилаётган қувват миқдори қандай бўлади. Ундан ташқари, вентиляторнинг ф.и.к. ҳам аниқлансин.

2.11. Газ аралашмасининг массавий концентрацияси  $\mu = 0,2$ . Тоза ҳаво сарфи  $V = 5500 \text{ м}^3/\text{соат}$  ва трубалар тармоғидаги босим йўқотилиш  $R_{\text{ҳаво}} = 1250 \text{ Н/м}^2$  бўлганда, вентилятор қуввати ҳисоблаб топилсин.

2.12. Водородни бир ва икки поғонали сиқилган пайтида босим  $1,5$  дан  $17 \text{ атм.}$  (абсолют) гача кўтариш учун назарий иш миқдори ҳисоблансин. Водороднинг бошланғич температураси  $20^{\circ}\text{C}$  га тенг.

2.13.  $4,5 \text{ атм.}$  босимда сиқилган ҳаво узатилиши лозим. Массавий сарфи  $80 \text{ кг/соатга}$  тенг. Агарда цилиндр диаметри  $180 \text{ мм}$ , поршен йулининг узунлиги  $l = 200 \text{ мм}$  га айланиш частотаси  $240 \text{ айл/мин}$  бўлса, бир поғонали компрессордан шу шароитда ишлатиш мумкинми. Цилиндрнинг зарарли, бўш ҳажми  $5\%$  ни ташкил этади. Ҳажмий кенгайтиш коэффициентининг қиймати  $1,25$  тенг.

2.14. Труба қувурининг узунлиги  $80 \text{ м}$ , диаметри  $0,15 \text{ м}$ ,  $\rho_{\text{с/м}^3} = 3$ , кўтарилиш баландлиги  $h_1 = 6 \text{ м}$ . Зичлиги  $\rho = 1070 \text{ кг/м}^3$ , массавий сарфи  $4 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{с}$  ва температураси  $t = 55^{\circ}\text{C}$  бўлган томат паста узатиш учун насос труба қувурининг бошида қандай напор бериши керак?

2.15. Узунлиги  $30 \text{ м}$  ва диаметри  $0,15 \text{ м}$  бўлган труба қувури орқали конфет массаси узатишмоқда. Унинг сарфи  $0,35 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{с}$ .

$\gamma = 7,0$  л/с,  $\mu = 110$  Па·с,  $\tau_0 = 630$  Па. Агарда труба қувири горизонтал бўлса, насоснинг напори қандай бўлиши керак?

2.16. Роторли насос  $0,8$  МПа ортиқча босимда усимлик ёғини бир хил сатҳли идишдан  $2$  та қўқорида турган идишга узатмоқда. Идишлардаги суюқлик сатҳларининг фарқи  $16$  м га тенг. Агарда, ёғнинг қовушоқлик коэфф. денти  $\mu = 0,5 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>/с, зичлиги  $\rho = 910$  кг/м<sup>3</sup>, насоснинг ф.и.к.  $\eta_n = 0,80$ , сўриш трубасининг узунлиги  $l_{сур} = 3$  м, узатиш трубасиники эса  $l_{узат} = 5$  м бўлса, ёғни  $V_c = 2 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/с ҳажмий сарфда узатиш учун насоснинг напори ва қуввати қанча бўлиши керак?

2.17. Икки томонлама ишлайдиган плунжерли насос соатига  $20$  м<sup>3</sup> сутни узатмоқда. Плунжер диаметри  $125$  мм, штокнинг диаметри эса  $40$  мм, кривошип радиуси  $130$  мм ва насоснинг кривошип-шатун механизмининг частотаси  $70$  айл/мин. Ушбу насоснинг узатиш коэффиценти аниқлансин.

2.18. Ҳажмий сарфи  $1,8 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/с, температураси  $30^\circ\text{C}$  бўлган олма пюреси труба орқали узатилмоқда. Труба қувирининг узунлиги  $25$  м, диаметри  $0,205$  м,  $R_{бур}/d = 4$ , кўтарилиш баландлиги  $h_c = 3$  м, зичлиги  $\rho = 1100$  кг/м<sup>3</sup>.

Қўқорида қайд этилган ҳажмий сарфдаги пюрени узатиш учун насос қандай босим бериши керак?

2.19. Ф.и.к.  $\eta_n = 0,5$ , тўлиқ напори  $16$  м га тенг оддий, горизонтал насос соатига  $12$  тонна оқ мускат виносини узатмоқда. Ушбу насос двигателининг қувватини ҳисоблаб топинг.

2.20. Марказдан қочма типдаги насоснинг ишчи гилдириги  $0,12$  м ва унинг частотаси  $2880$  айл/мин. Ушбу насос ҳосил қилаётган напор қийматини топинг. Напор коэффиценти  $\varphi = 0,7$ , гидравлик ф.и.к.  $\eta_h = 0,65$  га тенг деб қабул қилиш мумкин.

2.21. Агарда, марказдан қочма типдаги насоснинг айланмишлар сопи  $2950$  дан  $2500$  айл/мин гача камайтирилса, унинг қуввати қанчага пасаяди. Ўзгартириш киритилгунга қадар, ишлатётган насос қуввати  $3$  кВт эди.

2.22. Айланмиш частотаси  $23$  с<sup>-1</sup>, тўлиқ напори  $22$  м ва ҳажмий сарфи  $5$  м<sup>3</sup>/соат бўлган насоснинг кавитация ва тез юривчанлик коэффицентларини, ҳамда истеъмол қилинаётган қуввати ҳисоблаб топилсин. Суюқлик зичлиги  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>.

### КОНТРОЛ ТОПШИРИҚ №3

Сувни узатиш учун мўлжалланган маркадан қочма типдаги насос қуйидаги техник характеристикаларга эга:  $Q_1 = 45 \text{ м}^3/\text{соат}$ ;  $H_1 = 36 \text{ м}$ ;  $N_1 = 38 \text{ кВт}$ ;  $n_1 = 760 \text{ айл/мин}$ . Агар, ушбу насоснинг айланишлар сони  $n_2$  га ўзгартирилса, унинг иш унумдорлиги, напори ва қуввати қанчага ортади? Насоснинг ф.и.к. ҳам ҳисоблаб чиқилсин.

Параметр	Улчов бирлиги	Шифрнинг охири рақами бўйича вариантлар									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$N_2$	айл/мин	1400	1440	2880	3600	2500	2900	1200	1260	3200	960

### КОНТРОЛ ТОПШИРИҚ №4

Газнинг температураси  $t_1$ , босими  $P_1$  бўлган D газни адиабатик сиқиш натижасида унинг босими  $P_2$  гача кўтарилди. 1 кг газни адиабатик сиқишга сарфланган иш ва унинг температураси  $t_2$  ҳисоблаб топилсин.

Параметр	Улчов бирлиги	Шифрнинг охири рақами бўйича вариантлар									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$t_1$	°C	20	0	10	15	30	5	35	40	0	10
$P_1$	кгк/см <sup>2</sup>	0,5	1,0	1,5	2,0	1,8	1,4	0,6	0,2	0,8	1,3
$P_2$	кгк/см <sup>2</sup>	2	3	10	15	3,5	4,5	2,5	20	30	40

Параметр	Шифрнинг охиридан аввалги рақами бўйича вариантлар									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
D	Ar	NH <sub>3</sub>	N <sub>2</sub>	ҳаво	O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>

ЧЎКТИРИШ. ФИЛЬТРАШ. ЦЕНТРИФУГАЛАШ.  
 МАВХУМ ҚАЙНАШ ҚАТЛАМИНИНГ ГИДРОДИНАМИКАСИ.  
 АРАЛАШТИРИШ.  
 ЧЎКТИРИШ

*Ҳисоблаш формуллари ва асосий боғлиқликлар.*

а) Оғирлик кучи таъсирида чўктириш.

1. Тинч ҳолатдаги чегараланмаган муҳитда шарсимон заррачаларни чўктириш жараёнини критериал шаклда изоҳлаш учун қуйидаги ўхшашлик критерийлари қўлланилиши мумкин: Архимед  $Ar$ , Лященко  $Ly$  ва Рейнольдс  $Re$ .

Критериал боғлиқликнинг энг қулай ва тўғри кўриниши  $Ly=f(Ar)$  дир.

2. Агар критерийлар қиймати  $Ar < 3,6$ ;  $Ly < 2 \cdot 10^{-3}$ ;  $Re < 0,2$ , бўлса, яъни чўктириш ламинар режимда олиб борилганда Стокс томонидан шарсимон заррачаларнинг чўктириш тезлиги  $w_c$  (м/с) қуйидаги назарий формула тақриф этилади:

$$w_c = \frac{g \cdot d^2 \cdot (\rho_k - \rho)}{18 \cdot \mu} \quad (3.1)$$

Газли муҳитда зарраларни чўктириш учун (3.1) формула қуйидагича соддалашган кўринишга эга.

$$w_c = \frac{g \cdot d^2 \cdot \rho_k}{18 \cdot \mu} \quad (3.2)$$

бунда  $\rho \ll \rho_k$  бўлгани учун  $\rho$  ни ҳисобга олмаса ҳам бўлади.  $d$  - шарсимон заррача диаметри, м;  $\rho_k$  - заррача зичлиги,  $\text{кг/м}^3$ ;  $\rho$  - муҳит зичлиги,  $\text{кг/м}^3$ ;  $\mu$  - муҳитнинг динамик қовушоқлик коэффиценти, Па·с; яъни  $\text{Н с/м}^2$ , ёки  $\text{кг/(м с)}$ .

Стокс формуласини  $Ar$  ва  $Ly$  критерийларининг сон қийматлари катта бўлганда ҳам қўллаш мумкин.

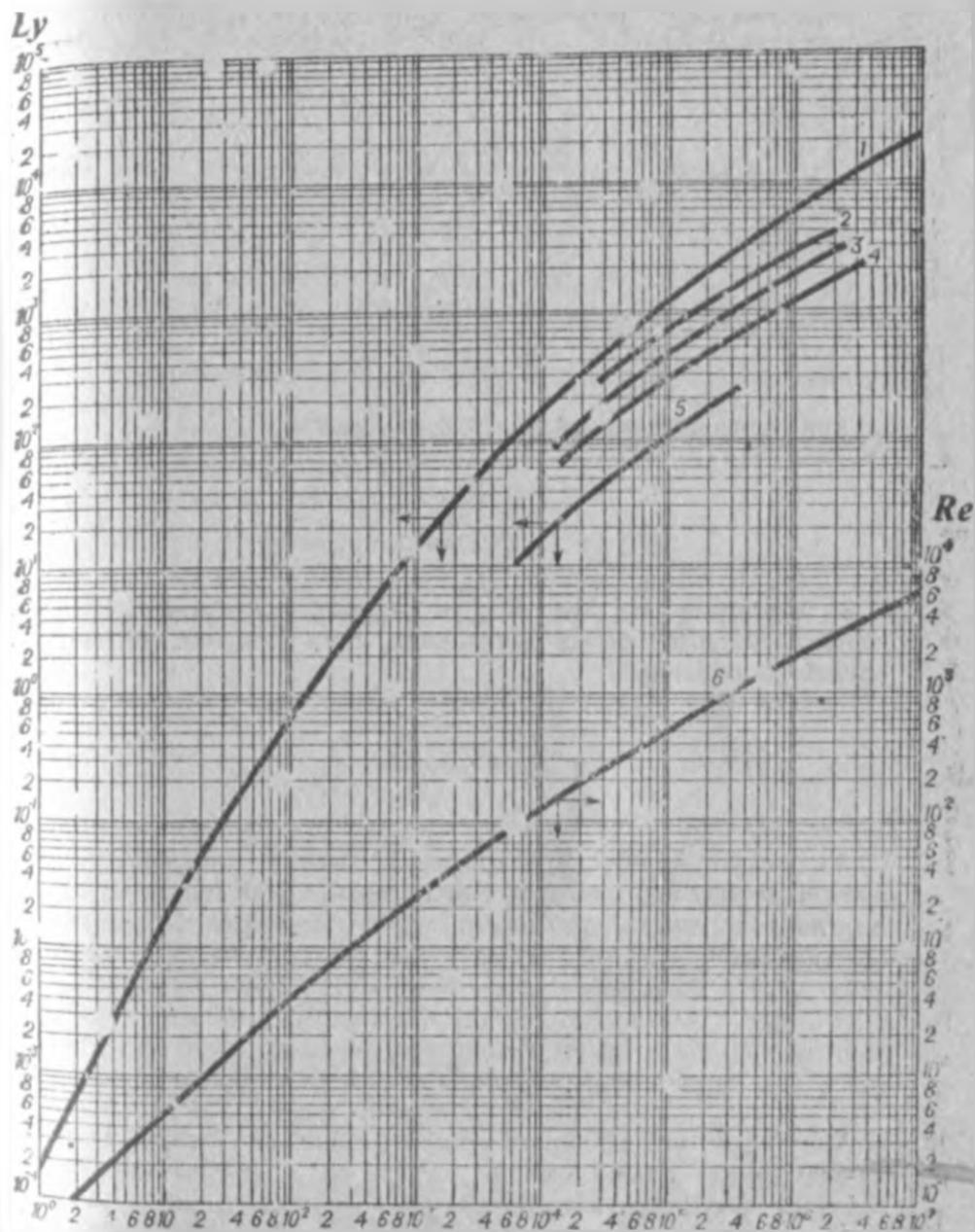
3. Умумийлаштирилган ҳолатда тинч чегараланмаган муҳитда шарсимон заррачаларни чўктириш қуйидагича булади.

Архимед критерийси қуйидаги формуладан аниқлангилди:

$$Ar = Ga \cdot \frac{\Delta \rho}{\rho} = \frac{Re^2}{Fr} \cdot \frac{\rho_k - \rho}{\rho} = \frac{g \cdot d^3 (\rho_k - \rho)}{\mu^2} \quad (3.3)$$

4 а) аилей критерийси: Газли муҳитда чўктириш учун:

$$Ga = \frac{Re^2}{Fr} \quad Ar = \frac{g \cdot d^3 \cdot \rho_k - \rho}{\mu^2}$$



1.1-расм. Қуналмас қағламда қаттық тартылуына тұқын қолы үшін  $Re$  өл  $Ly$  критерийларының  $Ag$  критерийына бөліндігі. 1,6-шірсімон заррачалар; 2-лу майток; 3-буржаксимон; 4-лушпик; 5-шпастинасимон

Аниқланган  $Ar$  критерияси бўйича  $Re$  ва  $Ly$  критерийлари аниқланади (3.1 расм):

$$Ly = \frac{Re^2}{Ar} = \frac{Re \cdot Fr \cdot \rho}{\rho_k - \rho} = \frac{w_k^3 \cdot \rho^2}{\mu \cdot (\rho_k - \rho) \cdot g} \quad (3.4)$$

ёки

$$Ly = \frac{w_k^3 \cdot \rho}{g \cdot \rho_k \cdot \mu}$$

Кейин эса чўктириш тезлиги ҳисобланади

$$w = \frac{Re \cdot \mu}{\rho \cdot d} \quad (3.5)$$

4. Чўктириш тезлиги маълум бўлса, шарсимон заррача диаметри тескари йўл билан аниқланади, яъни Лященко критерийси орқали ҳисобланади.

$$w_v = \frac{w_k^2 \cdot \mu}{\mu \cdot g \cdot (\rho_k - \rho)} \quad (3.6)$$

Ундан сўнг Архимед критерийси 3-расмдан аниқланади.

6. Чапг ўтказиш камераси ёки суспензия (аралашма) учун тиндиргичнинг чўктириш юзаси  $F$  қуйидаги формуладан аниқланади:

$$F_v = \frac{V}{w_v} \quad (3.7)$$

$V$  - қурилма чўктириш юзасига параллел ҳолда утаётган суюқликнинг ажмий сарфи,  $m^3/s$ ;  $w_v$  - заррачанинг ўртача ҳисобий чўктириш тезлиги,  $m/s$ .

7. Узлуксиз ишлайдиган тиндиргич учун (3.7) формула

қуйидаги кўринишга эгадир:

$$F_s = \frac{G_b \cdot \left(1 - \frac{c_b}{c_o}\right)}{\rho \cdot w_s} \quad (3.8)$$

$F$  - тиндиргичнинг чўктириш юзаси, м<sup>2</sup>;

$G_b$  - бошлангич концентрацияли суспензиянинг массавий сарфи, кг/с;

$c_b$  - бошлангич суспензия таркибидаги қаттиқ фаза концентрацияси кг/кг;

$c_o$  - қуққлаштирилган суспензия таркибидаги қаттиқ фазанинг массавий концентрацияси, кг/кг;

$\rho$  - тозаланган суюқлик зичлиги, кг/м<sup>3</sup>;

$w_s = 0,5$   $w_c$  - чўқиш тезлиги, м/с;

Чўктириш қурилмаларининг иш унумдорлиги қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$\Pi = \frac{F \cdot h}{\tau} = F \cdot w \quad (3.9)$$

Бу ерда  $F$  - чўқиш юзаси ёки резервуарнинг кўндаланг кесими, м<sup>2</sup>;  $h$  - суюқлик устунининг баландлиги, м;  $\tau$  - чўктириш вақти, с.

Шарсимон шаклга эга бўлмаган заррачаларнинг чўқиш тезлиги, шарсимон заррачаларникига қараганда камроқ бўлади. Шунинг учун, бу ҳилдаги заррачаларнинг чўқиш тезлиги ушбу тенгламадан топилади:

$$w_s = \varphi \cdot w_c \quad (3.10)$$

$\phi$  - заррача шактига боғлиқ тузатиш коэффициенти.

3.1 - жадвал

Заррача шакли	$\phi$
Думалоқсимон	0,77
Бурчакли	0,66
Чўзинчс	0,58
Пластинкасимон	0,43

Нотўғри шакли заррачалар одатда эквивалент диаметр орқали ифодаланади:

$$d_s = 1,24 \cdot \sqrt[3]{\frac{M}{\rho}} \quad (3.11)$$

$M$  - заррача массаси, кг;  $\rho$  - зичлик, кг/м<sup>3</sup>.

Қатлақ жисм фаза миқдори 10% дан кўп бўлган турли жинсли системаларни сиқилган ҳолатдаги чуқиш тезлигини ушбу формуладан топиш мумкин:

$$w_{\infty} = w_0 \cdot \left[ \sqrt{20,25 \cdot c_0 \cdot (1 - c_0)^3 - 4,5 \cdot c_0} \right] \quad (3.12)$$

$w_0$  - (3.1) формула орқали ҳисоблаб топилади;  $c_0$  - суспензия таркибидаги заррачаларнинг ҳажмий концентрацияси.

## ФИЛЬТРАШ

*Ҳисоблаш формуллари ва асосий боғлиқликлар.*

$t$  вақтида 1 м<sup>2</sup> филтрлаш юзаси орқали  $\Delta p = \text{const}$  бўлганда.

$V$  - фильтрлаш ҳажми ва фильтрлаш жараёнининг давомийлиги билан боғлиқлигига тенглиги ушбу кўринишга эга:

$$V^2 + 2 \cdot V \cdot C = K \cdot \tau \quad (3.13)$$

бу ерда  $C$  - фильтр тўсиқининг гидравлик қаршилигини тавсиф қиладиган фильтрлаш доимийси,  $\text{м}^3/\text{м}^2$ ;  $K$  - чўкма ва суюқликни физик-кимёвий хоссаларини ва фильтрлаш жараёни режимини ҳисобга олувчи фильтрлаш доимийси,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;  $\tau$  - фильтрлаш давомийлиги, с.

$K$  ва  $C$  доимийлар тажриба йўли билан аниқланади.

13. Берилган ҳолатдаги фильтрлаш тезлиги ушбу тенглама орқали аниқланади:

$$\frac{dV}{d\tau} = \frac{K}{2 \cdot (V + C)} \quad (3.14)$$

ёки (3.14) тенгламани қандаги бошқа кўринишда ифода этса бўлади:

$$\frac{dV}{d\tau} = \frac{2 \cdot V}{K} + \frac{2 \cdot C}{K} \quad (3.15)$$

$d\tau/dV$  ва  $V$  катталар орасидаги боғлиқлик тўғри чизиги орқали  $K$  ва  $C$  доимийликлар тажриба йўли билан аниқланади. Улчанган  $V_1, V_2$  катталарнинг абсцисса ўқида, ордината ўқида эса  $\Delta\tau_1/V_1, \Delta\tau_2/V_2$  қийматлари қўйилади. Бу олинган нуқталар орқали ўтган тўғри чизик ёрдамида  $K$  ва  $C$  лар қуйидаги тенглама ёрдамида аниқланади:

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{2}{K}; \quad m = \frac{2 \cdot C}{K} \quad (3.16)$$

14.  $\tau = \text{const}$  бўлганда  $1 \text{ м}^2$  фильтрлаш юзасига нисбатан олинган фильтрлаш доимийси  $K$  чўкма солиштирма қаршилиги қуйидагича боғлиқликда бўлади:

$$K = \frac{2 \cdot \Delta p}{\mu \cdot c \cdot r} \quad (3.17)$$

бу ерда  $\Delta p$ -фильтрлаш жараёнидаги бссимлар фарқи, Па;  $\mu$ -фильтратнинг динамик қўшушқлик коэффиценти, Па·с;  $r$ -чўкманинг соллштирма қаршилиги (чўкма таркибидаги 1 кг қаттиқ, қуруқ моддалар ҳисобида), м/кг;  $c$  - фильтрлаш юзаси орқали 1 м<sup>3</sup> филтрат утганда ҳосил бўлган қуруқ, қаттиқ модда массаси, кг/м<sup>3</sup>.

15. 3.17 формуладаги  $c$  параметр суспензиянинг концентрацияси  $x$  орқали ифодланиши мумкин:

$$c = \frac{\rho \cdot x}{1 - m \cdot x} \quad (3.18)$$

$x$  - суспензиядаги қаттиқ фазанинг массавий концентрацияси, кг/кг;  $m$  - 1 кг қуруқ модда ҳисобида олинган чўкманинг намлиги, кг/кг.

18. Чўкмадаги қуруқ модда миқдори  $G$  (кг) йиғиб олинган филтрат миқдори  $V$ , унинг зичлиги  $\rho$ , чўкманинг намлиги  $m$ , суспензиядаги қаттиқ заррачагазр массавий қисми  $x$  боғлиқлик бўлиб, қуйидаги формула ёрдамида ифодаланadi:

$$G = V_c = V \cdot \frac{\rho \cdot x}{1 - m \cdot x} \quad (3.19)$$

19. Суспензия таркибидаги қаттиқ фаза концентрация  $x$  унинг зичлиги  $\rho_c$  га боғлиқ бўлиб, ушбу формула орқали топилади:

$$x = \frac{(\rho_c - \rho) \cdot \rho}{(\rho_c - \rho) \cdot \rho} \quad (3.20)$$

20. Суспензия зичлиги эса:

$$\rho = \frac{n+1}{\frac{1}{\rho_k} + \frac{1}{\rho}} = \frac{\rho \cdot (1+n) \cdot \rho_k}{\rho + \rho_k} \quad (3.21)$$

$\rho$  - суспензия таркибидаги қаттиқ фазанинг массавий концен-  
трацияси, кг/кг;  $\rho_c$  - суспензия зичлиги, кг/м<sup>3</sup>;  $\rho$  - суюқ фаза  
зичлиги, кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_k$  - қаттиқ фаза зичлиги, кг/м<sup>3</sup>;  $n$  - суспензия-  
даги бир қисм қаттиқ фаза оғирлигига тўғри келадиган суюқ фаза  
оғирлиги (Ж:С=1:n).

Ушбу ишлайдиган фильтрларнинг иш унумдорлиги  
қуйидаги формуладан топилади:

$$P = \frac{V}{\sum \tau} \quad (3.22)$$

$V$  - филтрат ҳажми, м<sup>3</sup>;  $\tau$  - филтрлаш жараёни бир цикли-  
нинг вақти, с.

$$\sum \tau = \tau_{\phi} + \tau_{\text{срл}} \quad (3.23)$$

$\tau_{\phi}$  - филтрлаш вақти, с,  $\tau_{\text{срл}}$  - филтрни жараёнга тайёрлаш ва  
қўндириш вақти, с.

Агарда, филтрлаш тезлиги  $w$  маълум бўлса, филтр  
қурилмасининг иш унумдорлиги

$$P = F \cdot w \quad (3.24)$$

$F$  - филтрлаш юзаси, м<sup>2</sup>;  $w$  - филтрлаш тезлиги, м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·с  
(винолар учун  $w = 0,00007 - 0,00025$  м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·с).

Керакли филтрлаш пластиналар сони ушбу формуладан  
аниқланади:

$$n = \frac{F}{f_0} \quad (3.25)$$

$f_0$  - битта пластина юзаси, м<sup>2</sup>.

$$f_0 = (a - 2 \cdot b)^2 \quad (3.26)$$

бу ерда  $a$  - квадраг плита томони, м;  $b$  - плита эни, м.

Зарур филтрлар сони  $z$  пастда келтирилган тенгликдан ҳисоблаб топилади:

$$z = \frac{n}{n_0} \quad (3.27)$$

$n_0$  - битта филтрлаги пластинкалар сони

Суюқлик томонидан пластинкага тушаётган босим кучи  $p$  уш-ту тенгликдан аниқланади:

$$p_n = h \cdot F_{\text{эф}} \quad (3.28)$$

$p_n$  - филтрлаш жараёнининг босими, Па;  $F_{\text{эф}}$  - плиталарга суюқлик таъсир қилаётган юза, м<sup>2</sup>

## ЦЕНТРИФУГАЛАШ

### *Ҳисоблаш формуллари ва асосий боғлиқликлар*

21 Центрифугалаш пайғиди: ҳосил буладиган марказдан қочма куч  $G$  (Н) қуйидаги тенглама билан ифодаланади:

$$G = \frac{M \cdot n^2}{R} = M \cdot \omega^2 \cdot R = 40 \cdot M \cdot n^2 \cdot R = 20 \cdot M \cdot n^2 \cdot D \quad (3.29)$$

бу ерда  $M$  - центрифуга барабани аги чўкма ва суюқлик мас-саси кг;  $\omega$  - бурчак тезлиги, с<sup>-1</sup>;  $D = 2 \cdot R$  - барабан диаметри, м;  $n$  - центрифуга айланиш частотаси, с<sup>-1</sup>.

Центрифугалаш пайтида филтрлаш босими қуйидаги формуладан ҳисобланади:

$$\Delta p_u = 20 \cdot \rho \cdot n^2 \cdot (R_2^2 - R_1^2) = 5 \cdot \rho \cdot n^2 \cdot (D_2^2 - D_1^2) \quad (3.30)$$

бу ерда  $\rho_c$  - суспензия зичлиги,  $\text{кг/м}^3$ ;  $D_1 = 2R_1$  - суюқлик ички қатламининг диаметри, м;  $D_2 = 2R_2$  - барабаннинг ички диаметри, м;  $n$  - центрифуганинг частотаси,  $\text{с}^{-1}$ .

Центрифугала ҳосил бўлаётган маркадан қочма кучлар миқдорининг оғирлик кучи тезланишдан неча марта кўплигини кўрсатувчи катта оғирлик ажратиш коэффициентини дейилади:

$$k_a = \frac{\omega^2}{R \cdot g} \approx 20 \cdot Fr, \quad (3.31)$$

$R$  - барабан радиуси, м;  $\omega$  - айланаётган барабаннинг бурчак тезлиги,  $\text{с}^{-1}$ .

Центрифуга барабанининг ва уни юргизиш пайтида юклаш инерциясига са;  $\gamma$  бўладиган қувват  $N$  (Вт), ушбу тенгламадан топилади:

$$N_1 = \frac{T_1 + T_2}{\gamma} \quad (3.32)$$

$\gamma$  - юргизиш пайти давомийлиги, с;  $T_1$  ва  $T_2$  - барабан ва юклаш инерцияси енгил учун сарф бўладиган иш, Ж.

Валнинг подшипникда ишқаланиши учун сарф бўладиган қувват  $N_2$  (Вт) қуйидагича аниқланади:

$$N_2 = \lambda \cdot M \cdot w_v \cdot g \quad (3.33)$$

бу ерда  $\lambda$  - ишқаланиш коэффициенти, 0,07-0,1 оралиқда бўлади;  $M$  - айланишда иштирок этувчи материаллар оғирлиги, кг;  $w_v$  - вал цапфасининг айланиш тезлиги, м/с.

Барабан деворининг ҳавога ишқаланишида сарф бўладиган қувват  $N_3$  ушбу формуладан ҳисобланади:

$$N_3 = 2,94 \cdot 10^{-3} \cdot B \cdot R_2^2 \cdot w_2^3 \cdot \rho_a \quad (3.34)$$

$\rho_a$  - ҳаво зичлиги,  $\text{кг/м}^3$ ;  $\beta$  - қарчилиқ коэффициенти, ўртача қиймати 2,3 га тенг.

Центрифугани юргизиш пайтидаги тўлиқ қуввати:

$$N_t = N_1 + N_2 + N_3 \quad (3.35)$$

Узатиш қурилмасининг ф.и.к.  $\eta_y$  ҳисобга олинса, унда

$$N = \frac{N_r}{\eta_y} \quad (3.36)$$

Центрифугаларни ўрнатилиши қуввати зарур бўлган қувватда 10-20 % кўпг қилиб белгиланади.

Чўктирувчи центрифуга иш унумдорлиги қуйидаги тенглама орқали аниқланади:

$$V_y = 25,3 \cdot \eta \cdot L \cdot n^2 R_0^2 \cdot w_y \cdot k \quad (3.37)$$

НОГП типидagi центрифуганинг суспензия бўйича иш унумдорлиги  $V$  ушбу формуладан топилади:

$$V = \frac{3,5 \cdot [D_T^2 \cdot L_T (\rho_k - \rho) \cdot d^2 \cdot n^2]}{\mu} \quad (3.38)$$

$D_T$  ва  $L_T$  - ф гатни чиқариш цилиндрининг диаметри ва узлиги, м;  $d$  - чўкаётган энг кичик заррачалар диаметри, м;  $n$  - роторнинг айланиш частотаси, айл/мин;  $\mu$  - муҳитнинг динамиқ қорушоқлик коэффициентини, Па·с.

Трубасимон, юқори самарали центрифуга иш унумдорлиги қуйидаги кўринишдаги тенгламадан топилади:

$$V \leq \frac{w \cdot V_c}{h} \quad (3.39)$$

$w$  - заррачаларнинг марказдан қочма куч майдонида чўкиш тезлиги, м/с;  $V_c = 0,785 \cdot (\Gamma^2 - D_0^2) \cdot L$  - барабандаги суюқлик ҳажми, м;  $h$  - барабандаги оқим чуқурлиги, м;  $D$  - барабанининг ички диаметри, м;  $D_0$  - фугатни чиқариш трубасининг диаметри, м.

## МАВҲУМ ҚАЙНАШ ҚАТЛАМИНИНГ ГИДРОДИНАМИКАСИ

### Ҳисоблаш формуллари ва асосий боғлиқликлар

Қаттиқ жисмлардан иборат кўзга татас қатлам ғоваклиги

қаттиқ жисмлар эгалламаган бұш ҳажм улушига тенгдир:

$$\varepsilon_0 = \frac{V_k - V}{V_k} \quad (3.40)$$

Агарда қаттиқ заррачалар орасидаги бұшлиқни тулдириб турган муҳитнинг зичлиги қаттиқ жисмдан жуда кам бўлса, (3.40), тенглама қуйидаги кўринишга ки олади.

$$\varepsilon_0 = 1 - \frac{\rho_k}{\rho} \quad (3.41)$$

Бу ерда  $V$ ,  $V_k$  - заррачалар ва қатлам ҳажмлари,  $m^3$ ;  $\rho$ ,  $\rho_k$  - заррача ва қатлам зичлиги,  $kg/m^3$ .

Бир хил диаметрли шарсимон заррачалардан иборат қўзғалмас қатламнинг амалий ғоваклиги 0,38-0,42 оралиқда бўлади. Ҳисоблаш учун ўртача қийматини 0,4 га тенг деб қабул қилиш мумкин.

Мавҳум қайнаш жараёнида қаттиқ жисмлардан иборат қатламининг ғоваклиги ушбу тенгламадан топилади:

$$\varepsilon = \frac{V_{кат} - V}{V_{кат}} \quad (3.42)$$

бу ерда  $V_{кат}$  - мавҳум қайнаш қатламининг ҳажми,  $m^3$ .

Мавҳум қайнаш қатламини гидродинамикасининг асосий хара-  
теристикаси —  $\Delta p_{кат}$  ўзгармаслигидир:

$$\Delta p_{кат} = \frac{C_{кат}}{F} = const \quad (3.43)$$

$G_{кат}$  - қатламдаги материал сирлиги,  $kg$ ;  $F$  - кўндаланг ке-  
сим юзаси,  $m^2$ .

Мавҳум қайнаш қатламининг гидравлик қаршилиги қуйидагича аниқланади:

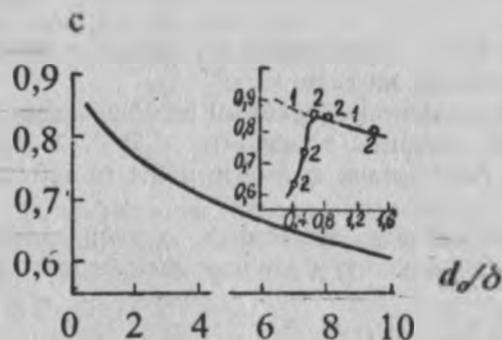
$$\Delta p = g \cdot (\rho_M - \rho) \cdot (1 - \varepsilon) \cdot h = g \cdot (\rho_M - \rho) \cdot (1 - \varepsilon_0) \cdot h \quad (3.44)$$

$h$  ва  $h_0$  - мавҳум қайнаш ва қўзғалмас қатлам бағинадликлари,  $m$ ;  
 $\rho_M$  ва  $\rho$  - материал ва муҳит зичлиги,  $kg/m^3$ .

Газ тарқатувчи түр. лнг гидравлик қаршилиги қуйидаги тенглама орқали топилади:

$$\Delta p_r = \frac{0,503 \cdot w_0^2 \cdot \rho \cdot (1 - \varphi^2)}{C^2} \quad (3.45)$$

бу ерда -  $\varphi = 0,010-0,05$  - газ тарқатувчи түр тегишларининг улуши;  $w_0 = w/\varphi$  - тешиklar орқали ўтаётган газнинг тезлиги;  $w$  - қурилма кўндаланг кесим юзасига нисбатан ҳисобланган оқим тезлиги, м/с;  $C$  - түрнинг қаршилик коэффициенти,  $d_0/\delta$  нисбатга боғлиқ (3.2 - расмдан топилади);  $d_0$  - түр тешигининг диаметри, м;  $\delta$  - түрнинг қалинлиги, м.



3.2-расм. Түр пардаларнинг қаршилик коэффициенти [7]  
1 - Г.Хьюмюрк ва Х.О. Коннел маълумотлари;  
2 - Д.И.Орочко ва бошқалар маълумотлари.

Шарсимон, бир жинсли заррачалар учун биринчи критик тезлик (мавҳум қайнаш бошланиш тезлиги) проф. О.М.Тодес формуласидан топилади.

$$Re_{cr} = \frac{Ar}{1400 + 5,22\sqrt{Ar}} \quad (3.46)$$

Ушбу тенглама қўзғалмас қағламнинг ғоваклиги  $\epsilon_0 = 0,4$  учун келтириб чиқарилган ва  $\pm 20\%$  хаголикка эга.

$$Re_{cr} = \frac{w_{cr} \cdot d \cdot \rho}{\mu} \quad (3.47)$$

$$Ar = \frac{g \cdot d^3 \cdot (\rho_s - \rho)}{\mu^2}$$

Газлар учун  $\rho \ll \rho_k$  унда Архимед критерийси қуйидагича ёзилади:

$$Ar = \frac{g \cdot d^3 \cdot \rho_k}{\rho \cdot \nu^2}$$

Донасимон-тукли (пахта чиқити ва ҳоказолар) ва бошқа қийин сочилиувчан материаллар учун мавҳум қайнаш тезлиги проф. Х.С.Нурмухамедов формуласи орқали аниқланади:

$$Re_{cr} = 0,456 \cdot \left( \frac{Ar}{10^6} \right)^{3,63} \quad (3.48)$$

ски

$$Re_{cr} = \frac{\eta \cdot Ar}{1400 + 5,22\sqrt{Ar}}$$

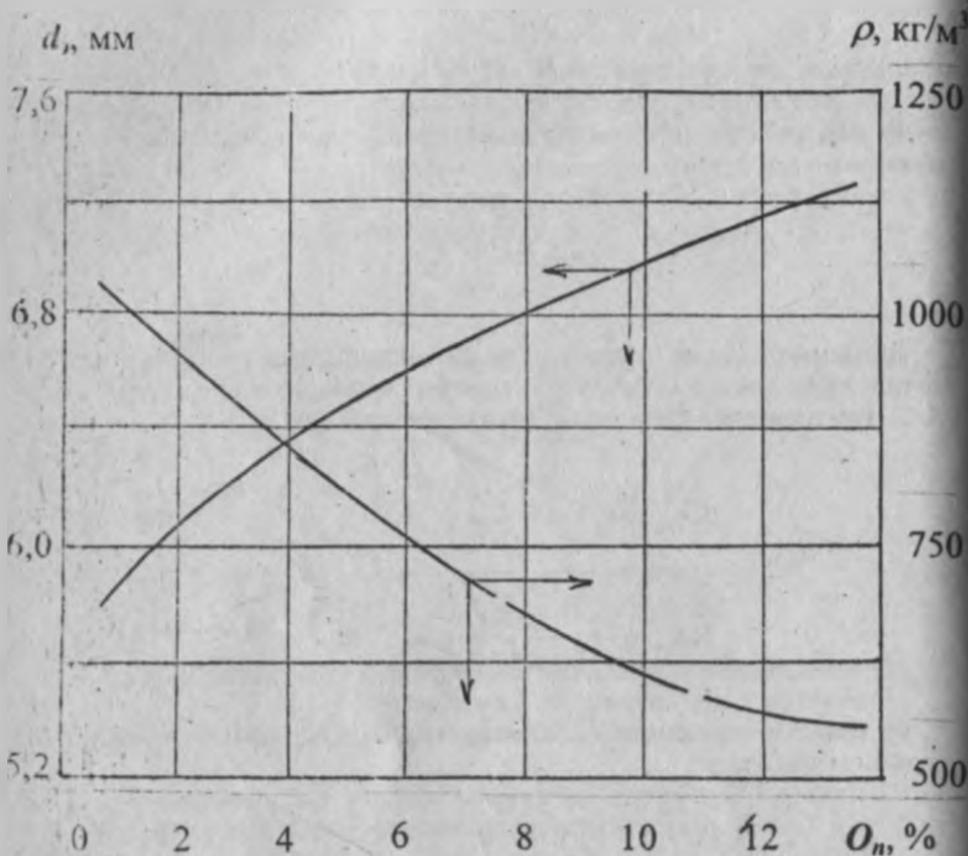
бу ерда  $\eta$  туклилик коэффициенти ва у қуйидаги формула ёрдамида топилади:

$$\eta = 1 + 0,43 \cdot 0_n^{0,44} \quad (3.49)$$

Донасимон-тукли материалларнинг учиб чиқиш тезлиги ҳам, проф. Х.С.Нурмухамедов тенгламаси ёрдамида аниқлаш мумкин:

$$Re_{cr} = \frac{\eta^{-0,422} \cdot Ar}{20,16 + 0,683\sqrt{Ar}} \quad (3.50)$$

Донасимон-туқли материалларнинг эквивалент диаметри ва зичликлари 3.3-расмдан олинади.



3.3-рasm. Пахта чигитининг эквивалент диаметри ва зичлигининг унинг ташқи юзасининг туқлилигига боғлиқлиги [30].

Шарсимон булмаган заррачаларнинг шаклини белгилловчи катталик  $\Phi$  ҳисобга олган формула ушбу кўринишга эга:

$$\psi = 0,207 \cdot \frac{F}{V^{0,666}} \quad (3.51)$$

Ушбу заррачалар эквивалент диаметри эса:

$$d_s = \Phi \cdot d, \quad (3.52)$$

бу ерда  $d_{ш}$  - шар диаметри. Ушбу шарнинг ҳажми заррача ҳажмига тенгдир.

Турли диаметрли заррачалардан ташкил топган г.элидисперс қатлам заррачаларининг эквивалент диаметрлари ушбу формуладан топилади:

$$d_s = \frac{1}{\sum \frac{x_i}{d_i}} \quad (3.53)$$

Мавхум қайнаш қатламининг гомогенлиги куйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$\varepsilon = \left( \frac{18 \cdot Re + 0,36 \cdot Re^2}{Ar} \right)^{0,21} \quad (3.54)$$

Мавхум қайнаш жараёни, мавхум қайнаш сони  $K_w$  проф. Н.А.Шахова формуласидан топилади.

$$K_w = \frac{w}{w_{ш}} \quad (3.55)$$

$w$  - оқимнинг ишчи тезлиги, м/с. Ушбу сон заррачаларнинг қатламдаги аралашуш интенсивлигини кўрсатади.

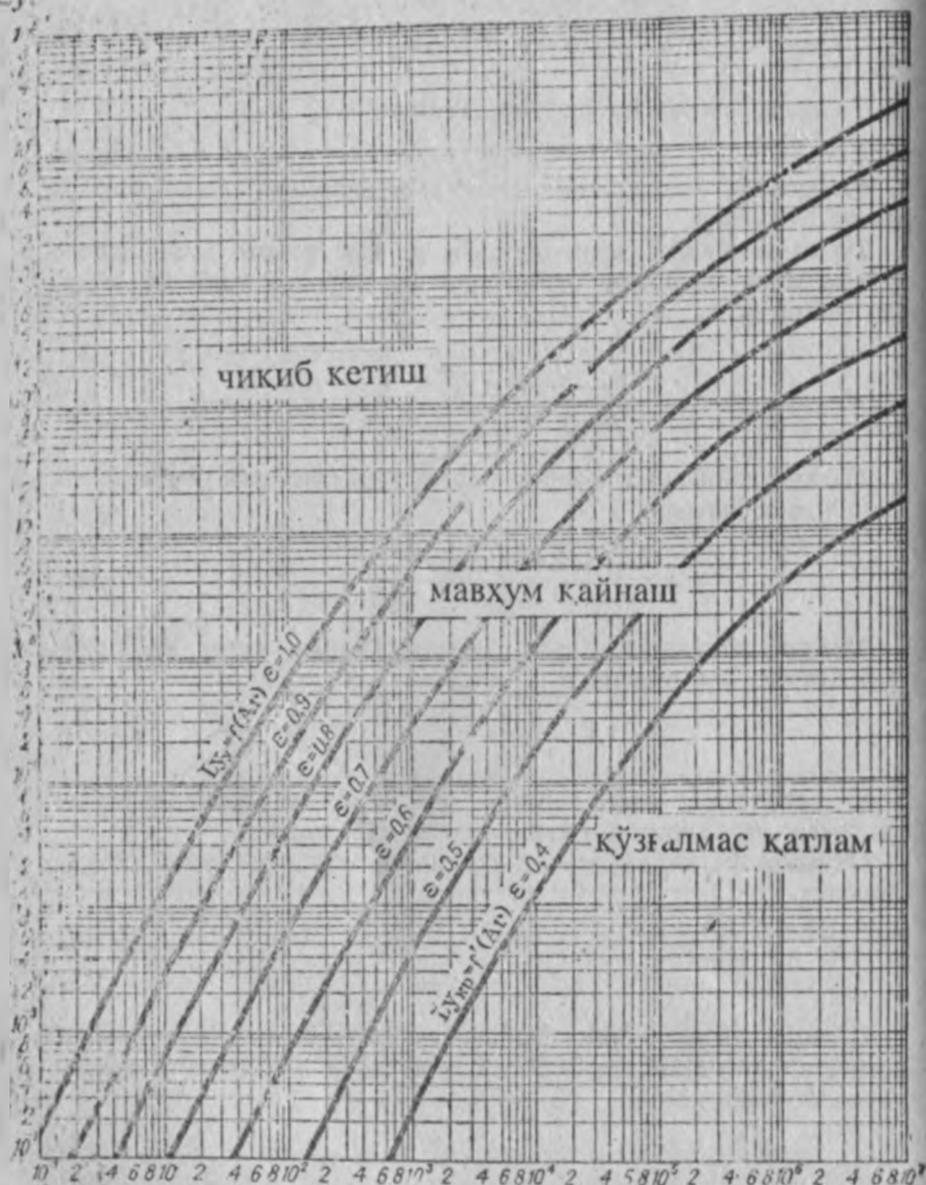
Оқимнинг ҳақиқий тезлиги куйидаги тенглама билан ифодланади.

$$v_x = \frac{w}{\varepsilon} \quad (3.56)$$

Қа.тиқ заррачаларнинг газ ёки суюқлик оқими билан чиқиб кетиш тезлигининг формуласи ҳам проф. О.М.Годес томонидан келтириб чиқарилган.

$$Re_{wv} = \frac{Ar}{18 + 0,61 \sqrt{Ar}} \quad (3.57)$$

Лу



3.4-расм. Лу критерийсининг Ар критерийси ва қатлам ларининг ғовақлиги  $\epsilon$  га боғлиқлиги.

3.4 - расмда  $Lu = f(Ar)$  боғлиқлик графигидан ғоваклиги  $\epsilon = 0,4$  дан  $\epsilon = 1,0$  гача бўлган мавҳум қақнаш қатлами учун келтирилган. Ушбу график ёрдамида диаметри маълум бўлган заррачалардан иборат қатламда керакли ғовакликни олиш учун оқин теълигини топиш керак.

Заррачаларнинг қатламда ўртача бўлиш вақти  $\tau$ :

$$\tau_0 = \frac{M}{G} \quad (3.58)$$

бу ерда  $M$  - қатламдаги материал массаси, кг;  $G$  - қаттиқ материал сарфи, кг/с.

## СУЮҚЛИКЛАРНИ АРАЛАШТИРИШ

### Ҳисоблаш формуллари ва асосий боғлиқликлар

Ара аштириш жараёни учун гидродинамик ўхшашлик критерийлари қуйидаги кўринишга эга:

$$Re_{\text{маъл}} = \frac{\rho \cdot n \cdot d^2}{\mu} \quad (3.59)$$

Кувват критерийси:

$$K_N = \frac{N}{\rho \cdot n^3 \cdot d^5} \quad (3.60)$$

Фруд критерийси (марказдан қочма)

$$Fr_{\text{маъл}} = \frac{v^2 \cdot d}{g} \quad (3.61)$$

Бу критерийларда:  $N$  - аралаштиргич истеъмол қиладиган кувват, Вт;  $\rho$  - суюқлик ёки аралашма зичлиги, кг/м<sup>3</sup>;  $n$  - ара-

лаштиргичнинг айланмиш частотаси, с<sup>-1</sup>; d - аралаштирувчи қурилма диаметри, м. Узлукли ишлайдиган аралаштиргичларнинг иш унумдорлиги қуйидагича формула орқали топилади:

$$\Pi = \frac{G}{\tau} \quad (3.62)$$

Узлуксиз ишлайдиган аралаштиргичларнинг иш унумдорлиги қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$\Pi = \frac{G_u}{\tau_s} \quad (3.63)$$

$G_u$  - аралаштиргичга солинган маҳсулот миқдори, кг (м<sup>3</sup>);  $\tau_s$  - аралаштириш цикли вақти, с;

Турғун режимда аралаштириш учун зарур бўлган қувват  $N_1$  қуйидагича аниқланади:

$$N_1 = K_N \cdot \rho \cdot n^2 \cdot d^3 \quad (3.64)$$

Сальникдаги ишқаланиш кучларини енгиш учун зарур қувват  $N_2$  қуйидаги тенглама билан ифодаланади:

$$N_2 = 1,48 \cdot f \cdot n \cdot d^2 \cdot l \cdot p \quad (3.65)$$

f - ўқнинг сальникга ишқаланиш коэффициентини (f=0,2); l - сальник узунлиги, м; d - аралаштиргич ўқининг диаметри, м; p - қурилмадаги ишчи босим, Па.

Электродвигател ўқидаги номинал қувват,

$$N = \frac{N_1 + N_2}{\eta} \quad (3.66)$$

бу ерда  $\eta$  — узатма ф.и.к. ( $\eta = 0,9-0,95$ ).

Муҳитдан аралаштиргич паррақларига тушаётган қаршилик кучи

$$p = \frac{M_{\text{ади}}}{r_0 \cdot z} \quad (3.67)$$

формула билан ҳисоблаб топилади. Бу ерда Майл. - айлантириш моменти, l м;  $r_0$  - ўқнинг ўртасидан парракнинг учига бўлган масофа, м; z - парраklar сони.

$$M_{\text{ади}} = \frac{0,163 \cdot N_1}{n} \quad (3.68)$$

Аралаштиргич ўқининг диаметри қуйидагича формуладан топилади:

$$d = 1,71 \cdot \sqrt{\frac{M_{\text{ади}}}{\sigma_p}} + c \quad (3.69)$$

$\sigma_p$  - ўқининг айланиши учун рухсат этилган кучланиш, Па;  
c - коррозия ва эрозияни ҳисобга олувчи коэффициент, м.

### МИСОЛЛА. НИ ИЧЛАШ НАМУНАСИ

3-1. Олхўри ювилганда, зичлиги 1750 кг/м<sup>3</sup> ва ўлчами 0,4мм. бўлган қаттиқ заррачалар 0,4 м қалинликдаги сув қатламидан ўтиб, идиш губига чуқиши учун чуқтириш қурилмасининг узунлигини қандай бўлиши керак? Сувнинг температураси 20°C, оқимнинг тезлиги 10 м/с.

**Е ч и ш :**

Чуқтириш тезлиги (3') формуладан аниқланади:

$$w_c = \frac{9,1 \cdot (0,4 \cdot 10^{-3})^2 \cdot (1750 - 1000)}{18 \cdot 1 \cdot 10^{-3}} = 0,065 \text{ м/с}$$

Заррачаларнинг чуқиши учун керакли вақт эса

$$w_0 = \frac{h}{\tau}; \quad \tau = \frac{h}{w_0} = \frac{0,4}{0,065} = 6,15 \text{ с}$$

Чўктириш қўрилмасининг узунлиги  $l$  қуйидаги формулада ҳисобланган топилади:

$$l = w_0 \cdot \tau = 0,065 \cdot 6,15 = 0,4 \text{ м}$$

3-2. Чўкманинг қалинлиги 50 мм ва филтрпресснинг юзаси  $F=0.1 \text{ м}^2$  бўлганда, температураси  $20^\circ\text{С}$  ли таркибида 13,9% кальций карбонат эр сувли суспензияни филтр: да олинган маълумотлар қуйидаги келтирилган жадвалда берилган:

Атмосфера босимидан юқори босимда		Олинган филтрат,	Таъриба бошидан ўтган вақт
Па	кг/см <sup>2</sup>	дм <sup>3</sup>	с
3,43·10 <sup>4</sup>	0,35	2,92	146
		7,80	888
10,3·10 <sup>4</sup>	1,05	2,45	50
		9,80	660

Филтрлаш жарасининг  $K$  (м<sup>2</sup>/соат) ва  $C$  (м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>) константаларини аниқланг.

**Е ч и ш:**

Филтрлаш жарасини константалари сон қийматларини топиш учун (3.9) формуладан фойдаланилаг:

$$V^2 + 2 \cdot V \cdot C = K \cdot \tau$$

Агарда, босим  $3,43 \cdot 10^4$  Па ( $0,35 \text{ кг/см}^2$ ) бўлса, таърибалар қуйидаги натижалар берилди:

$$V_1 = \frac{2,92}{1000 \cdot 0,1} = 2,92 \cdot 10^{-2} \frac{\text{м}^3}{\text{м}^2}; \quad \tau_1 = \frac{146}{3600} = 0,0405 \text{ соат},$$

$$V_2 = \frac{7,8}{1000 \cdot 0,1} = 7,80 \cdot 10^{-2} \frac{\text{м}^3}{\text{м}^2}; \quad \tau_2 = \frac{888}{3600} = 0,246 \text{ соат},$$

Олинган параметрларининг сон қийматларини (3.9) тенгламага қўйиб натижаларга эга бўламиз:

$$(2,92 \cdot 10^{-2})^2 + 2 \cdot 2,92 \cdot 10^{-2} \cdot C = K \cdot 0,0405$$

$$(7,80 \cdot 10^{-2})^2 + 2 \cdot 7,80 \cdot 10^{-2} \cdot C = K \cdot 0,246$$

Тенгламалар системасини ечиб,  $K=278 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{соат}$  ва  $C=4,7 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{м}^2$  тенглигини топами. Худди шу йўл билан босим  $10,3 \cdot 10^4 \text{ Па}$  ( $1,05 \text{ кгк/см}^2$ ) учун филтрлаш жарасини константалари  $K$  ва  $C$  ҳисобланади. Чунончи, бу босим учун  $K=560 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{соат}$  ва  $C=3,78 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{м}^2$  га тенгдир.

3-3. Магний гидроксид сувли суспензиясининг температураси  $30^\circ\text{C}$ , ундаги заррачаларининг зичлиги  $\rho=2525 \text{ кг/м}^3$  ва энг кичик заррача диаметри  $3 \text{ мкм}$ . АОТ-800 маркали чўктирувчи автоматик центрифуга қуйидаги кўрсаткичларга эга: барабан диаметри  $800 \text{ мм}$ , ён деворининг устки қисми  $570 \text{ мм}$  ва узунлиги  $400 \text{ мм}$ . Айланиш частотаси  $1200 \text{ айл/мин}$ . Центрифуга ишлаш цикли  $20 \text{ мин}$ , шундан  $18 \text{ мин}$  - суспензия чзатишга,  $2 \text{ мин}$  эса чукмани олиб ташлашга сарфланади.

Юқорида қайд этилган шароитда, центрифуганинг иш унумдорлиги ҳисоблансчн.

**Е ч и ш :**

Иш унумдорлиги (3.37) формула ёрдамида аниқланади:

$$V_v = 25,3 \cdot \eta \cdot L \cdot n^2 k_j^3 \cdot w \cdot k$$

Заррачалар чўкиш тезлигини Стокс формуласидан олошиш мумкин:

$$w_s = \frac{g \cdot d^2 \cdot (\rho_s - \rho)}{18 \cdot \mu} = \frac{9,1 \cdot (3 \cdot 10^{-4})^2 \cdot (2625 - 1000)}{18 \cdot 0,8 \cdot 10^{-3}} = 0,935 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$$

30°C темпер. гурада сув динамик қовушқоқлигининг коэффициентини  $\mu = 0,8 \cdot 10^{-3}$  Па·с.

Марказдан қочма куч таъсиридаги чуқиш тезлиги қуйидагича ҳисобланади:

$$w = w_s \cdot \frac{R_0 \cdot n^2}{900} = 0,935 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{0,285 \cdot 1200^2}{900} = 4,26 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$$

Чуқиш режимини текширамиз:

$$Re = \frac{4,26 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 10^3}{0,8 \cdot 10^{-3}} = 1,6 \cdot 10^{-2}$$

яъни,  $Re = 1,6 \cdot 10^{-2}$  ламинар режимга тўғри келади.

Сунгра,  $k$  ни аниқлаймиз:

$$k = \frac{18}{20} = 0,9$$

Ф.и.к.  $\eta = 0,45$  лигини ҳисобга олсак, центрифуганинг иш унумдорлиги қуйидагича тенг бўлади:

$$V = 25,3 \cdot 0,45 \cdot 0,4 \cdot 1200^2 \cdot 0,285^2 \cdot 0,935 \cdot 10^{-3} \cdot 0,9 = 4,46 \text{ м}^3 / \text{соат}$$

3-4. Қурилмадаги силикагелдан иборат мавҳум қайнаш қатлами, қуйидаги гранулометриқ тақсимага эга:

Фракция, мм	2,0 + 1,5	1,5 + 1,0	1,0 + 0,5	0,5 + 0,25
Таркиби, %	43	28	17	12

Силикагел зичлиги  $\rho = 1100 \text{ кг/м}^3$ , тўғлам зичлиги эса  $\rho_{\text{тул}} = 650 \text{ кг/м}^3$ . Ҳаво температураси 150°C. Мавҳум қайнаш сони  $K_0 = 1,6$ .

Ҳавонинг критик, ҳақиқий ва ишчи тезликларини аниқланг.

Ечиш:

Архимед критерийси - Аг ҳисобланади ва 3.4 - расмдан фойдаланиб,  $Ly_{\text{кр}}$ нинг сон қиймати топилади.

Буниги учун силикагелнинг эквивалент диаметри аниқланади. Балвирдан ўтгаи фракцияларнинг ўртача диаметрлари:

$$d_1 = \frac{2,0 + 1,5}{2} = 1,75; \quad d_2 = \frac{1,5 + 1,0}{2} = 1,25 \text{ мм};$$

$$d_3 = \frac{1,0 + 0,5}{2} = 0,75; \quad d_4 = \frac{0,5 + 0,25}{2} = 0,375 \text{ мм};$$

булса, эквивалент диаметрини (3.53) формула ёрдамида ҳисоблаш мумкин:

$$d_s = \frac{1}{\frac{0,43}{1,75} + \frac{0,28}{1,25} + \frac{0,17}{0,75} + \frac{0,12}{0,375}} = 1 \text{ мм}$$

Ҳавонинг 150°C даги динамик қовушқоқлик коэффициентини аниқланади  $\mu = 0,024 \cdot 10^{-3}$  Па·с (Иловадаги 114 - расм).

150°C температуралаги ҳавонинг зичлиги,

$$\rho = 1,293 \cdot \frac{273}{273 + 150} = 0,835 \text{ м/с}$$

Архимед критерийси қуйидагича тенг бўлади:

$$A_s = \frac{g \cdot d_s^3 \cdot \rho_s \cdot \rho}{\mu^2} = \frac{9,81 \cdot 1^3 \cdot 10^{-9} \cdot 1,1 \cdot 10^3 \cdot 0,835}{2,4^2 \cdot 10^{-10}} = 1,555 \cdot 10^4$$

$Ag = 1,565 \cdot 10^4$  қийматга Лященко критерийсининг  $Ly_{\text{кр}} = 3 \cdot 10^{-2}$  қиймати тўғри келди. Бундан,

$$w_{\text{кр}} = \sqrt{\frac{Ly_{\text{кр}} \cdot \mu_{\text{ав}} \cdot \rho \cdot g}{\rho^2}}$$

$$= \sqrt{\frac{3 \cdot 10^{-2} \cdot 0,024 \cdot 10^{-3} \cdot 1,1 \cdot 10^3 \cdot 9,8}{0,835^2}} = 0,224 \text{ м/с}$$

Ҳавонинг ишчи тезлигини аниқлаймиз

$$w = K_w \cdot w_{kr} = 1,6 \cdot 0,224 = 0,358 \text{ м/с}$$

Мавҳум қайнаш қатламининг  $K_w=1,6$  даги ғовақлигини топишимиз

$$Ly = K_w^3 \cdot Ly_{kr} = 1,6^3 \cdot 3 \cdot 10^{-2} = 1,23 \cdot 10^{-1}$$

3.4- расмдан  $Ly=1,23 \cdot 10^{-1}$  ва  $Ag = 1,565 \cdot 10^4$  бўлганда қатлам ғовақлиги  $\varepsilon = 0,47$ .

Қатламнинг бўш қиндаланг кесимида эвонинг ҳақиқий тезлиги ушбу формуладан топилади:

$$w_x = \frac{w}{\varepsilon} = \frac{0,358}{0,47} = 0,762 \text{ м/с}$$

3-5. Агарда, ёғсизлантирилган сут таркиби 0,05% ёғ, сутда 3,2% ёғ, қаймоқда эса 40% миқдорда ёғ бўлса, ёғ йўқотилишининг кўрсаткичи аниқлансин:

**Е ч и ш:**

Сут ва ёғсизлантирилган сутнинг миқдорий нисбатлари моддини баланс тенгламасидан топиш мумкин:

$$\frac{O}{M} = \frac{O \cdot J_o}{M \cdot J_m}$$

бу ерда  $M$  – сепарация қилинган сут, кг;  $O$  – ёғсизлантирилган сут, кг;  $J_m, J_o$  – сутда ва ёғсизлантирилган сутларда ёғ миқдори, %.

Демак,

$$P_{ж} = 0,92 \cdot \frac{0,05}{3,2} = 0,0143$$

3-6. Барабаннинг максимал диаметри 390 мм ва баландлиги 400 мм бўлган сепаратор қуйидаги техник характерист: каларга эга: иш унумдорлиги  $M=13,9 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3/\text{с}$ ; тарелкалар сони  $z=110$  та; тарелкалар баландлиги  $H=138 \text{ мм}$ ;  $R_{ка}=140 \text{ мм}$ ;  $\alpha=55^\circ$ ; барабаннинг айланиш частотаси  $n=100 \text{ с}^{-1}$ . Тарелкалар орасидагима софа  $h=0,5 \text{ мм}$ . Сепарация жараёнига температура  $t=140^\circ\text{C}$ .

Сепараторнинг ажратиш коэффициенти  $k$  ни, биринчи ва иккинчи ҳаракат босқичлари учун ёғ шарчаларининг энг катта диа-

метрини аниқланг. Ундан ташқари, сепаратор истеъмол қилаётган қувват миқдори топилсин.

Е џ и ш:

Сепарация жараёни инг биринчи босқ. чи ҳаракат пайтида ҳосил бўлаётган ёғ ш. ачаларининг энг катта ўлчами ушбу формула орқали топиш мумкин;

$$d_1 = \sqrt{\frac{M \cdot \mu \cdot 10^6}{4,598 \cdot \beta \cdot z \cdot n^2 \cdot (\rho_1 - \rho_2) (R_{\text{м}}^2 - R_{\text{св}}^2) \lg \alpha}} =$$

$$= \sqrt{\frac{13,9 \cdot 10^{-7} \cdot 10^6}{4,598 \cdot 0,1 \cdot 110 \cdot \left(\frac{600}{60}\right)^2 \cdot 1,43 \cdot [(14 \cdot 10^{-2})^2 - (14 \cdot 10^{-7})^2] \cdot 2900 \cdot 40}} =$$

$$= 8 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

$$d_2 = \frac{M \cdot \mu \cdot 10^6}{5,55 \cdot n^2 \cdot R_{\text{св}}^2 \cdot h^2 \cdot z \cdot (\rho_1 - \rho_2) \cdot \cos \alpha} =$$

$$= \frac{13,9 \cdot 10^{-7} \cdot 10^6}{5,55 \cdot 10^4 \cdot (4 \cdot 10^{-2})^2 \cdot 110 \cdot 0,57 \cdot 2900 \cdot 40} = 7 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

Сепараторнинг ажратиш фактори куйидаги формула да ҳисобланади:

$$k = \frac{z \cdot (R_{\text{м}}^2 - R_{\text{св}}^2) \cdot \Pi \cdot H \cdot \omega^2}{4,6 \cdot \lg \frac{R_{\text{м}}}{R_{\text{св}}}}$$

$$= \frac{110 \cdot (0,14^2 - 0,05^2) \cdot 3,14 \cdot 0,138 \cdot \left(2 \cdot 3,14 \cdot \frac{6000}{60}\right)^2}{4,6 \cdot 13,9 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{0,14}{0,05}} = 49300$$

Сепаратор истеъмол қилаётган қувват ушбу формуладан

аниқланади:

$$N = K \cdot H_{\text{кв}} \cdot n^3 \cdot R^4 = 0,016 \cdot 0,4 \cdot \left(\frac{6000}{60}\right)^3 \cdot 0,19^4 = 2,5 \text{ кВт}$$

3-7. Сепараторнинг иш ҳудуддорлиги 1000 л/соат ёки  $2,78 \cdot 10^7$  м<sup>3</sup>/с. Тарелкалар сони 50 та ва улар орасидаги масофа 0,4 м. Барабаннинг айланиш частотаси 8500 айл/мин. Тарелкалар радиуси  $R_{\text{ки}} = 5 \cdot 10^{-2}$  м,  $R_{\text{кр}} = 10^{-1}$  м. Сепарация жараёнининг температураси 45°C.

$R_{\text{ка}}$  ва  $R_{\text{ки}}$  лар учун ёғ шарчаларининг қатлам ичидан сузиб чиқиш тезликлари ва суюқлик оқимининг тезлиги ҳисоблаб топилсин.

Е ч и ш:

Ёғ шарчаларининг суюқлик ичидан сузиб чиқиш тезлиги ушбу формуладан топса бўлади.

$R_{\text{ки}}$  учун

$$\omega_{\text{см}} = \frac{2}{9} \cdot \pi^3 \cdot n^2 \cdot R \cdot d^2 \cdot \frac{\rho_1 - \rho_2}{\mu} \cdot \frac{\rho_1 - \rho_2}{\mu} = 2900 \cdot t$$

$$\omega_{\text{см}} = \frac{2}{9} \cdot 3,14^2 \cdot \left(\frac{8500}{60}\right)^2 \cdot 3 \cdot 10^{-2} \cdot (2,3 \cdot 10^{-6})^2 \cdot 2900 \cdot 45 = 1,64 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$$

$R_{\text{ки}}$  лар учун

$$\omega_{\text{см}} = 3,288 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$$

Суюқлик оқимининг тезлиги эса, ушбу формуладан аниқланади:

$$\omega_{\eta} = \frac{M}{2 \cdot \pi \cdot R_1 \cdot h \cdot z}$$

$R_{\text{ки}}$  учун

$$\omega_{\eta} = \frac{2,78 \cdot 10^7}{2 \cdot 3,14 \cdot 5 \cdot 10^{-2} \cdot 4 \cdot 10^{-4} \cdot 50} = 4,4 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}$$

$R_{\text{ка}}$  учун

$$\omega_{\text{см}} = 2,2 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}$$

3-8. Температураси 50°C бўлган писта ёғи 6000 кг/м<sup>2</sup> босимда 8 соат мобайнида юзаси F=35 м<sup>2</sup> ли филтрпрессдан ўтказилаётган бўлса, филтрланган ёғ миқдори топилин.

**Е ч и ш:**

Филтрпресснинг иш унумдорлиги ушбу формуладан ҳисобланади:

$$V = k \cdot F \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\mu}} \cdot \tau$$

бу ерда k=0,00015 – филтрлаш коэффициенти;  $\mu=0,0212$  Па·с. Унда,

$$V = 0,00015 \cdot 35 \cdot \sqrt{\frac{58860}{0,0212}} \cdot 8 = 25 \text{ м}^3$$

Ёғнинг зичлиги  $\rho=904$  кг/м<sup>3</sup> эканлигини ҳисобга олсак,

$$M = V \cdot \rho = 25 \cdot 904 = 22,600 \text{ кг}$$

3-9. Аралаштиргич ичига бурама труба (мисевик) ўрнатилган бўлиб, бакнинг диаметри D=1,7 м. Ундаги ёғнинг баландлиги H=2,0 м. Бакнинг ичига диаметри d=1,0 м бўлган пропеллерли аралаштиргич ўрнатилган бўлиб, 30 айл/мин билан ҳаракат қилмоқда. Ёғнинг температураси t=37°C. Ушбу аралаштиргичга ўрнатилиши керак бўлган двигателнинг қуввати ҳисоблансин.

**Е ч и ш:**

Ёғнинг зичлиги  $\rho_{37}=909$  кг/м<sup>3</sup>; қовушоқлик коэффициенти  $\mu=0,00273$  кгк/м<sup>2</sup>.

$$Re = \frac{n \cdot d^2 \cdot \rho}{60 \cdot g \cdot \mu} = \frac{30 \cdot 1^2 \cdot 909}{60 \cdot 9,81 \cdot 0,00272} = 17000.$$

бўлса, суюқлик оқиши турбулент режимга тўғри келади (Re=100).

Аралаштириш жараёнининг Эйлер критерийси сон қийматини

аниқлаймиз:

$$Eu = 0,845 \cdot Re^{-0,05} = 0,845 \cdot 17000^{-0,05} = 0,52$$

Ўнгра, аралаштириш учун зарур ишчи қувватни топамчиз:

$$N_p = Eu \cdot \frac{\rho}{g} \cdot \left[ \frac{n}{60} \right]^3 \cdot d^5 = 0,52 \cdot \frac{909}{9,81} \cdot \left[ \frac{30}{60} \right]^3 \cdot 1^5 = 6,02 \frac{\text{кгм}}{\text{соат}}$$

Қабул қилинган аралаштиргич ўлчамлари геометрик ўхшашлик шартларига мос келмаганлиги учун, қуйидаги берилётган тенгламдан фозатиш коэффициентини аниқлаймиз:

$$k = \left[ \frac{D}{3 \cdot d} \right]^{1,1} \cdot \left[ \frac{H}{D} \right]^{0,6} \cdot \left[ \frac{4h}{d} \right]^{0,2} = \left[ \frac{1,7}{3,1} \right]^{1,1} \cdot \left[ \frac{2,05}{1,7} \right]^{0,6} \cdot \left[ \frac{4 \cdot 0,2}{1} \right]^{0,2} = 0,56$$

Демак, ҳақиқий ишчи қувват

$$N_p = 6 \cdot 0,56 = 3,37 \text{ кВт}$$

Агарда, қурилма ичида змеєвик ўрнаилган бўлса, ҳақиқий қувват миқдори 2-3 бар бар ортиб кетади:

$$N_p = 2,5 \cdot N_p = 8,43$$

Аралаштириш учун биринчи зор юргизиш учун зарур қувват:

$$N_n = \left( \frac{a}{Eu} + 1 \right) \cdot N_p = \left( \frac{0,725}{0,52} + 1 \right) \cdot 3,37 = 8,07$$

Формуладаги  $a$  нинг қиймати  $l$  ушбу дўл билан топилу мумкин:

$$a = 3,87 \cdot \frac{h}{d} = 3,87 \cdot \frac{0,2}{1} = 0,725$$

Демак,

$$N_n = \frac{\left(\frac{0,725}{Eu} + 1\right) \cdot N_p}{102} = 0,079 \text{ кВт}$$

Узатманинг ф.и.к.  $\eta = 0,5$  ва қувват бўйича захираси 50% бўлса, двигателнинг қуввати қуйидагига тенг бўлур:

$$N_{\text{дв}} = 1,5 \cdot \frac{N_n}{0,5} = 0,24 \text{ кВт}$$

## КОНТРОЛ МАСАЛАЛАР

3.1. Бир хил тезликда чуқтириладиган турли зичликка эга кўрғошин ( $\rho=7800 \text{ кг/м}^3$ ) ва кварц ( $\rho=2600 \text{ кг/м}^3$ ) заррачалар диаметрларининг нисбатларини қуйидаги ҳолатлар учун аниқланг: а) ҳавода; б) сувда. Чуқтириш  $Kz < 0,2$  бўлган шаронга олиб борилмоқда дес ҳисоблансин.

3.2. а) Сувнинг температураси  $15^\circ\text{C}$ ; б) Ҳаётнинг температураси  $15^\circ$  ва  $500^\circ\text{C}$  бўлганда, диаметри  $10 \text{ мкм}$  бўлган шарсимон кўрғош заррачалар ( $\rho=2600 \text{ кг/м}^3$ ) қандай тезликда чуқтирилади.

3.3. Таркибида 10% (массавий) қаттиқ фаза бўлган сувли суспензиянинг зичлиги аниқлансин. Қаттиқ фазанинг нисбий зичлиги 3 га тенг.

3.4. Таркибида 20% (массавий) қаттиқ фазали, нисбий солиштирма оғирлиги 1,2 га тенг булган  $10 \text{ м}^3$  суспензия филтрлангандан сўнг, филтлда қанча миқдорда хў чуқма йиғилади? Чуқманинг намлиги 75%

3.5. Таркибида 20% қаттиқ фаза бор сувли суспензия филтрлангандан сўнг  $15 \text{ м}^3$  филтрат йиғиб олинди. Чуқманинг намлиги 30%. Суруқ модда таркибида қанча чуқма олинди ҳисоблансин

3.6 3-8 намунада ечиб кўрсатилган масала шартлари асосида

ишлаётган фильтрпрессда фильтрлаш жараёни  $25^{\circ}\text{C}$  температураси олиб борилганда иш унумдорлиги қанчага ўзгаради?

3.7. Температураси  $40^{\circ}\text{C}$  бўлган  $20\text{ м}^3$  пахта ёғи бор. Ушбу миқдордаги ёғни  $29430\text{ Па}$  босимда 4 соат мобайнида фильтрлаш учун неча дона типичи фильтрпресслар керак?

3.8.  $30^{\circ}\text{C}$  температура ва  $14750\text{ Па}$  босимда зигир ёғи фильтрлаш юзаси  $5\text{ м}^2$  бўлган лаборатория фильтрпрессидеа фильтрланмоқда. Фильтрпресс 30 минут ишлаганда 480 л ёғ олинди, Жараённинг фильтрлаш коэффициентини аниқлансин.

3.9.  $50^{\circ}\text{C}$  температура ва  $20000\text{ Па}$  босимда пахта ёғи фильтрлаш юзаси  $7,6\text{ м}^2$  булган фильтрпрессдаа фильтрланмоқда. Агарда, 90 мин вақт ичида  $3\text{ м}^3$  ёғни фильтрлаш зарур бўлса, жараённинг босими қанча бўлиши керак?

3.10. Центрифуга барабанининг ички диаметри 1 м га, айланиш частотаси эса, минутига 500 га тенгдир. Суюқлик қатламининг қалинлиги 10 см бўлганда, барабан деворига кўрсатилаётган солиштирма босимни ҳисобланг. Суюқлик зичлиги  $1100\text{ кг/м}^3$  га тенг.

3.11. Центрифуга барабани  $0,5\text{ м}$  бўлганда, айланишлар частотаси (1 минутдаги айланишлар сани) ни аниқлаш керак. Барабан деворларига кўрсатиладиган босим  $5\text{ кг/см}^2$  ( $0,5\text{ МПа}$ )га тенг бўлиши керак. Ажратиш учун центрифугага  $400\text{ кг}$  суспензия солинган.

3.12. Кўидаги шартлар ёрдамида грануллиланган алюмосиликагел заррачалари маълум қайнаш қатлами ҳолатига ўтказиш учун талаб қилинадиган ҳаво тезлигини аниқланг: ҳаво температураси  $100^{\circ}\text{C}$ , алюмосиликагелнинг зичлиги  $968\text{ кг/м}^3$ , заррача диаметри 1,2 мм. Қузғалмас қатлам баландлиги 400 мм бўлганда, унинг гидравлик қаршилиги қандай бўлади?

3.13. Аввалги масала шартларидан фойдаланиб ҳаво тезлиги критик тезликдан 1,7 баробар кўп бўлган хол учун, маълум қайнаш қатламининг ғовақлилигини ва баландлигини аниқлаг.

3.14. Қурилмада ҳаво оқимининг тезлиги  $0,2\text{ м/с}$  бўлганда, маълум қайнаш ҳолатига ўтаётган грануллиланган кўмир заррачаларининг энг катта диаметрини топинг. Ҳавонинг температураси  $180^{\circ}\text{C}$ . Агарда ҳаво тезлиги  $0,4\text{ м/с}$  гача оширичса, заррачаларнинг ҳажмий концентрациясини ҳам аниқланг. Кўмирнинг зичлиги  $660\text{ кг/м}^3$ .

3.15. Агарда, резервуар баландлиги 2400 мм,  $18^{\circ}\text{C}$

температурли суелодаги зичлиги  $\rho = 1200 \text{ кг/м}^3$  булса, диаметри 0,2 мм ли органик зарарчалар қанча вақт ичида чўкади?

3.16. Резервуар баландлиги 2,4 м ва диаметри 1200 мм заррачаларининг диаметри 0,3 мкм булган қаттиқ жисмлар 20°C ли спирта 24 соатда чўкса, бундай заррачаларининг зичлиги қанча бўлади?

3.17. Агарда 3 та циклда 42 м<sup>3</sup> вино тозаланса, пластинади фильтрнинг ўртача иш унумдорлигини аниқланг. Ҳар бир цикл фильтрлаш вақти (3 соат) ва фильтрни тозалаш ва ишга тайёрлаш вақти (1 соат) лардан ташкил топган.

3.18. Агар, фильтрлаш жараёнининг тезлиги  $w = 0,00012 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$  бўлса, фильтрнинг иш унумдорлиги 4 м<sup>3</sup>/соат бўлиши учун 0,4x0,4 м ўлчамли пластинкалардан неча дана керак бўлади?

3.19. Узлукли ишлайдиган центрифуганинг диаметри 0,8 м ва баландлиги 0,4 м барабани 1700 айл/мин частота билан айланиб суспензия центрифугаланмоқда. Цурилмага 15 кг суспензия берилмоқда. Суспензиянинг зичлиги 1480 кг/м<sup>3</sup>. Юқоридаги шарт-шароитларда центрифуганинг ажратиш коэффициенти ва фильтрлаш босимини аниқланг.

3.20. Фильтрловчи центрифуга барабанининг диаметри 0,45 м ва баландлиги 0,3 м. Барабани минутига 2000 айланиш қилмоқда ва натижада ҳосил булаётган сувоқлик халқасининг диаметри 0,32 м. Суспензия зичлиги 1380 кг/м<sup>3</sup>, уни қайта ишлаш циклининг вақти 10 мин. Фильтрловчи центрифуганинг ажратиш коэффициенти ва ўртача иш унумдорлиги ҳисоблаб топилсин.

3.21. Қуйидаги маълумотларга асосланиб НИИ'ОГАЗ типидаги циклон танлансин: чанг ҳаво сарфи 5100 м<sup>3</sup>/соат (0°C ва 760 мм.с.м.уст.), температураси 50°C, зичлиги 1200 кг/м<sup>3</sup> ва энг кичик заррачалар диаметри 15 мкм. Циклоннинг гидравлик қаршилиги ҳам аниқлансин.

3.22. Ювиш интенсивлиги 10 дм<sup>3</sup>/(\text{м}^2 \cdot \text{мин}); чўкма қатлам қалинлиги 25 мм; ювиш суви фильтратидаги тузнинг бошланғич концентрацияси 40 г/дм<sup>3</sup>; фильтрлаш вақти 1 соат 10 минут бўлса, ювиш тезлиги константа нини аниқланг.

3.23. Ўқдаги қувват 7 кВт булган, умумий ўқда урнатилган 2 га икк: парралли аралаштиргични мустаҳкамлиги ҳисоблансин. Паррақлар диаметрлари 1,6 м, энг кичи 0,16 м ва ўқнинг айланиш соҳи 48 айл/мин. Аралаштиргич Ст.3 материалдан тайёрланган ва ўқнинг диаметри 0,16 м.

3.24. Цилиндрик идиш диаметри 0,9 м ва баландлиги 1,1 м ва 75% пахта ёғи ( $\rho=930 \text{ кг/м}^3$ ) билан тўлдирилган бўлиб, унга уч парралли аралаштиргич ўрнатилган. Ушбу аралаштиргич 180 айл/мин частотада айланиш учун қандай қувватли электр двигател ўрнатилиши керак?

3.25. Техник глицеринни ( $\rho=1200 \text{ кг/м}^3$ ,  $\mu=1.6 \text{ Па}\cdot\text{с}$ ) интенсив аралаштириш учун уч парралли аралаштиргичнинг диаметри қандай булиши керак? Цилиндрик идиш диаметри 1,75 м паррал айланиш сони 500 айл/мин ва сарфланаётган қувват миқдори 17 кВт.

3.26. Уч парралли пропеллерли аралаштиргич минутага 900 марта айланиб винони аралаштириши учун қандай қувватли двигател зарур? Вино солинган резервуар диаметри 0,12 м, баландлиги 1,5 м, идишдаги суюқлик баландлиги 1,2 м, пропеллер диаметри 0,3 м, ўқ диаметри 0,05 м, вино температураси  $15^\circ\text{C}$ .

3.27. Сутдаги ёғ (жир) миқдори ўзгармас, ёғсизлантирилган сут таркибида эса 0,02%; 0,05%; 0,08% бўлса, ёғ йўқотиш кўрсаткичи аниқлансин.

Сут ва ёғсизлантирилган сутларнинг миқдор нисбатлари 10:1 деб қабул қилинсин.

3.28. Шарсимон ё. тарралчаларининг диаметри 2 мкм,  $R_{ки}=4 \text{ см}$  ва  $R_{ка}=11 \text{ см}$ . Тарралчалар орасидаги масофа  $h=0.5 \text{ мм}$  ва уларнинг сони 70 та. Сепараторнинг иш унумдорлиги 2000 л/соат. Барабаннинг айланиш частотаси  $150 \text{ с}^{-1}$ . Тарралчалар оғиш бурчаги  $45^\circ$ . Жараён температураси  $40^\circ\text{C}$  бўлса, оқимнинг тезлиги ва ёғ шарларининг суюқлик ичидан сузиб чиқиш тезлигини аниқлан.

3.29. Аввалги масала маълумотлари асосида, сепара орнини ажратиш фактори  $k$  ни ҳисоблаб чиқинг.

3.30. Аралаштиргич ичига бурама труба ўрнатилган бўлиб, бакнинг диаметри  $D=2,0 \text{ м}$ . Унинг ёғнинг баландлиги  $H=2,4 \text{ м}$ . Бакнинг ичидаги диаметри  $d=1,5 \text{ м}$  бўлган пропеллерли аралаштиргич ўрнатилган бўлиб, 45 айл/мин суръат ҳаракат қилмоқда. Ёғнинг температураси  $t=25^\circ\text{C}$ . Ушбу аралаштиргичга ўрнатилиши керак бўлган двигателнинг қувватини аниқлансин.

## КОНТРОЛ ТОПШИРИҚ №5

Пахта чигити ядросининг зичлиги  $\rho$  бўлган, диаметри  $d$  ли шарсимон заррачалари пахта ёғида чуқтирилмоқда. Агарда, ёғнинг температураси  $t$  бўлса, чуқиш тезлиги аниқлансин.

Параметр	Улчов бирлиги	Шифрнинг охири рақами бўйича вариантлар									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$\rho$	кг/м <sup>3</sup>	1040	1045	1050	1042	1040	1050	1040	1045	1050	1040
$D$	мм	0,8	0,5	0,3	0,1	0,05	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0

Тараметр	Улчов бирлиги	Шифрнинг охиридан олдинги рақами бўйича вариантлар									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$T$	°C	40	20	50	70	30	60	80	100	90	10

## КОНТРОЛ ТОПШИРИҚ №6

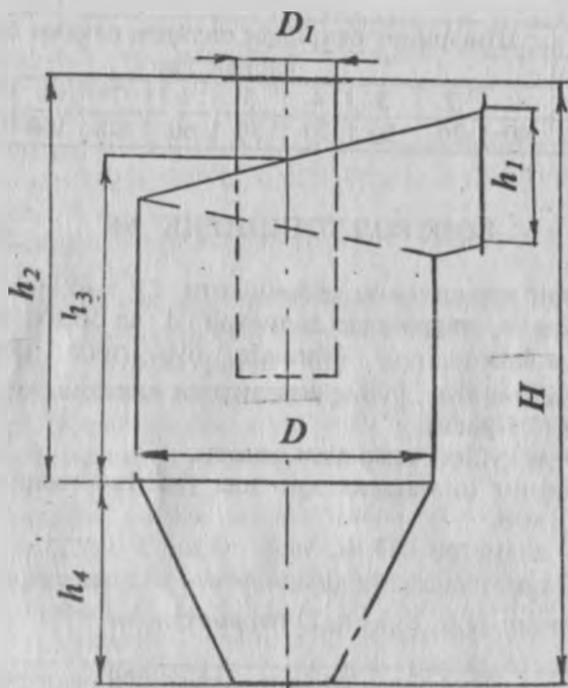
Циклоннинг қаршилик коэффициенти  $\zeta$ , массавий сарфи  $G$  ва температура  $t$ , заррачалар диаметри  $d$  ва босим фарқининг зичликка нисбати бўлганда, пургичли қуритгичдан чиқаятган ҳаводан тоза, туруқ материални ажратиш учун циклон ҳисоблансин (3.5-расм).

Бунинг учун қуйидагилар аниқлансин:

- циклоннинг цилиндрик қисмида ўтаётган газнинг шарғли тезлиги -  $w_{ш}$ , м/с;
- циклон диаметри -  $D$ , м;
- циклоннинг гидравлик қаршилиги -  $\zeta$ , мм.сув уст.;
- циклоннинг  $H, h_1, h_2, h_3, h_4, D$  параметрлари

Параметр	Улчов бирлиги	Шифрнинг охири рақами бўйича вариантлар									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$G$	кг/соат	2100	2200	2500	2400	2600	2300	2700	1800	1500	3000
$d$	мкм	20	40	50	70	100	80	90	60	30	80

Пара-метр	Ўлчов бирлиги	Шифрнинг охиридан олдинги рақами бўйича вариантлар									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$\xi$	—	100	70	50	80	90	110	60	40	120	30
$\Delta p / \tau x$	—	720	740	700	730	710	715	750	725	700	705
$t$	$^{\circ}\text{C}$	100	110	120	100	110	120	100	110	120	100



3.5-расм. Ҳавони тозалаш циклонининг схемаси.

## КОНТРОЛ ТОПШИРИҚ №7

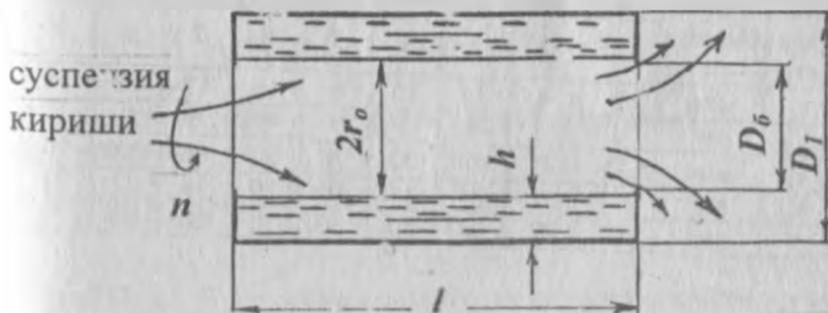
CaCl<sub>2</sub> нинг сувга эритмаси кристаллизаторга юборилмоқда. Кристаллизаторда ҳосил бўлаётган суспензия горизонтал автоматик центрифугага туширилмоқда. Центрифуга ф.и.к.  $\eta=0,5$  деб қабул қилинсин. CaCl<sub>2</sub> заррачаларнинг зичлиги  $\rho_k=2500$  кг/м<sup>3</sup>, муҳитники эса  $\rho=1200$  кг/м<sup>3</sup>, суспензиянинг температураси 45°C ва динамик қовушоқлик коэффициенти  $\mu=3,3 \cdot 10^{-3}$  Па с.

Центрифуга барабинининг диаметри  $D$ , бортининг диаметри  $D_6$ , узунлиги  $l$ , айланиш сони  $n$  ва чўктирилаётган заррачанинг энг кичик диаметри  $d_0$  (3.6-расм). Агарда, фугат ўз хоссалари бўйича сувга яқин деб ҳисобласак, центрифуганинг иш унумдорлиги аниқ қилинсин:

Параметр	Ўлчов бирлиги	Шифрнинг охири..и рақами бўйича вариантлар									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$D$	м	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,1	1,3	1,4
$l$	м	0,6	0,5	0,4	0,7	0,8	0,9	1,0	0,7	0,6	0,5
$D_6$	м	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	0,4	0,6	0,7

Параметр	Ўлчов бирлиги	Шифрнинг охиридан олди..и рақами бўйича вариантлар									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$n$	айл./мин	700	750	730	740	800	870	930	850	700	750
$d$	мкм	1,5	2,0	2,5	3,0	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	2

фугат чиқиши



3.6-расм. Горизонтал чўктирувчи центрифуганинг схемаси.

## КОНТРОЛ ТӨПШИРИК №8

Туклилиги  $O_n$  бўлган пахта чигитини температураси  $t$  ҳаво ўздамида мавҳум қайнаш ҳолатига келтирилмоқда. Мавҳум қайнаш қур'лмасидаги босим - атмосфера босимига тенг.

Пахта чигитини мавҳум қайнашининг бошланиш тезлиги ва заррачаларнинг қурилмадан чиқиб кетиш тезликларини аниқлансин.

Параметр	Ўлчов бирлиги	Шифрнинг охири рақами бўйича вариантлар									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$O_n$	%	12	5	0	2	10	9	11	8	7	4
$T$	°C	20	0	-10	10	30	40	50	-5	60	80

## КОНТРОЛ ТӨПШИРИК №9

Дастлабки филтрлаш жараёнида  $1 \text{ м}^2$  филтрдан олчиган филтрат миқдори филтрлаш бошлангандан  $t_1$  минутдан сўнг  $V_1$  ҳажмда,  $t_2$  минутдан кейин эса  $V_2$  ҳажмда филтрат олинди. Филтр юзаси  $1 \text{ м}^2$  бўлса,  $V$  шикдордаги суюқликни филтрлаш қанча вақт зарур бўлади.

Параметр	Ўлчов бирлиги	Шифрнинг охири рақами бўйича вариантлар									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$t_1$	мин	2	4	20	15	6	16	12	18	14	8
$V_1$	дм <sup>3</sup>	1	2	8	5	3	8	6	9	7	4
$t_2$	мин	15	25	100	50	30	50	60	100	90	55
$V_2$	дм <sup>3</sup>	3	6	24	15	10	20	18	27	21	12
$V$	дм <sup>3</sup>	10	20	100	50	30	80	60	90	70	40

## ИССИҚЛИК АЛМАШТИРИШ ЖАРАЁНЛАРИ

Кимё, озиқ-овқат ва бошқа саноатларда материалларни иссиқлик ёрдамида ишлов бериш жуда кенг тарқалган жараёнлардан биридир. Технолгик жараённинг мақсади ва характериға қараб материалнинг температураси бир меъёрда ушлаб турилади, иситилади, совутилади ёки музлатилади, булар конденсациялариди. Бу жараёнларнинг ифодаловчи муҳим кўрсаткич бўлиб иссиқлик ўтказиш коэффициенти таърифланади ва у қурилмаларнинг лойиҳалашда унинг ўлчамларини ва жараённинг интенсивлигини аниқлашга ёрдам беради.

## Ҳисоблаш формулалари ва асосий боғлиқликлар

## 1. Иссиқлик ўтказишнинг асосий тенгламаси,

$$Q = K \cdot F \cdot \Delta t_{\text{ср}} \quad (4.1)$$

бу ерда  $Q$  – иссиқлик миқдори, Вт;  $K$  – иссиқлик ўтказиш коэффициенти, Вт/(м<sup>2</sup> К);  $F$  – муҳитларни ажратувчи девор қисми, м<sup>2</sup>;  $\Delta t_{\text{ср}}$  – иссиқ ва совуқ муҳитлар температуралари ўртасиёлиги фарқи, °С.

## 2. Иссиқлик алмаштинини қурилмасининг иссиқлик баланси.

2.1. Иссиқлик ташувчи агентларнинг агрегат ҳолати ўзгарганда:

$$Q = G_1 \cdot c_1 \cdot (t_1'' - t_1') = G_2 \cdot c_2 \cdot (t_2'' - t_2') + Q_{\text{кон}} \quad (4.2)$$

2.2. Иссиқлик ташувчи муҳитларнинг бирортасининг агрегат ҳолати ўзгарганда:

$$Q = D \cdot r + D \cdot c_{\text{қонд}} (t_0 - t_{\text{қонд}}) = G_2 \cdot c_2 \cdot (t_2'' - t_2') + Q_{\text{қонд}} \quad (4.3)$$

бу ерда  $G_1$  ва  $G_2$  – иссиқ ва совуқ агентларнинг сарфи, кг/с;  $c_1$ ,  $c_2$  ва  $c_{\text{қонд}}$  – иссиқ, совуқ ва иситувчи буг конденсациянинг иссиқлик элимити, Ж/(кг К);  $t_1'$ ,  $t_1''$ ,  $t_2'$ ,  $t_2''$ , – иссиқ (индекс "1") ва

совуқ (индекс "2") агентлари.  $\rho$  бошлангич ва охири температуралари;  $D$  - иситувчи буғ сарфи, кг/с;  $\gamma$  - буғ ҳосил бўлиш иссиқлиги, Ж/кг;  $\theta$  - қурилмадан чиқаятган конденсат температураси, °С;

Агарда қурилмадан чиқаятган конденсат температураси  $t_{\text{конд}}$  бўлса,  $\theta_{\text{конд}} = t_{\text{б}}$ ;  $Q_{\text{йук}}$  - иссиқликнинг атроф муҳитга йўқотилиши сарфи; иссиқлик қопламаси бор қурилмалар учун  $Q_{\text{йук}} = 0,05 Q_{\text{исс}}$ .

3. Иссиқлик ўтказиш коэффициенти,  $K$ , Вт/(м<sup>2</sup>·К).

3.1. Текис ва цилиндрсимон ( $d_{\text{ич}}/d_{\text{т}} > 0,5$  бўлганда) деворлар учун:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum r_d + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (4.4)$$

$$r_d = \frac{\delta_d}{\lambda_d} + r_{u1} + r_{u2} \quad (4.5)$$

3.2. Агарда, труба ўлчамлари  $d_{\text{ич}}/d_{\text{т}} < 0,5$  бўлса, цилиндрсимон деворли юзанинг 1 м узунлиги учун  $K$  куйидагича ҳисобланади:

$$K = \frac{1 \pi}{\frac{1}{\alpha_1 \cdot d_1} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_d} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot d_2} + \sum r_{\text{ш}} \pi} \quad (4.6)$$

$K_1$  ва  $K_2$  лар ўртасида куйидаги боғлиқлик бор.

$$K = \frac{K_1}{\pi \cdot d_{\text{пр}}} \quad (4.6a)$$

(4.4)-(4.6) формулаларта  $\alpha_1$  - иссиқлик ташувчи муҳитдан девор юзасига иссиқлик бериш коэффициенти, Вт/м<sup>2</sup>·К;  $\alpha_2$  - девор юзасидан совуқ муҳитга иссиқлик бериш коэффициенти, Вт/м<sup>2</sup>·К;  $\delta_d$  - иссиқлик ўтказиш деворнинг қалинлиги, м;  $\lambda_d$  - деворнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $d_1$  ва  $d_2$  - трубанинг ички ва ташқи диаметрлари, м;  $\sum r_d$  - девор юзасидаги ифлосликларнинг термик қаршилиқлар йиғиндисини;

ва  $r_{\text{ш}2}$  - трубанинг ички ва ташқи деворларидаги ифлосликларнинг термик қаршилиги, м<sup>2</sup>·К/Вт.  
Батти бир иссиқлик ташувчи агентларнинг  $\gamma$  тахминий қийматлар 4.1-жадвалда келтирилган.

4.1-жадвал

Иссиқлик ташувчи агент	$R_{\text{ифл}}$ , м <sup>2</sup> ·К/Вт
Ифлосланган сув	$(7,19-5,3) \cdot 10^{-4}$
Ўртача ифлосланган сув	$(5,3-3,4) \cdot 10^{-4}$
Тозаланган сув	$(3,47-1,72) \cdot 10^{-4}$
Мой	$3,4 \cdot 10^{-4}$
Органик суюқлик	$1,7 \cdot 10^{-4}$
Сув буғи	$1,7 \cdot 10^{-4}$
Органик суюқликлар буғи	$5,7 \cdot 10^{-4}$
Ҳаво	$3,5 \cdot 10^{-4}$

Иссиқлик ташувчи муҳитларнинг ўртача температуралар фарқи ушбу тенгламадан топилади:

$$\Delta t_{\text{пр}} = \frac{\Delta t_{\text{св}} - \Delta t_{\text{ш}}}{2,31 \lg \frac{\Delta t_{\text{св}}}{\Delta t_{\text{ш}}}} \quad (4.7)$$

Агар  $\frac{\Delta t_{\text{св}}}{\Delta t_{\text{ш}}} < 2$  бўлса,  $\Delta t_{\text{пр}} = \frac{\Delta t_{\text{св}} + \Delta t_{\text{ш}}}{2}$

$$\Delta t_{\text{пр}} = \frac{\Delta t_{\text{св}} + \Delta t_{\text{ш}}}{2} \quad (4.8)$$

бу ерда  $\Delta t_{\text{св}}$  ва  $\Delta t_{\text{ш}}$  - катта ва кичик температуралар фарқи.

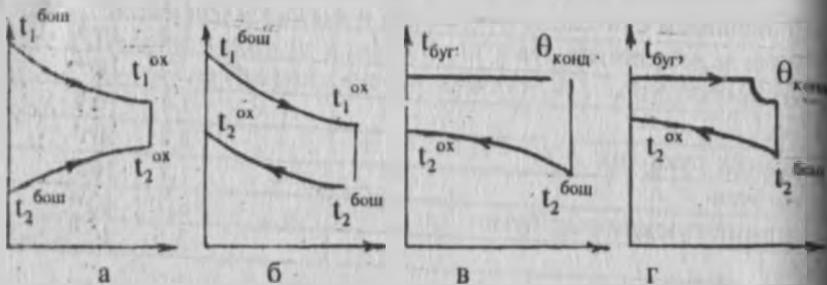
4.1. Иссиқлик ташувчи муҳитларнинг агрегат ҳолати ўзгарганда (4.1a, б-расмлар)  $\Delta t_{\text{св}}$  ва  $\Delta t_{\text{ш}}$  куйидагича аниқланади.

бир хил йўналиш учун

$$\Delta t_{\text{ср}} = t_1' - t_2', \quad \Delta t_{\text{ср}} = t_1'' - t_2'' \quad (4.9)$$

қарама-қарши йўналиш учун

$$\Delta t_{\text{ср}} = t_1'' - t_2', \quad \Delta t_{\text{ср}} = t_1' - t_2''$$



4.1-расм. Иссиқлик алмашиниш жараёнида температураларнинг ў гарниш графиклари. а-бир хил йўли, агентларнинг агрегат ҳоли ўзгармайди; б-қарама-қарши агентларнинг агрегат ҳоли ўзгармайди; в-қарама қарши агентларнинг агрегат ҳоли ўзгармайди; г-худди /в/ дагидек, фикат  $\theta_{\text{конт}} < t_0$ .

4.2. Иссиқлик ташуви муҳитлардан бирининг агрегат ҳоли ўзгарганда (4.1в,г-расмлар)  $\Delta t_{\text{ср}}$  ва  $\Delta t_{\text{ср}}$  куйидагича аниқланади:

$$\Delta t_{\text{ср}} = \theta_{\text{конт}} - t_2', \quad \Delta t_{\text{ср}} = t_0 - t_2'' \quad (4.10)$$

5. Иссиқлик бериш коэффициентини  $\alpha$  критериял тенгламаларда топилади.

Конвектив иссиқлик алмашинишнинг критериял тенгламаси умумий ҳолда куйидаги кўриниши эга

$$Nu = f(Re, Gr, Pr, Fo, \dots) \quad (4.11)$$

Бу ердаги, асосий ўхшашлик критерийлари ушбу формулаларда топилади:

$$Nu = \frac{\alpha \cdot d}{\lambda} \quad (4.12)$$

$$Pr = \frac{c \cdot \mu}{\lambda} \quad (4.13)$$

$$Re = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu} = \frac{w \cdot d}{\nu} \quad (4.14)$$

$$Ga = \frac{Re^2}{Fr} = \frac{g \cdot d^3}{\nu^2} \quad (4.15)$$

$$Cr = \frac{g \cdot d^3}{\nu^2} \cdot \beta \cdot \Delta t \quad (4.16)$$

$$Fo = \frac{a \cdot \tau}{l^2} \quad (4.17)$$

Фазовий ўзгариш критерийсини қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$Ku = \frac{r}{c \cdot \Delta t_{\text{ф}}} \quad (4.18)$$

(4.11–4.18) формулаларга кирувчи параметрлар:

$d$  — аниқловчи геометрик ўлчам, м;  $\lambda$  — иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентини, Вт/(м·К);  $c$  — солиштира иссиқлик кигими, Ж/(кг·К);  $\mu$  — динамик қовушоқлик коэффициентини, Па·с;  $\nu$  — кинематик қовушоқлик коэффициентини, м<sup>2</sup>/с;  $g$  — эркин тушиш тезланиши, м/с<sup>2</sup>;  $\alpha$  — иссиқлик ташувчи муҳит тезлиги, м/с;  $\beta$  — ҳажмий кенгайиш коэффициентини, 1/К;  $\Delta t$  — иссиқлик бериш юзаси ва муҳит орасидаги (ёки тескариси) температуралар фарқи, °С;  $\Delta t_{\text{ф}}$  — иссиқлик бериш юзаси ва буғ орасидаги температура фарқи, °С.

Ушбу катталик нар ҳар бир туюқлик учун ўртача температурада топилади:

$$\Delta t_{\text{сп}} = \frac{t - t_{\text{с}}}{2} \quad (4.19)$$

Температуралар фарқи олатда тегишли ҳисоблар ўтказиш учун олдиндан берилади ва ундан сўнг кетма-кет яқинлашиш усули ёрдамида энг қўқроқ қиймати топилади.  $\Delta t$  ва  $t_d$  катт'ликлари сол'штира иссиқлик оқимларинг баланси тенгламасидан ҳисобланиб топилади:

$$\alpha_1 \cdot (t_{\text{ур1}} - t_d) = \frac{b_d}{\lambda_d} \cdot (t_{d1} - t_{d2}) = \alpha_2 \cdot (t_{d2} - t_{\text{ур}}) = K \cdot \Delta t_{\text{ур}} \quad (4.20)$$

бу ерда  $\Delta t_{\text{ур1}}$  ва  $t_{\text{ур2}}$  — иссиқ ва совуқ муҳитларнинг ўртача температураси; буғли иссиқлик алмашилиш қурилмалари учун  $t_{\text{ур1}} = t_b$ ;  $t_{d1}$  ва  $t_{d2}$  — иссиқ ва совуқ муҳит зонасидаги девор юзларининг температураси.

(4.12), (4.14-4.16) формулалардаги аниқловчи геометрик параметрлар эквивалент диаметрга тенг деб қабул қилинади:

$$d_e = \frac{4 \cdot S}{\Pi} \quad (4.21)$$

$S$  — оқимнинг кўндаланг кесим юзаси,  $m^2$ ;

$\Pi$  — оқим кесимининг тўлиқ периметри,  $m$

Думалоқ кўндаланг кесимли труба ичидаги оқим учун  $d_e = d_{\text{ич2}}$ .

5.1. Иссиқлик тап'увчи муҳитларнинг агрегат ҳолати ўзгармаганда иссиқлик беришнинг критериял тенгмалари.

а) тўғри труба ва каналларда иссиқлик бериш ( $Re > 10000$ ).

$$Nu = 0,021 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \cdot \left( \frac{Pr}{Pr_d} \right)^{0,25} \cdot \epsilon_1 \quad (4.22)$$

б) Ўтиш соҳаси, яъни  $2320 < Re < 10000$  бўлганда, иссиқлик бериш учун формуладан аниқланади:

$$Nu = 0,008 \cdot Re^{0,9} \cdot Pr^{0,43} \quad (4.23)$$

Иссиқлик бериш коэффициентини  $\alpha_1$  қуйидагича ҳисоблаймиз:

МУМКИН

$$\alpha_{ум} = \alpha_m \cdot \varepsilon_{ум} \quad (4.23a)$$

$\alpha_t$  - турбулент режим учун иссиқлик бериш коэффициент (4.22)дан  $\Delta t_{ур}$  учун топилади;

$\varepsilon_{ур}$  - ўтиш соҳаси учун  $Re$  га боғлиқ гузатиш коэффициенти 4-2 жадвалдан олинади.

4-2 жадвал

Re	2500	3000	4000	5000	6000	8000	10000
$\varepsilon_{ур}$	0,4	0,57	0,72	0,81	0,88	0,96	1,0

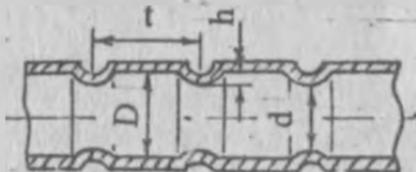
Тўғри труба ва каналларда ламинар режимда ( $Re < 2320$ ) иссиқлик бериш қуйидаги ҳисоблаш тенгламасидан аниқланади:

$$Nu = 0,15 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \cdot Gr^{0,1} \cdot \left( \frac{Pr}{Pr_0} \right)^{0,25} \cdot \varepsilon_1 \quad (4.24)$$

ёки

$$Nu = 0,7 \cdot (Re \cdot Pr)^0 \cdot (Gr \cdot Pr)^{0,1} \quad (4.25)$$

6. Иссиқлик алмашиниш жараёнини интенсивлашнинг энг самарадор усуллари тан бири, бу трубалар, а дискрет жойлашган қўндаланг каналлар қилишдир (4.2 – расм).



4.2 расм. Юқори самарадор иссиқлик алмашиниш юзаси.  
/накатка қилинган труба/.

Газларни совитиш ва иситиш жараёнида иссиқлик алмашиниш интенсивлиги қуйидаги формуладан ҳисоблаб топиш мумкин:

$t/d=0,25-0,8$   $d/D=0,88-0,98$  ва  $Re=10^4-4 \cdot 10^5$  бўлганда,

$$\frac{Nu}{Nu_{max}} = \left(1 + \frac{\lg Re - 4,6}{35}\right) \cdot \left[3 - 2 \cdot \exp\left(\frac{-18,2 \cdot \left(1 - \frac{d}{D}\right)^{1,17}}{\left(t/D\right)^{0,326}}\right)\right] \quad (4.26)$$

$t/D=0,5$  ва  $d/D=0,9-0,97$  бўлганда эса,

$$\frac{Nu}{Nu_{max}} = \left(1 + \frac{\lg Re - 4,6}{35}\right) \cdot \left(\frac{1,14 - 0,2 \cdot \sqrt{1 - d/D}}{1,1}\right) \cdot \exp\left(\frac{9 \cdot (1 - d/D)}{(t/D)^{0,56}}\right) \quad (4.27)$$

Газларни иситиш пайтида,

$$Nu_{max} = 0,0207 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \quad (4.28)$$

Газларни совитиш пайтида

$$Nu_{max} = 0,0192 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \quad (4.29)$$

Суюқликлар учун ўзгача иссиқлик алмашилиш коэффициентининг интенсивлиги ( $t/D=0,5$  ва  $d/D=0,94$ )

$$\frac{Nu}{Nu_{max}} = \left[100 \left(1 - \frac{d}{D}\right)\right]^{0,445} \quad (4.30)$$

бу ерда

$$Nu_{max} = 0,0216 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,445} \quad (4.31)$$

7. Иссиқлик алмашилиш қурилмасининг (1.3-расм) иссиқлик ўтказиш юзаси ушбу формула орқали топилади:

$$F = n \cdot d_{cp} \cdot l \cdot n \quad (4.32)$$

бу ерда -  $n$  - трубалар сони,  $m$ ;  $l$  - труба узунлиги, м.

8. Суюқлик сарфи тенгламаси.

8.1 Ҳажмий сарф  $V_c$  қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$V_c = w \cdot S \quad (4.33)$$

Бу ерда  $S$  - трубанинг қўндаланг кесими ва у ушбу тенгламада ҳисобланади:

$$S = \frac{n \cdot d_2^2 \cdot \pi}{4 \cdot m} \quad (4.34)$$

формуладаги  $m$  - кожух трубади қўрилманинг қўллари сони.

8.2. Массавий сарф қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$G = V_c \cdot \rho = w \cdot S \cdot \rho = w \cdot \frac{n \cdot d_2^2 \cdot \pi}{4 \cdot m} \cdot \rho \quad (4.35)$$

бу ерда  $\rho$  - иссиқлик ташувчи муҳитнинг зичлиги,  $\text{кг/м}^3$ .

9. Иссиқлик ўтказувчилик.

9.1. Бир қаватли текис девордан ўтаётган иссиқлик оқимининг иссиқлик ўтказувчилик тенгламаси қуйидагичадир:

$$q = \frac{Q}{F} = \frac{t_n - t_c}{\delta} = \frac{\lambda}{\delta} \cdot (t_n - t_c) \quad (4.36)$$

бу ерда  $q$  - иссиқлик оқимининг зичлиги,  $\text{Вт/м}^2$ ;  $Q$  - иссиқлик оқими,  $\text{Вт}$ ;  $F$  - девор юзаси,  $\text{м}^2$ ;  $t_n$  ва  $t_c$  - иссиқ ва совуқ деворлар юзасининг температураси,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $\gamma = \delta/\lambda$  - деворнинг термик қаршилиги,  $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ ;  $\delta$  - девор қалинлиги, м;  $\delta/\lambda$  - иссиқлик ўтказувчилик коэффициентини,  $\text{Вт/м} \cdot \text{К}$ .

9.2. Кўп қаватли текис девор орқали ўтган иссиқлик миқдори бу ерда қуйидагича ҳисобланади:

$$q = \frac{Q}{F} = \frac{t_u - t_c}{\sum r} = \frac{t_u - t_c}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n}} \quad (4.37)$$

9.3. Цилиндрсимон де эрнинг иссиқлик ўтказувчанлик тенгламаси

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} \cdot (t_u - t_c) \cdot F_{\text{вр}} = \frac{2 \cdot n \cdot \lambda \cdot (t_u - t_c) \cdot L}{2,3 \cdot \lg(d_2/d_1)} \quad (4.38)$$

Бу ерда  $\delta = (d_2 - d_1)/2$ . Цилиндрсимон деворнинг ўртача юзаси қуйидаги формуладан топилади:

$$F_{\text{вр}} = \pi \cdot d_{\text{вр}} \cdot L = \frac{n \cdot (t_u - t_c) \cdot L}{2,3 \cdot \lg(d_2/d_1)} \quad (4.39)$$

$d_1$  ва  $d_2$  - трубаинг ички ва ташқ . диаметрлари, м;  $L$  - труба узунлиги, м. Агарда  $d_2/d_1 < 2$  бўлса,  $F_{\text{вр}}$  ни (4.3) формуладан эмас, балки юқори аниқликка эга ушбу формуладан топса бўлади:

$$F_{\text{вр}} = \frac{\pi \cdot (d_1 + d_2) \cdot L}{2} \quad (4.40)$$

9.4. Кўп қаватли цилиндрсимон девордан ўтаётган иссиқлик миқдори қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$Q = \frac{2 \cdot \pi \cdot L \cdot (t_u - t_c)}{\sum \frac{1}{\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot L \cdot (t_u - t_c)}{\frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{d_2}{d_1} + \dots} \quad (4.41)$$

9.5. Температура 30°C ..рофида бўлганда, тажрибавий мисолу мотлар йўқ бўлса, суюқликларнинг иссиқлик ўтказувчанлиги ушбу формула ёрдамида ҳисоблаш мумкин:

$$\lambda_{sp} = A \cdot c \cdot \rho^3 \sqrt{\frac{\rho}{M}} \quad (4.42)$$

$c$  - суюқликнинг солиштирма иссиқлик сифими, Ж/(кг·К);  $\rho$  - суюқлик зичлиги, кг/м<sup>3</sup>;  $M$  - суюқлик моляр массаси, кг/кмоль,  $A$  - суюқликнинг ассоциацияланиш даражасига боғлиқ коэффициент, м<sup>3</sup>кмоль<sup>-0,33</sup>·с<sup>-1</sup> (сув учун  $A=3,5 \cdot 10^{-6}$ , бензол учун  $A=4,22 \cdot 10^{-6}$ ).

Исталган  $t$  температурадаги суюқликнинг иссиқлик ўтказувчанлиги қуйидаги формулада топилади:

$$\lambda_t = \lambda_{30} \cdot [1 - \varepsilon \cdot (t - 30)] \quad (4.43)$$

бу ерда  $\varepsilon$  - температуравий коэффициент.

Бъзи суюқликлар учун  $\varepsilon \cdot 10^3$  (°С<sup>-1</sup>) қийматлари :

Анилин	- 1,4	Проц. л спирти	- 1,4
Ацетон	- 2,2	Уксус кислотаси	- 1,2
Бензол	- 1,8	Хлор бензол	- 1,5
Гексан	- 2,0	Хлороформ	- 1,8
Мет.спирти	- 1,2	Этилацетат	- 2,1
Нитробензол	- 1,0	Этил спирти	- 1,4

Сувли эритмаларнинг  $t$  температурдаги иссиқлик ўтказувчанлиги:

$$\lambda_m = \lambda_{30} \frac{\lambda_{31}}{\lambda_{t30}} \quad (4.44)$$

бу ерда  $\lambda_{31}$  ва  $\lambda_{t30}$  - эритма ва сувнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентлари.

9.6. Газларнинг паст босимлардаги иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентини ушбу формулада ҳисоблаш мумкин:

$$\lambda = B \cdot c_0 \cdot \mu \quad (4.45)$$

бу ерда  $\mu$  - газнинг динамик кўвушоқлиги, Па·с;  $B=0,25(9k-5)$ ,  $k=c_p/c_v$  - адиабата кўрсаткичи;  $c_p$  ва  $c_v$  - газнинг ўзгармас босим

на ҳажмдаги солиштира иссиқлик сифими, Ж/(кг·К); Бир атомли газлар учун  $V=2,5$ , икки атомликлар учун  $V=1,9$  ва уч атомликлар учун  $V=1,72$ .

## МИСОЛЛАРНИ ИШЛАШ НАМУНАСИ

4-1. Сув спиртининг 75%ли буғи ректифик шия колоннасининг конденсаторида конденсацияланмоқда. Совигувчи сув  $10^\circ\text{C}$  температура қурилмага келиб,  $50^\circ\text{C}$ га исқмоқда. Конденсаторнинг диаметри  $35 \times 1,5$  мм ва узунлиги  $1,3$  бўлган  $121$  та трубадан йиғилган. Қурилманинг иссиқлик ўтказиш коэффициентини  $40$  Вт/( $\text{m}^2 \cdot \text{K}$ ). Конденсацияланаётган буғнинг сарфи топилсин.

**Ечиш:**

Ҳисоблаш қуйидаги тартибда олиб борилади:

1. Иссиқлик ўтказиш юзаси (4.32) формула ёрдамида ҳисобланади:

$$F = 3,14 \cdot \frac{0,032 + 0,035}{2} \cdot 1,3 \cdot 121 = 16,5 \text{ м}^2$$

2. Буғнинг параметрлари 22-жадвалдан топилди. Буғнинг концентрацияси 75% бўлганда конденсацияланиш температура  $t = 82,8^\circ\text{C}$ , буғланиш иссиқлиги  $r = 1210$  кЖ/кг, зичлиги эса  $\rho = 1,145$  кг/ $\text{m}^3$ .

3. Ўртача температуралар фарқи қуйидагича аниқланади:

$$\begin{aligned} 82,8 &\Rightarrow 82,8 \\ 10 &\Rightarrow 50 \end{aligned}$$

Дастлаб

$$\Delta t_{\text{св}} = 82,8 - 10 = 72,8^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{буғ}} = 82,8 - 50 = 32,8^\circ\text{C}$$

$\Delta t_{\text{св}} / \Delta t_{\text{буғ}} > 2$  бўлгани учун,  $\Delta t_{\text{ор}}$  (4.7) формула ёрдамида ҳисобланади:

$$\Delta t_{\text{ор}} = \frac{72,8 - 32,8}{\ln 72,8 / 32,8} = 50,6^\circ\text{C}$$

4. Конденсаторнинг иссиқлик юкламаси (4.1) формула ёрдамида аниқланади:

$$Q = 400 \cdot 16,5 \cdot 50,6 = 334177,2 \text{ Вт}$$

5.  $\theta_{\text{конд}} = t_6$  деб қабул қилиб, конденсацияланаётган ўғуннинг массавий сарфи (4.3) формуладан топилади:

$$D = \frac{Q}{r} = \frac{334177,2}{1210000} = 0,276 \text{ кг/с} = 994 \text{ кг/соат}$$

6. Ўғуннинг ҳажмий сарфи эса (4.35) тенгламадан топилади:

$$V = \frac{G}{\rho} = \frac{994}{1,145} = 868,12 \text{ м}^3/\text{соат}$$

4-2. Кожух-трубали иссиқлик алмашилиш қурилмасининг диаметри  $d=25 \times 2$  мм ли, 13 та трубадан ясалган. Кожухнинг ички диаметри 273 мм. Қурилмада соатига 10 т сув  $10^\circ$  дан  $70^\circ\text{C}$  га-ча иситилмоқда. Сув труба ичидан ва трубалараро бўшлиқдан ўтаётган пайтидаги иссиқлик эриш коэффициенти топилин

**Е ч и ш:**

Ҳисоблаш қуйидаги кетма-кетликда олиб борилади:

1. Илс жадаги 4-жадвалдан  $t_{\text{ур}} = 40^\circ\text{C}$  да сувнинг физик характеристикалари аниқланади:

$\rho_2 = 992 \text{ кг/м}^3$ ;  $c_2 = 4,18 \text{ кЖ/кг}$ ;  $\lambda_2 = 0,634 \text{ Вт/м К}$ ;  $\mu = 657 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с}$ ;  
Прандтл критерий  $\text{Pr} = 4,31$ .

2. Труба ичида оқётган сувнинг тезлиги ушбу формула бўйича ҳисобланади:

$$w = \frac{4 \cdot G}{\pi \cdot d_{\text{ин}}^2 \cdot n \cdot 3600 \cdot \rho} = \frac{4 \cdot 10000}{3,14 \cdot 0,021^2 \cdot 13 \cdot 992 \cdot 3600} = 0,62 \text{ м/с}$$

3. Рейнольдс критерийси (4.14) формуладан топилади:

$$\text{Re} = \frac{0,62 \cdot 0,021 \cdot 992}{657 \cdot 10^{-6}} = 19658,8$$

5.  $Re > 10000$  бўлгани учун,  $\epsilon_1 = 1$  ва  $(Pr/Pr_s) = 1$  деб қабул қилиб, Нуссельт  $Nu$  қиймати (4.22) тенглама орқали аниқланади:

$$Nu = 0,021 \cdot 19568,8^{0,6} \cdot 0,31^{0,43} = 107,12$$

унда иссиқлик бериш коэффициенти қуйидаги формуладан ҳисобланади:

$$\alpha_2 = \frac{107,12 \cdot 0,634}{0,021} = 3234 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

6. Сувнинг трубаларларо бўшлиқдаги тезлиги (4.29) формуладан топилади:

$$w = \frac{10000}{0,052 \cdot 992 \cdot 3600} = 0,054 \text{ м/с}$$

бу ерда  $S = 0,052 \text{ м}^2$  - трусларо бўшлиқнинг қўндаланг кесим юзаси:

$$S = 0,785 \cdot (d_{\text{нч}}^2 - d_{\text{т}}^2)$$

$d_{\text{нч}}$  ва  $d_{\text{т}}$  - трубанинг ички ва ташқи диаметрлари, м.

8. Трубаларо бўшлиқнинг эквивалент диаметрини (4.21) формуладан топиш мумкин:

$$d_e = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot (0,273^2 - 13 \cdot 0,025^2)}{\pi \cdot 3,14 \cdot (0,273^2 + 13 \cdot 0,025^2)} = 0,11 \text{ м/с}$$

9. Рейнольдс критерийси эса (4.14) формула буйича ҳисобланади:

$$Re = \frac{0,054 \cdot 0,11 \cdot 992}{657 \cdot 10^{-6}} = 8968,7$$

10. Рейнольдс сони  $2300 < Re < 10000$  бўлгани учун  $Nu$  (4.2?) формула ёрдамида аниқланади:

$$Nu = 0,008 \cdot 968,7^{0,9} \cdot 4,31^{0,43} = 54,12$$

иссиқлик бериш коэффициенти эса,

$$\alpha = \frac{54,12 \cdot 0,634}{0,0978} = 350,8 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

11.  $\epsilon_1 = 1$  ва  $(Pr/Pr_s) = 1$  инobatга олиб, турбулент ҳаракат режими учун (4.2?) ва (4.23а) формулалар ёрдамида, иссиқлик бериш коэффициенти ҳисобланади.

$$Nu = 0,021 \cdot 8968,7^{0,8} \cdot 4,31^{0,43} = 57,1$$

$$\alpha_{2T} = 370,6 \cdot 0,975 = 361,3 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

12. Агар  $Re = 8968,7$  бўлса,  $\epsilon_1 = 0,975$  (10-жадвалга қаралсин), унда утиш соҳаси учун иссиқлик бериш коэффициенти қуйидагича топилади:

$$\alpha_{2T} = \frac{57,1 \cdot 0,634}{0,0978} = 361,6 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Улар орадаги фарқ 2,9% ни ташкил этади.

4-3. Диаметри 1,8 м ва баландлиги 2,6 м ўлчамларга эга бўлган цилиндрик резервуарнинг 80% қувватланган вино билан тулдирилган. Ушбу винони 15°C дан 57°C гача иситиш учун қанча иссиқлик миқдори сарф бўлади? Иссиқликнинг атраф муҳитга исроф бўлиши ҳисобга олинмасин.

Е ч ш:

Резервуарнинг тўла ҳажмини ушбу формулада ҳисоблаш мумкин:

$$V = \left( \frac{\pi \cdot D^2}{4} \right) \cdot H$$

Резервуардаги вино ҳажми,

$$V_n = \varphi \cdot V$$

формуладан аниқланади. Унинг миқдори эса,

$$M = V_n \cdot \rho$$

бу ерда  $\rho = 1010 \text{ кг/м}^3$ . Унда,

$$M = \varphi \cdot \left( \frac{\pi \cdot D^2}{4} \right) \cdot H \cdot \rho = 0,8 \cdot \left( \frac{3,14 \cdot 1,8^2}{4} \right) \cdot 2,6 \cdot 1010 = 5346 \text{ кг}$$

Иситиш учун зарур иссиқлик миқдори

$$Q = M \cdot c_B \cdot \Delta_B = 5346 \cdot 3700 \cdot 42 = 830750 \text{ кЖ}$$

$$\Delta_B = t_{2B} - t_{1B} = 57 - 15 = 42^\circ \text{C}$$

## КОЖУХ-ТРУБАЛИ ИССИҚЛИК АЛМАШИНИШИ ҚУРИЛМАЛАРИНИ ҲИСОБЛАШ

Ректификацион колоннадан чиқаётди  $G_1 = 6,0 \text{ кг/с}$  миқдордаги куб қолдиги  $t_{100\%} = 102,5^\circ\text{C}$  дан  $t_{10} = 30^\circ\text{C}$  гача совитиш учун кожух-трубали иссиқлик алмашиниш қурилмаси (4.3-расм) ҳисоблансин ва нормаллашган қутилма таълансин. Куб қолдиги коррозияга актив органик суюқлик бўлиб, унга  $t_1 = 0,5(t_{100\%} + t_{10x}) = 66^\circ\text{C}$  да қуйидаги физик-кимёвий характери-стикаларга эга:

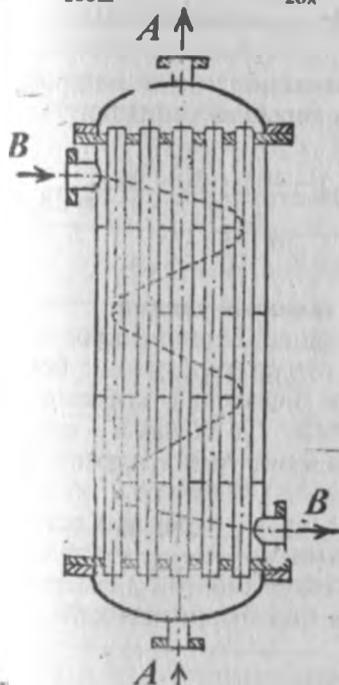
$$\rho_1 = 906 \text{ кг/м}^3;$$

$$\mu_1 = 0,00054 \text{ Па}\cdot\text{с};$$

$$\lambda_1 = 0,662 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)};$$

$$\beta_1 = 0,00048 \text{ К}^{-1}.$$

Совитиш сув ёрдамида амалга оширилмоқда ва унинг температура-тураси  $t_{260\%} = 20^\circ\text{C}$  дан  $t_{20x} = 40^\circ\text{C}$  гача кўтарилмоқда.



4.3-расм. Сегмент иссиқлик алмашиниш қурилмасида иссиқлик алмашиниш қурилмаси

Иссиқлик алмашиниш қурилмасини ҳисоблаш қуйидаги бунёд-схемада келтирилган кетма-кетликда олиб борилади (4.4-расм)

1) Қурилманинг иссиқлик алмашиниш юзла-масини топа-риш

$$Q = G_1 \cdot c_1 (t_{1\text{баш}} - t_{1\text{ак}}) = 0,6 \cdot 4 \cdot 30 \cdot (102,5 - 30) = 1820000 \text{ Вт}$$

2) Иссиқлик баланси тенгласидан сувнинг сарфини аниқлаймиз:

$$G_2 = \frac{Q}{c_2 \cdot (t_{2\text{ак}} - t_{2\text{баш}})} = \frac{1820000}{4180 \cdot (40 - 20)} = 21,8 \text{ кг/с}$$

бу ерда  $c_2 = 4180 \text{ Ж/кг}\cdot\text{К}$  - сувнинг  $t_2 = 0,5 \cdot (t_{2\text{баш}} + t_{2\text{ак}}) = 30^\circ\text{C}$  температурадаги солиштирма иссиқлик сифими.  $t_2 = 30^\circ\text{C}$  температурадаги сувнинг бошқа физик характеристикалари қуйида келтирилган:

$$\rho_2 = 996 \text{ кг/м}^3; \quad \lambda_2 = 0,618 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}; \quad \mu_2 = 0,000804 \text{ Па}\cdot\text{с}$$

3) Иссиқлик алмашиниш қурилмасининг ўрта логарифмик температуралар фарқи ушбу йўл билан ҳисоблаб топилади:

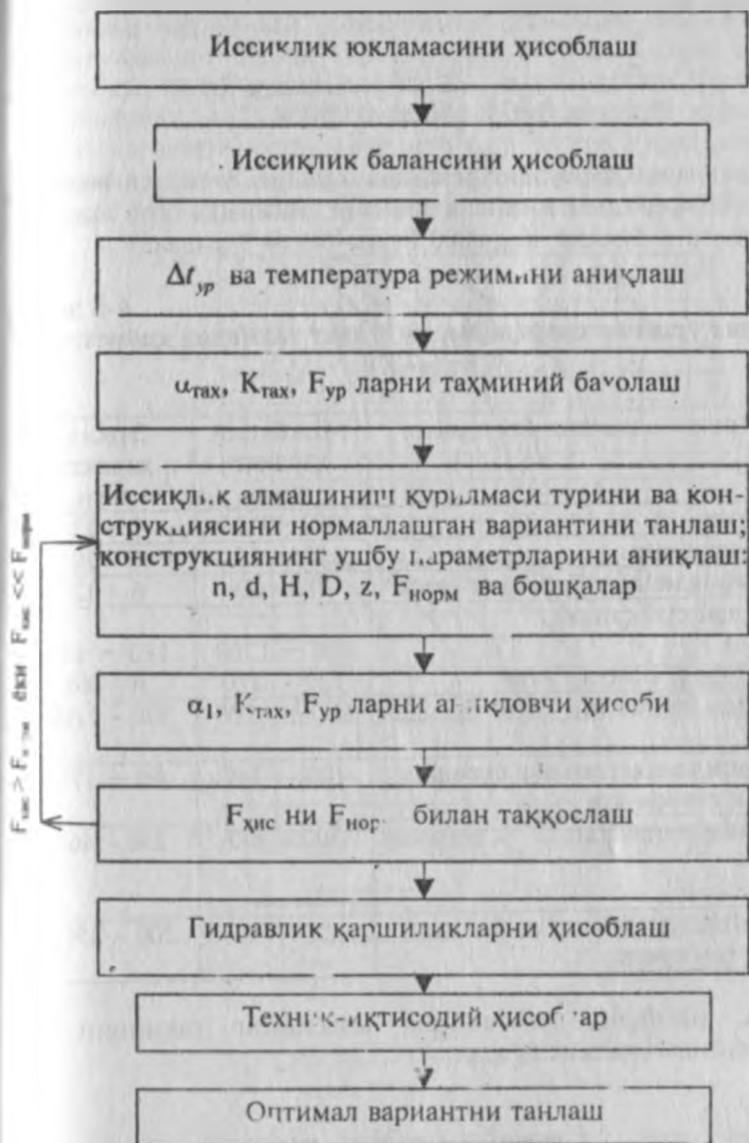
$$\Delta t_{\text{ор}} = \frac{(t_{1\text{баш}} - t_{2\text{ак}}) - (t_{1\text{ак}} - t_{2\text{баш}})}{\ln \frac{t_{1\text{баш}} - t_{2\text{ак}}}{t_2 - t_{2\text{баш}}}} = \frac{(102,5 - 40) - (30 - 20)}{\ln \frac{62,5}{10}} = 28,6^\circ\text{C}$$

4) Иссиқлик алмашиниш қурилмасини тахминий таълаш.

Иссиқлик ташувчи агентларнинг қанси бирини труба ичига, қайси бирини трубаларо бўшлиққа йўналтириш, унинг босими, эрозия фаоллиги, труба юзасини ифлослаш қобилияти ва бошқаларга боғлиқдир. Бизнинг масалада, куб қолдиғи - коррозия, аёл муҳит бўлгани учун уни труба ичига йўналтирамиз, сувни эса трубаларо бўшлиққа юборамиз.

Труба ичидаги суюқликнинг оқиши турбулент режимда бўлишига тегишли Рейнольдс сонини тахминан  $Re_{\text{тах}} = 15000$  деб қабул қиламиз. Суюқликнинг бундай оқиш режими диаметр  $d = 20 \times 2 \text{ мм}$ , трубалар сони  $n$  та бўлган бир йўлли иссиқлик алмашиниш қурилмасида мумкиндир.

$$\frac{n}{z} = \frac{4 \cdot G_1}{n^2 \cdot d \cdot Re_{\text{тах}} \cdot \mu_1} = \frac{4 \cdot 6,0}{n \cdot 0,016 \cdot 15000 \cdot 0,00054} = 59$$



4.4-расм. Иссиқлик алмашиниш қурилмасини ҳисоблаш схемаси

$d = 25 \times 2$  мм ли трубалар учун

$$\frac{n}{z} = \frac{4 \cdot 6.0}{n \cdot 0.021 \cdot 15000 \cdot 0.00054} = 45$$

Суюқликларни турбулент режимда оқишига тегишли иссиқлик ўтказиш коэффициентининг тахминий минимал сон қиймати қуйидагига тенг бўлади:  $K_{\text{тав}} = 800 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$  (4-3 жадвал).

4-3 жадвал

Иссиқлик ўтказиш коэффициенти  $K$  нинг тахминий қийматлари ( $\text{Вт}/\text{м}^2 \text{ К}$ )

Иссиқлик алмашилиш тури	Мажбурий ҳаракат учун	Эркин ҳаракат учун
Газдан газга	10 - 40	4 - 12
Газдан суюқликга	10 - 60	6 - 20
Конденсацияланаётган буғдан газга	10 - 60	6 - 12
Суюқликдан суюқликка:		
сув учун	800 - 1700	100 - 340
углеводород, мойлар учун	120 - 270	30 - 60
Конденсацияланаётган сув буғидан сувга	800 - 3500	300 - 1200
Конденсацияланаётган сув буғидан органик суюқликга	120 - 340	60 - 170
Конденсацияланаётган органик суюқлик буғидан сувга	300 - 800	230 - 460
Конденсацияланаётган сув буғидан қайнаётган сувга		300 - 2500

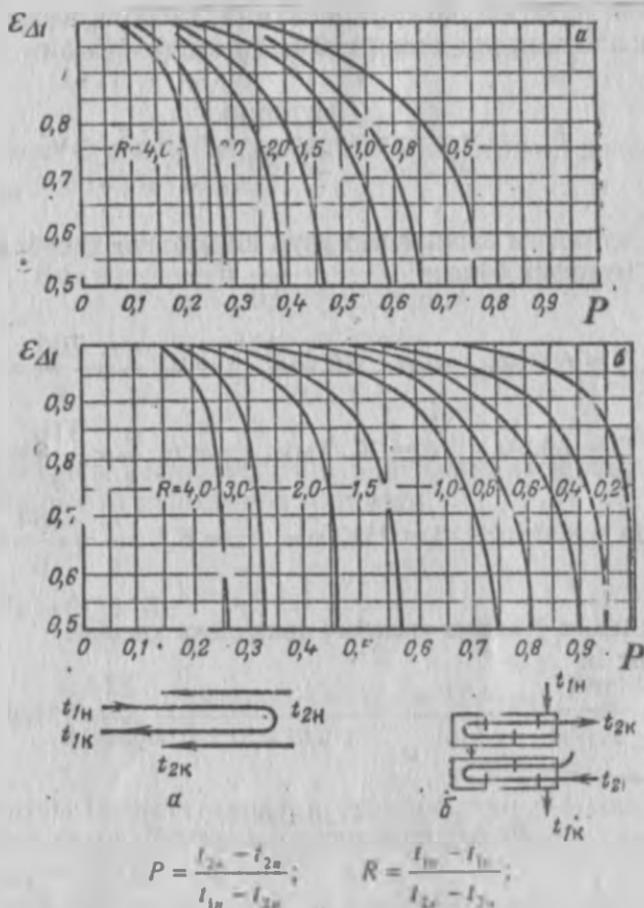
Шунда, иссиқлик алмашилиш юзасининг тахминий сон қиймати қуйидагига тенг бўлади:

$$F = \frac{Q}{\Delta t_{\text{ср}} \cdot K} = 79,5 \text{ м}^2$$

6<sup>с</sup> жадвалдан қилиниб турибдики, ушбу юзали иссиқлик ал

машиниш қурилмаси кожухининг диаметри 600-800 мм дигр. Шунга аҳамият бериш керакки, фаг т йўллр сони  $z = 4$  ва 6 булган кўп йўлли қурилмалардагин.  $n/z$  нисбати 50 га яқин.

Маълумки, кўп йўлл. иссиқлик алмашиниш қурилмаларида уртача ҳаракатга келтирувчи куч бир йўлли қурилмаларникидан бирмунча камроқ бўлади. Бунга сабаб, иссиқлик ташувчи агентларнинг ўзаро аралаш йўналишларда ҳаракат ҳосил булишидир.



4.5-расм. Иссиқлик ташувчи агентларнинг ўзаро мураккаб ҳаракатлари учун  $\epsilon_{\Delta t}$  тузатмани илтифат қилиш.

4.5 - расмдан уртача температуралар фарқи учун тегишли тузатиш қийматини тонамиз

$$P = \frac{t_{2ax} - t_{2бom}}{t_{1бom} - t_{2бom}} = \frac{40 - 20}{102,5 - 20} = 0,24$$

$$R = \frac{t_{1бom} - t_{2ax}}{t_{2ax} - t_{2бom}} = \frac{102,5 - 30}{40 - 20} = 3,6$$

$$\varepsilon_{\Delta} = 0,77 \quad \text{ва} \quad \Delta t_{yp} = 28,6 \cdot 0,77 = 22^{\circ}\text{C}$$

Олинган тузатиш коэффициентини ҳисобга олсак, тахминий иссиқлик алмашиниш юзаси қуйидагига тенг бўлади:

$$F_{max} = \frac{Q}{\Delta t_{yp} \cdot K} = \frac{1820000}{22 \cdot 80^{\circ}} = 103,5 \quad \text{м}^2$$

Энди, қуйидаги вариантлар учун аниқловчи ҳисоблаш ўтказиш мақсадга мувофиқ бўлади:

$$\text{Iк } D = 600 \text{ мм, } d_T = 25 \times 2 \text{ мм, } z = 4, \quad \frac{n}{z} = \frac{206}{4} = 51,5;$$

$$\text{IIк } D = 600 \text{ мм, } d_T = 26 \times 2 \text{ мм, } z = 6, \quad \frac{n}{z} = \frac{316}{6} = 52,7;$$

$$\text{IIIк } D = 800 \text{ мм, } d_T = 25 \times 2 \text{ мм, } z = 6, \quad \frac{n}{z} = \frac{384}{6} = 64,0;$$

5) Иссиқлик ўтказиш юзасини аниқловчи ҳисоби:  
Вариант Iк

$$Re_1 = \frac{4 \cdot G}{n \cdot d \cdot \left(\frac{n}{z}\right) \cdot \mu_1} = \frac{4 \cdot 6,0}{n \cdot 0,021 \cdot 51,5 \cdot 0,00054} = 13100$$

$$Pr_1 = \frac{c_1 \cdot \mu_1}{\lambda_1} = \frac{4,10 \cdot 0,0054}{0,662} = 3,4$$

Труба ичида турбулент режимда оқётган суюқликнинг иссиқлик алмашиниш коэффициенти қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,4} \cdot \left(\frac{Pr}{Pr_{desv}}\right)^{0,25}$$

$t_1$  ва  $t_{desv}$  температуралар фарқи кичик бўлгани учун ( $\Delta t_{yp} = 28,6^{\circ}\text{C}$  дан кам)  $(Pr/Pr_{desv})^{0,25}$  тузатма ҳисобга олинмаса ҳам бўлади.

Унда,

$$\alpha_1 = \frac{0,662}{0,021} \cdot 0,023 \cdot 13100^{0,8} \cdot 3,4^{0,4} = 2360 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Трубалараро бўшлиқдаги оқимнинг минимал кундаланг кесим юзаси  $S_{граб} = 0,040 \text{ м}^2$  ва унда,

$$Re = \frac{G_2 \cdot d_T}{S \cdot \mu_2} = \frac{21,8 \cdot 0,025}{0,040 \cdot 0,000804} = 16960$$

$$Pr_2 = \frac{c_2 \cdot \mu_2}{\lambda_2} = \frac{4180 \cdot 0,000804}{0,618} = 5,43$$

Девордан сувга иссиқлик ўтиш пайтидаги иссиқлик алмашиниш коэффициенти қуйидагича топилади:

$$Nu = 0,23 \cdot Re^{0,6} \cdot Pr^{0,36} \cdot \left(\frac{Pr}{Pr_{desv}}\right)^{0,25}$$

$$\alpha_2 = \frac{0,618}{0,025} \cdot 0,24 \cdot 16960^{0,6} \cdot 5,4^{0,36} = 3785 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Куб қолдиги органик суюқлик бўлгани учун 4-4 жадвалга биноан трубада ҳосил бўлган ифлосликларнинг термик қаршилиги  $r_{ифл1} = r_{ифл2} = 1/5800 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ .

Ундан ташқари, куб қолдиги коррозия фаоллиги сабабли, трубалар матејали зангламайдиган пулатдан танланади. Бу пулатнинг иссиқлик ўтказиш коэффициенти  $\alpha_{пулат} = 17,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .

Иссиқлик ташувчи агеи	$\frac{1}{r_{\text{мф}}}$
Сув	
ифлоқ танган	1400 - 1860
ўртача сифатли	1860 - 2900
якши сифатли	2900 - 5800
дистилланган	11600
Ҳаво	2800
Нефт маҳсулотлари, мой, сс-витувчи агент буғи	2900
Нефт хом ашеси	1160
Органик суюқлик, суюқ сову-тувчи агентлар	5800
Гаркибида мой бор сув буғи	5800
Органик суюқлик буғлари	11600

Девор ва ифлосликларнинг термик қаршилиқларининг йиғиндисини қуйидагига тенг:

$$\sum \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,002}{17,5} + \frac{1}{5800} + \frac{1}{5800} = 0,0004588 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Иссиқлик ўтказиш коэффициенти эса,

$$K = \frac{1}{\frac{1}{2360} + \frac{1}{3785} + 0,0004588} = 874 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Зарур иссиқлик алмашишиш юзаси эса,

$$F = \frac{1820000}{22,0 \cdot 874} = 94,6 \text{ м}^2$$

64-жадвалдан, келтирилган масала учун  $F = 94,6 \text{ м}^2$  булгани учун трубаларнинг узунлиги  $L = 6,0 \text{ м}$  ва номинал юзаси  $F_{\text{ин}} = 97 \text{ м}^2$  ли иссиқлик алмашилиш қурилмаси тўғри келади.

Демак, юза бўйича заҳира

$$\Delta = \frac{97 - 94,6}{94,6} \cdot 100 = 2,54\%$$

ни ташкил этади.

Иссиқлик алмашилиш қурилмасининг массаси  $M = 3130 \text{ кг}$  (65 - жадвал).

б) Қурилма .нинг конструктив ўлчамларини аниқлаш.

Бунинг учун керакли бошланғич маълумотлар — иссиқлик алмашилиш юзаси  $F$  ва трубанинг узунлиги  $L$ .

Тўғри кўрак: трубалар сони -  $n$ , уларнинг жойлашishi, қурилма корпусининг диаметри -  $D$ , труба ва трубалараро бўшлиқдаги ғўллар сонларини, ҳамда штуцерларнинг геометрик ўлчамларини.

Трубалар сони ушбу тенглама орқали топилади:

$$n = \frac{F}{\pi \cdot d_{\text{тр}} \cdot L}$$

бу ерда  $d_{\text{тр}}$  - трубанинг ҳисобий диаметри, агарда  $\alpha_1$  ва  $\alpha_2$  бири-бирига яқинроқ сон қийматларга эга бўлса,

$$d_{\text{тр}} = \frac{d_{\text{мин}} + d_{\text{мак}}}{2}$$

агарда  $\alpha_1 \gg \alpha_2$  еки  $\alpha_1 < \alpha_2$  бўлса, унда  $d_{\text{тр}}$  сон қиймати суюқлик билан ювилаётган трубаининг  $\alpha$  си томондаги диаметрига  $n$  га тенг бўлади.

Одатда, трубалар труба тўрла, ига тўғри олтибурчак қирралари, квадрат томонлари, ҳамда концентрик айланалар бўйлаб жойлаштирилади.

Тўғри олтибурчак қирралари бўйлаб жойлаштирилганда

$$n = 3 \cdot a \cdot (a + 1) + 1$$

бу ерда  $a$  - айлана марказидан бошлаб ҳисобланганда, олти-  
бурчакнинг тартиб рақами.

Энг катта олтибурчак диагоналидаги трубалар сонини  $b$  ни  
ушбу формуладан топиш мумкин.

$$b = 2 \cdot a + 1 = 2 \cdot \sqrt{\frac{n-1}{3}} + 0,25$$

Труба қаторларининг сони  $m$  эса,

$$m = \sqrt{\frac{n-1}{3}} + 0,25 \approx \sqrt{\frac{n}{3}}$$

Труба ўқлари орасидаги масофа ёки қадами  $t$  трубанинг ташқи  
диаметрига боғлиқ ва ушбу тенгликдан аниқлаш мумкин:

$$t = (1,2 + 1,4) \cdot d_{\text{таш}}$$

Лекин, ҳар қандай шароитда ҳам

$$t = d_{\text{таш}} + 6 \text{ мм}$$

дан кам бўлмаслиги керак. Шуни назарда тутиш керакки,  $b$  ва  
 $a$  параметрлар бутун сон бўлиши шарт.

Қурилма корпусининг ички диаметри қуйидаги формула билан  
аниқланади:

бир йўлли бўлганда

$$D_{\text{ич}} = t \cdot (b-1) + 4 \cdot d_{\text{таш}}$$

ёки

$$D_{\text{ич}} = 1,1 \cdot t \cdot \sqrt{n}$$

кўп йўлли бўлганда эса,

$$D_{\text{ич}} = 1,1 \cdot t \cdot \sqrt{\frac{n}{\eta}}$$

бу ерда  $\eta = 0,6-0,8$  - труба тўрини трубалар билан тўлдирининг  
коэффициенти ва у ҳисоблаш формули топилади.  $D_{\text{ич}}$  нинг сон  
қиймати стандарт ёки нормаллардаги бутун сон қиймагларига  
яхлитланади.

Труба тўрлари орасидаги масофа, яъни трубаларнинг ички  
узунлиги  $l_1$  қуйидаги ҳисоблаш формуласидан топиш мумкин:

$$l_1 = \frac{F}{\pi \cdot d_{\text{ит}} \cdot z}$$

бу ерда  $z$  - йўллар сони;  $r$  - бир йўлдаги трубалар сони

Иссиқлик алмашиниш қурилмасининг ишчи узунликлари  
қуйидагиларга тенг қилиб олиш тавсия этилади:

$$l_1 = 1000; 1500; 2000; 3000; 4000; 6000; 9000$$

Кўп йўлли иссиқлик алмашиниш қурилмаси йўллар сони ҳақ  
лоим жуфт бўлиши тавсия қилинади. Агарда, кўп йўлли қурилма  
трубалари узунликлари руҳсат этилганидан ортиқ бўлса, йўллар  
сони 7 ўзгартирилади.

Кожух-трубали иссиқлик алмашиниш қурилмасининг умумий  
баландлиги труба узунлиги  $l_1$  ва 2 та тақсимловчи камералар ба  
ландликлари  $h$  ларининг йиғиндисига тенг, яъни:

$$H = l_1 + 2h$$

бу ерда  $h = 200-400$  мм.

Бошқа турдаги иссиқлик алмашиниш қурилмалари учун конст  
руктив ҳисоблашлар қўшимча адабиётларда келтирилган [5,16,31].

Цилиндрларнинг шартли диаметри кожух диаметри ва йўллар  
сонига боғлиқ бўлиб 5, 66 - жалватдан танланади.

Сегментли тўсиқлар сони иссиқлик алмашиниш  
қурилмасининг узунлиги ва диаметрига боғлиқ. Нормалани

нисқатлик алмашиниш қурилмаси нинг сегментлар сони 67 - жа  
тада берилган.

7) Гидравлик қаршиликни ҳисоблаш.

Трубада босимнинг йуқотилиши ушбу формула ёрдами  
ниқланади:

$$\Delta p = \left( \lambda \cdot \frac{l}{d} + \sum \zeta_{\text{ис}} \right) \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2}$$

бу ерда суюқликнинг ҳаракат йули  $L \cdot z$  бўлади.

Труба ичида оқаётган суюқлик тезлиги қуйидаги формула  
ҳисобланади:

$$w_{\text{ур}} = \frac{4 \cdot G_{\text{ур}} \cdot z}{\pi \cdot d^2 \cdot n \cdot \rho_{\text{ур}}}$$

Ишқаланиш коэффициентини  $\lambda$  оқимнинг ҳаракат режими  
габир-будурлигига боғлиқдир.

Ламинар режимда

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

бу ерда  $A$  - коэффициентини, труба кувуғининг кундаланг кесми  
нинг шаклига боғлиқ.

Куйида баъзи бир кундаланг кесилар учун коэффициент  $A$   
қивалент диаметр  $d_0$  ларнинг қийматлари келтирилган.

Суюқлик турбулент режимда оқиш пайтида учта зона мавж  
дуб, улар учун турли формулалар қўлланилади.

Текис ишқаланиш зонаси учун ( $2320 < \text{Re} < 10^4$ )

$$\lambda = \frac{0.316}{\sqrt{\text{Re}}}$$

4-5 жадвал

Кундаланг кесим шакли	A	$d_0$
D диаметрли ай- лана	64	d
A томонли квад- рат	57	a
A энли халқа	96	2a
Баландлиги a, эни b бўлган тўғри тўртбурчак		
$B \gg a$	96	2a
$B/a = 10$	85	1,81a
$B/a = 4$	73	1,6a
$B/a = 2$	52	1,3a

бу ерда  $\epsilon = \Delta/d_0$  - трубанинг нисбий гадир-будурлиги;  $\Delta$  - тру-  
банинг абсолют гадир-будурлиги (ҳисоблар учун  $\Delta = 0,2 \cdot 10^{-3}$  м деб  
қабул қилинса бўлади).

Трубаларнинг гадир-будурлиги  $\Delta$  нинг тахминий сон  
қийматлари 4-6 жадвалда келтирилган.

4-6 жадвал

Трубалар	$\Delta$ , мм
Янги, пўлат	0,06 - 0,1
Озгина коррозияга учраган пўлат труба	0,1 - 0,2
Ифлосланган, эски труба	0,5 - 2
Янги чўян, керамик трубалар	0,35 - 1
Ишлатилг чўян труба	1,4
Текис алюминий трубалар	0,015 - 0,06
Латунь, мис, қўроғошин ва иниша трубалар	0,0015 - 0,01
Тўйинган буғ учуғи	0,2
Буғ учун, узлукли ишлайди- ган трубалар	0,5
Конденсация учун узлукли ишлайдиган трубалар	1,0

Аралаш ишқаланиш соҳаси учун ( $10 \frac{1}{e} < Re < 560 \frac{1}{e}$ )

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

Re га нисбатан автомодел сона учун ( $Re > 560 \frac{1}{e}$ )

$$\lambda = 0,11 \cdot e^{0,25}$$

Агарда,  $Re_{тр} > 2300$  бўлса, ишқаланиш коэффициентини ушбу формуладан тепилади:

$$\lambda = 0,25 \cdot \left[ \lg \left[ \frac{e}{0,37} + \left( \frac{6,81}{Re_{тр}} \right)^{0,9} \right] \right]^{-2}$$

Труба ичида суюқлик оқиши пайтидаги маҳаллий қаршиликлар:

$\zeta_{тр1} = 1,5$  - камерага кириш ва чиқиш;

$\zeta_{тр2} = 2,5$  - йўллар орасидаги бурилиш;

$\zeta_{тр} = 1,0$  - трубага кириш ва ундан чиқиш.

Тақсимловчи камерага кириш ва ундан чиқиш пайтидаги маҳаллий қаршиликлар шгуцерлардаги тезлик орқали ҳисобланади.

Трубалараро бўшлиқдаги гидравлик қаршилик қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$\Delta p_{тр} = \sum \zeta_{тр} \left( \frac{\rho \cdot w_{тр}^2}{2} \right)$$

Трубалараро бўшлиқдаги суюқлик тезлигини қуйидаги формула билан аниқлаш мумкин:

$$w_{тр} = \frac{G_{тр}}{S_{тр} \cdot \rho}$$

Трубалараро бўшлиқда суюқлик оқиши пайтидаги маҳаллий қаршиликлар:

$\zeta_{тр1} = 1,5$  - суюқликнинг кириши ва чиқиши;

$\zeta_{тр2} = 1,5$  - сегмент тўсиқ орқали бурилиш;

$\zeta_{тр} = \frac{3 \cdot m}{Re_{тр}^{0,2}}$  - трубалар пакетининг қаршилиги.

бу ерда  $m$  - труба қаторларининг сони.

$$Re_{тр} = \frac{G_{тр} \cdot d_m}{S_{тр} \cdot \mu}$$

Шундай қилиб, трубалар ичидаги гидравлик қаршиликни ҳисоблаш қуйидаги формула ёрдамида олиб борилади:

$$\begin{aligned} \Delta p_{тр} &= \lambda \cdot \frac{L \cdot z}{d} \cdot \frac{w_{тр}^2 \cdot \rho_{тр}}{2} + [2,5 \cdot (z-1) + 2 \cdot z] \cdot \frac{w_{тр}^2 \cdot \rho_{тр}}{2} + \\ &+ 3 \cdot \frac{w_{тр}^2 \cdot \rho_{тр}}{2} = 0,422 \cdot \frac{0,4}{0,021} \cdot \frac{986 \cdot 0,338^2}{2} + [2,5 \cdot (4-1) + 2 \cdot 4] \cdot \\ &\cdot \frac{986 \cdot 0,338^2}{2} + 3 \cdot \frac{986 \cdot 0,338^2}{2} = 2720 + 873 + 175 = 3768 \text{ Па} \end{aligned}$$

Труба қаторларининг сони ушбуга тенг:

$$m = \sqrt{\frac{276}{3}} = 8,27$$

яқлитлангандан сўнг  $m = 9$

Сегмент тўсиқлар сони  $x = 18$  (67-жадвал).

Кожухдаги штуцерлар диаметри  $d_{\text{трубш}} = 0,2$  м бўлса, ундаги сувнинг тезлиги эса,

$$w_{\text{трубш}} = \frac{21,8}{\pi \cdot 0,2^{0,2} \cdot 996} = 0,696 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

га тенг бўлади.

Трубалараро бўшлиқда қуйидаги маҳаллий қаршиликлар ҳисобига штуцерлар орқали кириш ва чиқиш, сегментлар орқали ўтиш пастида 18 та ( $x - 1$ ) ва трубалар пакетини сўриб ўтиш вагида 19 ( $x + 1$ ) та бурилуш.

Трубалараро бўшлиқдаги гидравлик қаршиликлар ҳисобига, ушбу тенгламадан топилади:

$$\Delta p_{\text{труб}} = \frac{3 \cdot m \cdot (x+1)}{Re_{\text{труб}}^2} \cdot \frac{\rho_{\text{труб}} \cdot w_{\text{труб}}^3}{2} + x \cdot 1,5 \cdot \frac{\rho_{\text{труб}} \cdot w_{\text{труб}}^3}{2} + \frac{\rho_{\text{труб}} \cdot w_{\text{труб}}^3}{2} = \frac{3 \cdot 9 \cdot (18+1)}{(16960)^{0,2}} \cdot \frac{996 \cdot 0,546^3}{2} + 18 \cdot 1,5 \cdot \frac{996 \cdot 0,546^3}{2} + 3 \cdot \frac{996 \cdot 0,546^3}{2} = 9720 + 4010 + 725 = 14455 \text{ Па}$$

бу ерда  $x$  - сегмент тўсиқлар сони.

Гидравлик қаршиликларни енгиш учун сарф бўла тигил қушимқдор қуйидаги формуладан аниқланади:

$$N = \frac{V \cdot \Delta p}{1000 \cdot \eta}$$

бу ерда  $V$  - насос қлик ташувчи агент сарфи,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $\Delta p$  - насоснинг тўлиқ йўқотилиши, Па;  $\eta$  - насоснинг ф.и.к.

8) Иссиқлик алмашиши қурилмаларини механик ҳисоблаш.

Бу ҳисоблаш, қурилманинг детал, қисм ва бўлақларини мустақамликка текширишдан иборатдир.

9) Цилиндрик обечайкани ҳисоблаш

Ички босим остида ишлайдиган қурилмалар обечайкаси...

мустақамлиги ушбу формула ёрдамида ҳисобланади:

$$s = \frac{p_{\text{хис}} \cdot D_{\text{ич}}}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma_{\text{рз}}] - p_{\text{хис}}} + C + C_1$$

бу ерда  $s$  - обечайка деворининг қалинлиги, м;  $p_{\text{хис}}$  - ҳисобланадиган босим, МПа;  $D_{\text{ич}}$  - қурилманинг ички диаметри, м;  $\varphi$  - пайвандлаш чокининг мустақамлиги;  $C$  - коррозияга қиёбга олган қўшимча қалинлик, м.,  $C_1$  - технологик, монтажларни ҳисобга олувчи яхлитланган қўшимча қалинлик, м.

$\sigma_{\text{рз}}$  - материалнинг рухсат этилган кучланиши. Баъзи материаллар учун 4.6 - расмда  $\sigma_{\text{рз}}$  - сон қийматлари келтирилган.

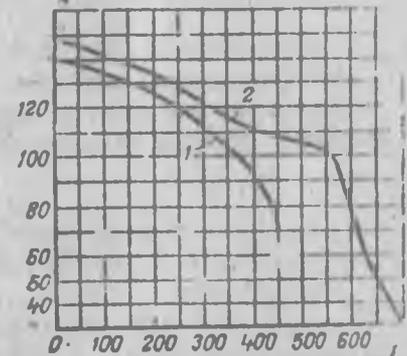
$\varphi = 1,0$  - бундай мустақамликни учма-уч ва таврли бирикмаларни икки томонлама, автоматик пайвандлаш беради;

$\varphi = 0,95$  - бундай мустақамликни учма-уч ва таврли бирикмаларни икки томонлама қўлда пайвандлаш беради;

$\varphi = 0,9$  - бундай мустақамликни учма-уч ва таврли бирикмаларни бир томонлама пайвандлаш беради;

$\varphi = 0,8$  - бундай мустақамликни устма-уст ва таврли бирикмаларни икки томонлама, автоматик пайвандлаш беради;  $\sigma_{\text{р}}$ ,  $\text{МН}/\text{м}^2$

Ҳисобланган қалинликка берилган қўшимча қалинликнинг миқдори коррозия тезлиги ва қурилманинг ишлатиш давомийлигига боғлиқдир. Масалан: 10 йил мобайнида ишлатилган қурилмада коррозия тезлиги 0,1 мм/йил бўлса,  $C = 1$  мм га тенг бўлади.



4.6-расм. Ст 3 (1) ва X18F10T (2) пулатлар учун  $\sigma_{\text{р}}$

Агрессив муҳитнинг коррозия таъсири туфайли бериладиган материалга қўшимча қалинлик ушбу формула билан аниқланади:

$$C = \Pi \cdot \tau_a$$

$\Pi$  - коррозия тезлиги, мм/йил;  $\tau_a$  - амортизация муддати, йил.  
Муштаҳкамланмаган тешик ва пайвандлаш юзлари туфайли обечайка муштаҳкамлигининг камайишини  $\varphi$  коэффициентини ҳисобга олади.

Тешик сабабли обечайкани муштаҳкамчилигининг камайишини эса, ушбу формуладан топиш мумкин:

$$\varphi_0 = \frac{D_{\text{н}} - d_1}{D_{\text{н}}}$$

Рухсат этилган босим қуйида келтирилган формуладан аниқланади:

$$P_{\text{р}} = \frac{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma_{\text{р}}] \cdot (S - C)}{D + S - C}$$

Юқорида берилган  $S$  ва  $\sigma_{\text{р}}$  формулалар ушбу шарт бажарилгандагина қўлланилади:

$$\frac{S - C}{D} \leq 0,1$$

#### 10) Қопқоқларни ҳисоблаш.

Эллиптик шаклдаги қопқоқ деворининг қалинлиги қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$s_1 = \frac{P_{\text{тис}} \cdot R}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma_{\text{р}}] - 0,5 \cdot p_{\text{тис}}} + C + C_1$$

бу ерда  $R = D^2/4H$  Стандарт қопқоқлар учун  $H = 0,25D$  (булганда  $R = D_{\text{н}}$ ).

Рухсат этилган босим эса,

$$P_{\text{р}} = \frac{2 \cdot (s_1 - C) \cdot \varphi \cdot [\sigma_{\text{р}}]}{R + 0,5 \cdot (s_1 - C)}$$

Юқорида берилган  $s_1$  ва  $p_{\text{р}}$  формулалар ушбу шарт бажарилгандагина қўлланилади:

$$\frac{s_1 - C}{D_{\text{н}}} \leq 0,1 \quad \text{ва} \quad H \geq 0,2 \cdot D_{\text{н}}$$

Конусли қопқоқнинг  $l_{\text{кон}}$

$$l_{\text{кон}} = 0,5 \cdot \sqrt{\frac{D_{\text{н}} \cdot (s_1 - C)}{\cos \alpha}}$$

масофадаги қалинлиги  $s_1$  мана шу тенгламадан топиш мумкин.

$$s_1 = \frac{P_{\text{тис}}}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma_{\text{р}}] - p_{\text{тис}}} \cdot \frac{D_{\text{н}}}{\cos \alpha} + C + C_1$$

Пилотаж қисмининг  $l_{\text{п}}$

$$l_{\text{п}} = 0,5 \cdot \sqrt{D_{\text{н}} \cdot (s_1 - C)}$$

масофадаги қалинлиги  $s_1$  эса ушбу формуладан аниқланади:

$$s_1 = \frac{P_{\text{тис}} \cdot D_{\text{н}} \cdot y}{4 \cdot \varphi \cdot [\sigma_{\text{р}}]} + C + C_1$$

Юқорида келтирилган, конус ва цилиндрлик қисмларининг қалинликларини тегишли формулаларда ҳисоблаб чиқилган  $s_1$  ларнинг энг каттаси қабул қилинади, лекин  $s_1$  обечайканин қалинлиги  $s$  тан кам бўлиши мумкин эмас, яъни ( $s_1 > s$ ).

Думалок, текис қопқоқлар қалинлиги ушбу формуладан аниқланади:

$$s_1 = \left( \frac{K}{K_a} \right) \cdot D_w \cdot \sqrt{\frac{P_{\text{нас}}}{[\sigma_{\text{ps}}]}} + C + C_1$$

бу ерда  $K$  - қопкоқ конструкциясига боғлиқ ва у жадвалдан алынанади [34].

**11) Энергетик сарфларни ҳисоблаш.**

а) Қурилма ва усқуналарга хизмат қилаётган электродвигателдер бир соатлик куввати қуйидагига тенг:

$$N_{\text{совт}} = N_1 + N_2 + \dots + N_n, \quad [\text{кВт}]$$

Бир суткасига эса,

$$N_{\text{сут}} = N \cdot \tau$$

б) Қурилма ва усқуналарга ишлатилаётган буғ сарфи:

$$D_{\text{совт}} = D_1 + D_2 + \dots + D_n, \quad [\text{кг/соат}]$$

Бир суткасига эса,

$$D_{\text{сут}} = D \cdot \tau$$

в) Қурилма ва усқуналардаги суғ сарфи:

$$W_{\text{совт}} = W_1 + W_2 + \dots + W_n, \quad [\text{кг/сс т, м}^3]$$

Бир суткасига эса,

$$W_{\text{сут}} = W \cdot \tau$$

**12) Фланецли бирикмаларни ҳисоблаш.**

Ушбу ҳисоблашда болтлар (ёки шпилькалар) диаметри, уларнинг сонини ва фланец элементларининг ўлчамларининг аниқлашдан иборатдир.

Ишчи шарионда болтларга таъсир этаётган қўзувчи кучларнинг миқдори қуйидаги формуладан ҳисобланади:

$$P_6 = \frac{\pi \cdot D_n^2}{4} \cdot p + P_n$$

$D_n$  - қистирманинг уртача диаметри, м;  $P_n$  - зичлаштириш юзасига тушаётган куч, МН;  $p$  - ишчи босим, МПа.

Тўғри тўртбурчак кўндаланг кесимли қистирманинг зичлаш учун зарур сиқилиш кучи ушбу тенгламадан топилади:

$$P_n = \pi \cdot D_n \cdot b \cdot k \cdot p$$

$b$  - қистирманинг эффектив эни, м;  $k$  - қистирманинг магери ти ва шаклига боғлиқ коэффициент (текис резина учун  $k=1,0$ ; фторопласт, паронит, чарм учун  $k = 2,5$ ).

Фланецдаги болт учун тешликлар айланасининг диаметрини куйидаги формула билан таъиниш мумкин:

$$D_6 = (1,1 + 1,2^8) \cdot D_{ичф}^{0,933}$$

$D_{ичф}$  - фланецнинг ички диаметри, одатда у қурилманинг ташқи диаметрига тенг бўлади.

Болтларнинг диаметри ушбу

$$d_6 = \frac{D_6 - D_T}{2} - 0,006$$

формуладан топилади ва кам сон қиймат томонига яхлитланади. Бу ерда  $D_T$  - фланец пайвандлаш чокининг диаметри, м.

Болтлар сони ушбу формуладан аниқланади:

$$z = \frac{P_6}{\sigma_{рз} \cdot F_6}$$

бу ерда  $F_6$  - болт резьбасининг ички диаметри бўйича аниқланган кўндаланг кесим кўзи, м<sup>2</sup>;  $\sigma_{рз}$  - болтлар чузилишига таъсир этилган кучланиш.

Ҳисоблаб топилган болтлар сони яқинидаги бутун сонгача яхлитланади. Бу сон 4 қарра бўлиши керак.

Фланец ташқи диаметри эса, ушбу тинглама орқали ҳисобланади:

$$D_{\phi} = D_n + (1,8 + 2,5) \cdot d_o$$

Текис фланецнинг баландлигини топиш учун дастлаб қуйидаги қийматлар аниқланади:

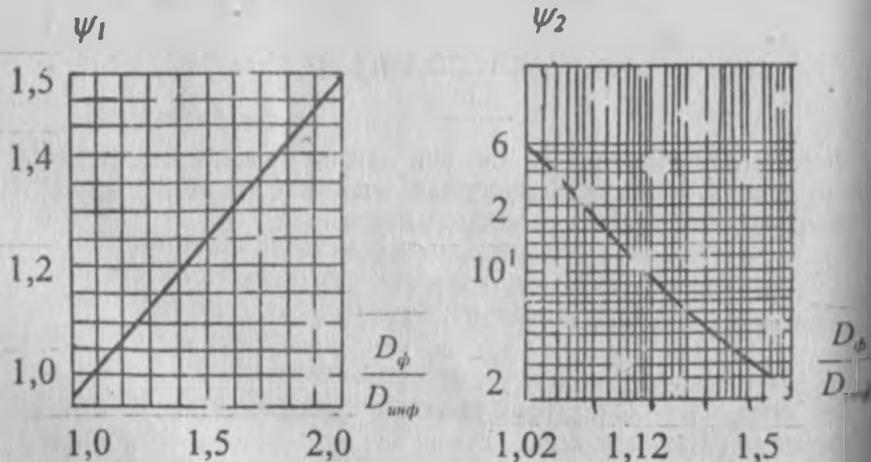
ишчи шароитда фланецга тушаётган юклама

$$P = \frac{D_{\phi}}{D_{\phi} - \gamma_{ув}} \left[ P_o \frac{D_{ув}}{D_o} \cdot \left( \frac{D_o}{\gamma_n} - 1 \right) + \frac{\pi \cdot D_n^2}{4} \cdot p \cdot \left( 1 - \frac{D_o}{D_n} \right) \right], [MH]$$

$$\Phi = \left( \frac{P}{\sigma_T} \right) \cdot \psi_1, [M^2]$$

$$A = 2 \cdot \psi_2 \cdot \delta^2, [M^3]$$

$\sigma_T$  - ишчи температурада фланец материалнинг оқ зчанлик чегараси,  $MH/M^2$ ;  $\delta$  - фланец билан бирлаштирилган обечайканинг қалинлиги, м;  $\psi_1, \psi_2$  - коэффициентлар, 4.7 - расмдан топилади.



4.7-расм.  $\psi_1$  ва  $\psi_2$  коэффициентларини аниқлаш учун графиклар.

## КОНТРОЛ МАСАЛАЛАР

4-1. Қундаланг кесими квадрат, тсчони  $d=10$  мм, узунлиги  $l=1600$  мм булган квадрат кундаланг кесимдан  $w=4$  м/с тезликда сув оқаяпти. Канал юзасининг температураси  $90^{\circ}\text{C}$ , сувнинг уртача температураси  $40^{\circ}\text{C}$  булганда девор юзасидан сувга иссиқлик бериш коэффициентини  $\alpha$  аниқлангичин.

4-2. "Труба ичидаги труба" иссиқлик алмашилиш қурилмасининг трубалараро бушлиғида ўртача температура  $10^{\circ}\text{C}$  ва  $w=3$  м/с тезликда сув ўтмоқда. Агарда ички трубанинг ташқи кесми  $70^{\circ}\text{C}$  булса, иссиқлик алмашилиш қурилмасининг иссиқлик бериш коэффициентини ва иссиқлик қуввати топилсин. Ички трубанинг диаметри  $d=26\times3$  мм, узунлиги  $l=1,4$  м.

4-3. Симоб  $w=2,5$  м/с тезликда диаметри  $d=14$  мм ва узунлиги  $l=900$  мм булган трубадан оқиб ўта эҳда. Симобнинг ўртача температураси  $t_{\text{ср}}=250^{\circ}\text{C}$ . деворнинг ўртача температураси  $t_{\text{с}}=220^{\circ}\text{C}$  булганда, симобнинг деворга иссиқлик бериш коэффициентини, иссиқлик ўтказиш коэффициентини, иссиқлик оқимининг зичлигини ва бақт бирлиги ичида узатилаётган иссиқлик миқдори топилсин.

4.4. Агарда деворнинг усти  $0,5$  мм қалинликда эмал билан қопланган булса, диаметри  $38$   $2,5$  мм ли пўлат эмсевич деворининг термик қаршилиги неча баробар ортади. Девор текис деб ҳисоблансин. Эмалнинг иссиқлик ўтказувчанлиги  $1,05$  Вт/(м·К) га тенг.

4.5. Узунлиги  $40$  м диаметри  $51\times2,5$  мм ли буғ узатувчи труба  $30$  мм ли қалинликда ташқи муҳитдан қоплама билан ажратилган (изоляция), қопламанинг ташқи томонидаги температураси  $t=45^{\circ}\text{C}$ , ички томонида эса  $t=175^{\circ}\text{C}$ . Буғ ўтказувчи (узатувчи) трубанинг 1 соатда атрофга йўқоётган иссиқлик миқдорини аниқлансин. Қопламанинг иссиқлик ўтказувчанлиги  $0,116$  Вт/(м·К) га тенг қабул қилинсин.

4.6. Диаметр  $60\times3$  мм ли пўлат труба қалинлиги  $30$  мм ли пўлак ва унинг устидан  $40$  мм ли қалинликда совелит ( $85\%$  магний +  $15\%$  асбест)ли қатлам билан қопланган. Труба деворининг температураси  $110^{\circ}\text{C}$ , қоплам ташқи деворининг температураси  $10^{\circ}\text{C}$ . Трубанинг 1 м узунлигида 1 соат мобайнида йўқоштилаётган иссиқлик миқдорини аниқланг.

4.7. Қурилма гиштли қоплама билан қопланган булиб, улар-

нинг туташган қойидаги қоплама юзасидаги температураси аниқлансин. Қоплама ташқи юзасининг температураси  $35^{\circ}\text{C}$ . Ғишт қоплама қалинлиги 260 мм. Қопламанинг ташқи юзасидан 50 мм чуқурликда ўрнатилган термометр  $70^{\circ}\text{C}$  ни ўқисатмоқда.

4.8. Буғл-тувчи қурилмадан чиқаётган қуюқлаштирилган (контрактланган) эритма температураси  $106^{\circ}\text{C}$  бўлиб, у суюлтирилган совуқ эритмани  $50^{\circ}\text{C}$  гача иситиш учун фойдаланилмоқда. Совуқ тувчи агентнинг (бошланғич) дастлабки температураси  $20^{\circ}\text{C}$ . Қуюқлаштирилган эритма  $60^{\circ}\text{C}$  гача совутилмоқда. Оқим йўналишлари тўғри ва қарама-қарши бўлган ҳолатлар учун ўртача температуралар фарқини аниқланг.

4.9. Юзаси  $6\text{ м}^2$  бўлган қарама-қарши йўналишли иссиқлик алмашинуш қурилмада  $1970\text{ кг/соат}$  сарф билан ушбу бутил спиртини  $90^{\circ}\text{C}$  дан  $50^{\circ}\text{C}$  гача совутиш керак. Иссиқ муҳит температураси  $18^{\circ}\text{C}$  бўлган сув билан совутилмоқда. Иссиқлик алмашинуш қурилмасидаги иссиқлик ўтказиш коэффициентининг қиймати  $230\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ ;  $\Delta t$  ўртача арифметик ҳолда ҳисоблансин. Иссиқлик алмашинуш қурилмаси орқали 1 соатда неча метр куб сув оқиб ўташи керак?

4.10. Узунлиги 1,2 м диаметри  $18 \times 2\text{ мм}$  ли 19 та латун трубадан тайёрланган кожух-трубали иссиқлик алмашинуш қурилма асбоб-ускуна (жиҳоз)лар омборида сақланмоқда. Сурнинг бошланғич температураси  $15^{\circ}\text{C}$  ва охириги  $35^{\circ}\text{C}$  бўлса, иссиқлик ўтказиш коэффициенти  $700\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$  га тенг бўлганда, соатига 350 кг тўйинган этил спирти (сувини конденсациялаш (суюқликка айлантириш) учун қурилманинг юзаси етарли бўладими? Суюлтирилган спирт қурилмадан конденсацияланиш температурасида чиқазиб олинмоқда, жараён эса атмосфера босими остида олиб борилмоқда.

4.11. Спиралсимон иссиқлик алмашинуш қурилмаси бўйича қўйидаги маълумотлар аниқ бўлса иссиқлик ўтказиш коэффициенти топилсин: иссиқлик алмашинуш юзаси  $48\text{ м}^2$ ; соатига 85,5 тонна сув  $77^{\circ}\text{C}$  дан  $95^{\circ}\text{C}$  гача иситилмоқда. Иситиш жараёни тўйинган буғ ёрдамида олиб борилмоқда. Сувнинг босими  $P = 23\text{ кПа}$ .

4.12. Соатига 3700 кг сарф билан утиш вақтида метил спирти  $10^{\circ}\text{C}$  дан  $50^{\circ}\text{C}$  гача иситилмоқда. Иссиқлик алмашинуш қурилмаси диаметри  $16 \times 2\text{ мм}$  ли 19 та трубалардан иборат ва унинг трубалари ичидан суюқлик ҳаракати қилмоқда. Агарда девор температураси  $60^{\circ}\text{C}$  деб қабул қилинса, иссиқлик бериш коэфф.

шентини аниқланг.

4.13. Кожух-трубалі қурилманинг 46x3 мм диаметрли труба-лардан 3,7 м/с тезликда сув ўтиб иситилмоқда. Агарда сувга тегиб турган деворнинг ўртача температураси 90°C, сувнинг ўртача температура 46°C бўлса, иссиқлик бериш коэффициентини аниқланг.

4.14. Олтингувурт (II)-у теродирнинг сарфи 0,85 м<sup>3</sup>/соат бўлиб, атмосфера босими остида қайнаш температурасида 22°C гача совутилган қарама-қарши йўналишли иссиқлик алмашинини қурилмасининг юзасини аниқланг. Совуtuvчи сув 14 дан 25°C гача иситилмоқда;  $\alpha_1=270$  Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $\alpha_2=720$  Вт/(м<sup>2</sup>·К). Труба деворининг қалинлиги 3 мм. Деворнинг ифлосланиши, зангланиши ва чуқма қопламаси қалинлигини ҳисобга олган ҳолда  $\kappa_{\text{иф}}=0,00069$ (м<sup>2</sup>·К/Вт) қабул қилиб, сувнинг сарфини ҳам топинг.

4.15. "Труба ичидаги труба" иссиқлик алмашинини қурилмаси 10 секциядан ташкил топган. Ҳар бир секция узунлиги 5 м, ички трубалар диаметри  $d = 38 \times 2$  мм. Қурилмада 40°C пахта ёғи 10°C гача сув ёрдамида совутилмоқда. Бунда сувнинг температураси 5°C дан 25°C гача иситилди. Пахта ёғидан труба деворига иссиқлик бериш коэффициенти  $\alpha_1=1400$  Вт/(м<sup>2</sup>·К), труба деворидан сувга эса,  $\alpha_2=800$  Вт/(м<sup>2</sup>·К). Пахта ёғи оғибган ифлосланган деворнинг ермик қаршилиги  $R_1=2 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>·К/Вт бўлса, сув оқибган труба ички эса  $R_2=4 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>·К/Вт. Трубалар материали зангламай-диган 1x18H10T п.латдан ясалган. Сувнинг массавий сарфини аниқлансин.

4.16. "Труба ичидаги труба" иссиқлик алмашинини қурилмасида иссиқлик ташувчи муҳитлар қарама-қарши ҳаракат қилиб, совутилган сифатида ишлатилмоқда. Қурилма 6 та секциядан иборат бўлиб, ҳар бир секция узунлиги 5 м ва 45x2,5 трубалардан ясалган. Агар, артезиан суви 4°C га қурилмага кириб, 70°C гача иситилса, қанча миқдорда "Лаззат" пивосини 90°C дан 10°C гача совитиш мумкин.

Иссиқлик ўтказиш коэффициенти 400 Вт/(м<sup>2</sup>·К) деб қабул қилинсин.

4.17. Ректификацион колонга конденсаторида 80% ли (масс) сув-спирит буги конденсацияланмоқда. Конденсаторга юборилаётган сувқ сув 10°C дан 60°C гача иситилмоқда. Конденсатор диаметри 35x1,5 мм узунлиги 1,3 м бўлган 121 та трубадан ташкил топган. Қурилманинг иссиқлик ўтказиш коэффициенти 400 Вт/(м<sup>2</sup>·К). Конденсациялаётган буг сарфини топинсин.

4.18. Кожух-трубалі иссиқлик алмашинини қурилмаси диамет

ри 25x2 мм ли 13 та трубадан иборат. Кожухнинг ички диа метри 273 мм Қурилмадан 10000 кг/соат сарф билан оқаетган сув 10°С дан 60°С гача исимоқда. Агарда сув труба ичида ва трубалараро бушлиқдан утаётган пайтда труба девори юзасидан сувга бўтан иссиқлик бериш коэффициентини аниқлансин.

4.19. Иссиқлик ишлов берилган 360° л/соат қувватланган вино температураси 57°С дан 25°С гача совутилиши керак. Совутувчи агент-сувнинг бошланғич температураси 8°С, охиригиси эса - 20°С. Совутгичдаги иссиқлик ўтказиш коэффициентини 810 Вт/(м² К) деб қабул қилинса бўлади. Иссиқлик ташувчи агентларнинг йуналиши қарама-қарши бўлган ҳол учун иссиқлик алмашинувиши юзаси ва сувнинг сарфини аниқлансин.

4.20. Винога ишлов бериш қуйидаги жараёнлардан иборат: иссиқ сув ёрдамида пастеризация қилиш, "стилтигич", рекуперация секцияларида совитиш ва сув ёрдамида зарур температурагача совутилмоқда. Пластинани совитиш қурилмасининг, 2150 л/соат миқдордаги нордон винога ишлов бериш учун қурилмининг ярқлигини аниқланг.

Ҳисоблаш учун маълумот ар: винонинг бошланғич температураси 15°С, охириг температураси - 20°С, пастеризация температураси - 70°С, иссиқ сувнинг бошланғич температураси - 87°С, совуқ сувники эса - 10°С. Иссиқликни регенерация қилиш коэффициенти - 0.8. Пластиналарнинг ишчи юзаси: рекуперация секциясида - 5,4 м², пастеризация секциясида - 2,2 м², ва совитиш секциясида - 2,2 м².

Иссиқ ва совуқ сув миқдорини, виноникига қараганда 3 марта кун деб қабул қилинсин. Иссиқлик ўтказиш коэффициентлари:

- рекуперация секциясида -  $K = 1700 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С})$ ;
- пастеризация секциясида -  $K = 1265 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;
- совитиш секциясида -  $K = 1400 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .

4.21. Кожух-трубада иссиқлик алмашинувиш қурилмасининг труба диаметри 25x2 мм, этил спиртининг массавий сарфи 168 кг/с, ўртача температураси 37°С. Қурилманинг трубалараро бушлиғида спирт ламинар режимода оқиб ўтаётган бўлса, иссиқлик бериш коэффициентининг қиймати аниқлансин.

4.22. Температураси 60°С бўлган вино ёрдамида мева-резавор виноси иссиқ сув ёрдамида 15°С дан 50°С гача иситилмоқда. Вино сарфи 5 м³/соат, иссиқлик ўтказиш коэффициенти 400 Вт/(м² К) Иситувчи агентларнинг ҳаракат йуналиши бир хил ва қарама-қарши бўлган ҳолда; учун иссиқлик алмашинувиш қурилмасининг

юзаси ҳисоблаб топилсин.

4.23. Диаметри 38x3 мм ли 6 та трубадан 8000 кг/соат сарф бўлган иссиқлик алмашиниш қурилмасида узум шарбати иситилмоқда. Узум шарбатининг зичлиги 1075 кг/м<sup>3</sup>. Юқоридан кўрсатилган иш унумдорлигини ўшлаб тушириш учун шарбатнинг тезлиги қанча бўлиши зарур.

4.24. "Труба ичидаги труба" типидagi қарам-қарши: йўналишли иссиқлик алмашиниш қурилмасининг узунлиги 5 м ли 6 та секциядан иборат бўлиб, диаметри 45x2,5 мм ли трубалардан ясалган. Совутувчи агент - артезиан суви қурилмага киришда 4°C ва чиқишда 20°C температурали бўлса, қанча миқдорда 70°C ли "Олмали" пивосини 10°C гача совитиш мумкин. Иссиқлик ўтказиш коэффициенти  $K=460 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$  деф қабул қилинсин.

4.25. "Труба ичидаги труба" типидagi иссиқлик алмашиниш қурилмаси 10 та секциядан иборат. Ҳар секциянинг узунлиги 5 м, ички труба диаметри 38x3 мм. Қурилмада 40°C дан 10°C га пиво совитилмоқда. Совутувчи агент сувнинг температураси 5°C дан 25°C гача кўтарилмоқда. Пиводан иситувчи юзага бўлган иссиқлик бериш коэффициенти 2000  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ , иситиш юзасидан сувга эса - 800  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . Труба ичиге термик қаршилиги: пиво ичида утаётган томонда  $r_6=2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ , сув ҳаракат қилаётган томонда -  $r_6=4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ . Трубалар занглайдиган Х18Н10Т пулатдан ясалган. Юқоридagi қарт-шаронтлар учун сувнинг сарфини ҳисоблаб топилсин.

4.26. Вертикал кожух-трубали иссиқлик алмашиниш қурилмаси диаметри 25x2 мм, узунлиги 1,2 м ли мис трубалардан ясалган. Трубалараро бўшлиқда 300 м<sup>3</sup>/соат миқдорда 80% ли (ҳажмий) сув-спирт буғлари конденсацияланмоқда. Труба ичидан 0,4 м/с тезликда сув оқиб ўтмоқда. Сувнинг бошланғич температураси 10°C, охириги - 60°C. Трубага ёпишган ифлосликларнинг термик қаршилиги  $r_{\text{иф}} = 7,17 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{Вт} \cdot \text{К}$ . Қурилмадаги трубалар сонини тансин.

4.27. Вертикал кожух-трубали иссиқлик алмашиниш қурилмасида 350 л писта еги 45 минут давомида 6°C дан 40°C га пиводамида иситилмоқда. Тўйинган буғнинг босими 0,105 МПа, унинг конденсацияланиши натасида температураси 77°C бўлган 29,2 л конденсат ҳосил булади.

Қурилма куйидаги характеристикага эга: йуллар сони - 1 та; трубалар сони - 6 та; трубалар диаметри - 22x2 мм; узунлиги - 0,85 м; қурилманинг иссиқлик ўтказиш коэффициенти аниқлансин.

4.28 Иш унумдорлиги 500 л/ зат бўлган ювилиб турувчи иссиқлик алмашиниш қурилмасининг ички диаметри 35 мм ли трубадан ясалган ва унинг юзаси 2,53 м<sup>2</sup>. Сутнинг бошланғич температураси 80°C, охиригиси эса – 13°C. Ушбу қурилманинг иссиқлик ўтказиш коэффициенти  $\lambda$  қандай чиқилсин.

4.29. Бошланғич температураси 95°C бўлган сут 750 л/соат масавий сарфда 25°C гача ювилиб турувчи иссиқлик алмашиниш қурилмасида совутилмоқда. Жараён пайтида сув 1°C дан 37°C гача исимқда. Иссиқлик алмашиниш юзаси 4,2 м<sup>2</sup>, сув секциясида иссиқлик алмашиниш коэффициенти 1745 Вт/(м<sup>2</sup>·К). Сувнинг сочиб берувчи тарновдаги сарфи 15 см. Социб берувчи 2 мм ли тешиклардан неча дона бўлиши керак?

### КОНТРОЛ ТОПШИРИҚ N10

Куйидаги келтирилган бошланғич маълумотларга эга лар йўлли иссиқлик алмашиниш қурилмасида N суюқлик иситилмоқда:

- Иситилган сув миқдори — G;
- суюқликнинг бошланғич температураси —  $t_0$ ;
- суюқликнинг охириг температураси —  $t_1$ ;
- иситувчи буг босими — p;
- иссиқликнинг атроф-муҳитга йукотилиши —  $Q_{\text{иқк}}$ ;
- труба узунлиги — l;
- труба диаметри — d.

Ушбу қурилманинг иссиқлик алмашиниш юзаси F, труба диаметри d ва иситувчи буг сарфи D лар топилсин. Ундан ташқари қурилманинг схемаси иссиқлик ташувчи агентлар йўналишлари кўрсатилган ҳолда чиқилсин.

Пара метр	Ўлчов бирлиги	Шифрнинг охириг рақами бўйича вариантлар									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
G	кг/соат	5000	7000	8000	7000	4000	5000	6000	9000	6000	5000
$t_0$	°C	20	22	10	15	17	18	20	25	20	15
$t_1$	°C	70	40	50	45	75	55	70	80	60	65
P	атм	2	3	4	5	6	6	5	4	3	2
K	Вт/м <sup>2</sup> ·К	650	700	750	500	400	450	600	500	550	400

Пара метр	Ўлчов бирлиги	Шифрнинг охириг рақами бўйича вариантлар									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Q <sub>иқк</sub>	%	2	3	4	5	6	4	5	7	8	3
l	м	1,5	2,0	2,5	1,0	3,0	2,5	0	3,0	1,5	1,0
d	м	25	20	32	20	38	25	20	38	25	38
N		Сув, ацетон, бензол, этил спирти, пахта ёғи, вино, сут, глицерин, симоб, пиво, ш.та ёғи									

### КОНТРОЛ ТОПШИРИҚ N11

Агарда, деворнинг усти 5 мм қалинликда X материал билан қопланган бўлса, диаметри D мм ли Y материалдан ясалган деворнинг термик қаршилиги неча баробар ортади?

Пара метр	Ўлчов бирлиги	Шифрнинг охириг рақами бўйича вариантлар									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
δ	мм	0,1	0,3	0,2	0,5	1,0	0,6	0,8	1,1	1,5	1,4
D	мм	25x2	38x3	20x2	14x1	76x4	32x2	57x3	20x2	14x1	108x5
Y		Al	Cu	Ст4	Брон	Ag	Al	Чуни	Ti	Si	лат.
X		Аг <sup>к</sup> ест, эмал, торфплита, сов.ит, пенопласт, винипласт, фторопласт, фаолит, пўжак									

## Б У Ф Л А Т И Ш

Ҳисоблаш формуллари ва асосий боғлиқликлар.

1. Буглатиш жараёнининг моддий баланс тенгламаси:

$$G_{\text{бош}} = G_{\text{ох}} + W \quad (5.1)$$

$$G_{\text{бош}} \cdot x_{\text{бош}} = G_{\text{ох}} \cdot x_{\text{ох}} \quad (5.2)$$

бу ерда  $G_{\text{бош}}$ ,  $G_{\text{ох}}$  - эритманинг (дастлабки) бошланғич ва охири (буглатилган) моддий сарфи, кг/с  $x_{\text{бош}}$ ,  $x_{\text{ох}}$  - эритманинг бошланғич ва охири эритилган моддадаги моддий у. д.ш. ри,  $W$  - буглатилаётган сувнинг моддий сарфи, кг/с

$$W = G_{\text{ам}} \cdot \left( 1 - \frac{x_{\text{бош}}}{x_{\text{ох}}} \right) \quad (5.3)$$

2. Буглатиш қурилмасининг иссиқлик баланс тенгламаси:

$$Q + G_{\text{бош}} \cdot c_{\text{бош}} \cdot t_{\text{бош}} + G_{\text{ох}} \cdot c_{\text{ох}} \cdot t_{\text{ох}} + W \cdot i_{\text{ох}} + Q_{\text{йук}} + Q_{\text{дег}} \quad (5.4)$$

бу ерда  $Q$  - буглатишга сарфланган иссиқлик миқдори, Вт;  
 $c_{\text{бош}}$ ,  $c_{\text{ох}}$  - бошланғич (дастлабки) ва охири (буглатилган) эритмаларнинг солиштирма иссиқлик сифими, Ж/(кг·К);  
 $t_{\text{бош}}$ ,  $t_{\text{ох}}$  - бошланғич эритманинг қурилмага киришидаги ва охири эритманинг қурилмадан чиқишдаги ҳароратлари, °С;  
 $i_{\text{йук}}$  - иккиламчи бугнинг қурилмадан чиқаётгандаги солиштирма энтальпияси, Ж/кг;  
 $Q_{\text{йук}}$  - атроф муҳитга йўқотилган иссиқлик миқдори қ. Ҳайати  
 Вт  
 $Q_{\text{дег}}$  - дегидратация иссиқлиги, Вт.

3. Буглатишга сарфланган иссиқлик миқдорини аниқлаш.

(5.4) тенгламадан қуйидаги ҳолдаги кўринишни ҳосил қиламиз:

$$Q = G_{\text{бош}} \cdot c_{\text{бош}} \cdot (t_{\text{ох}} - t_{\text{бош}}) + W \cdot (c_{\text{мах}} - c_c \cdot t_x) + Q_{\text{буқ}} \quad (5.5)$$

бу ерда:  $t_{\text{ох}}$  — га мос келган сувнинг солиштирма иссиқлик сизими, Ж/(кг·К).

Агар эритма буғлатиш қурилмасига қиздирилган ҳолатда, яни ( $t_{\text{бош}} > t_{\text{ол}}$ ) бўлса, у ҳолда  $Q = G_{\text{бош}} \cdot c_{\text{бош}} \cdot (t_{\text{ох}} - t_{\text{бош}})$  бўлиб, манфий ишоратга эга бўлади ва бу ерда маълум қисм сув эритмани совиши туғайли буғланади.  $G_{\text{бош}} \cdot c_{\text{бош}} \cdot (t_{\text{ох}} - t_{\text{бош}})$  қиймат ўз-ўзини буғлатиш қиймати леб номланади.

Атроф муҳитга йўқотилган иссиқлик миқдорини ҳисоблаш учун буғлатиш қурилмасининг  $Q_{\text{исит}} + Q_{\text{буғ}}$  йиғиндисининг 3-5% ни олсак, ҳато қилмаган бўламиз.  $Q_{\text{буқ}}$  қийматини қуйидагича ҳам ҳисоблаш мумкин:

$$Q_{\text{буқ}} = \alpha \cdot F_{\text{таш}} \cdot (t_{\text{изол}} - t_x) \quad (5.6)$$

Бу ерда,  $\alpha = \alpha_{\text{нур}} + \alpha_{\text{конв}}$  — нурланиш ва конвекция иссиқлик бериш коэффициентларининг йиғиндиси, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $F_{\text{таш}}$  — қурилманнинг қоплама қилинган юзас, м<sup>2</sup>;  $t_{\text{изол}}$  қоплама ташқи юзасининг температураси, °С ёки К;  $t_x$  — ҳаво температураси °С ёки К.

4. Буғлатиш қурилмасидаги иситувчи буғ сарфи  $G_{\text{буғ}}$

$$G_{\text{буғ}} = \frac{Q}{(i'' - i) \cdot x} = \frac{Q}{r_{\text{буғ}} \cdot x} \quad (5.7)$$

бу ерда  $i''$  — тўйинган қуруқ буғнинг солиш тирма энтальпияси, Ж/кг;  $i$  — конденсацияланиш температурасидаги конденсатнинг солиштирма энтальпияси Ж/кг;  $x$  — қизитил буғнинг намлик даражаси (қуруқлик даражаси);  $r_{\text{буғ}}$  — қиздириш буғи солиштирма конденсацияланиш иссиқлиги, Ж/кг.

Иситувчи буғ сарфи  $G_{\text{буғ}}$  нинг буғланган сув сарфи  $W$  нисбатига буғлатиш учун кетган буғнинг солиштирма сарфи дейилади:

$$d = \frac{G_{\text{уб}}}{W} \quad (5.8)$$

5. Эритманинг иссиқлик сифими. Эритманинг солиштирма иссиқлик сифими қуйидаги тенгламадан аниқланadi:

$$c = c_1 \cdot x_1 + c_2 \cdot x_2 + c_3 \cdot x_3 + \dots \quad (5.9)$$

$c_1, c_2, c_3, \dots$  - ташкил этувчи компонентларнинг солиштирма иссиқлик сифими;  $x_1, x_2, x_3, \dots$  - ташкил этувчи компонентларнинг миқдорий улуши.

Икки компонентли суолтирилган, сувли эритмалар (сув + эритилган модда) нинг солиштирма иссиқлик сифimini ҳисоблаш учун қуйидаги таҳминий формуладан фойдаланилади ( $x < 0,2$ ):

$$c = 4190 \cdot (1 - x) \quad (5.10)$$

бу ерда  $4190 \text{ Ж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$  - сувнинг солиштирма иссиқлик сифими;  $x$  - эритилган модда концентрацияси, массавий улуши.

Қуюқлаштирилган икки компонентли сувли эритма учун ( $x > 0,2$ ) ҳисоблаш қуйидаги формула ёрдамида олиб бориллади.

$$c = 4190 \cdot (1 - x) + c_1 \cdot x \quad (5.11)$$

$c_1$  - сувсиз эритилган модданинг солиштирма иссиқлик сифими  $\text{Ж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ .

Агар тажриба маълумотлари йўқ бўлиб, кимёвий бирикманинг солиштирма иссиқлик сифimini аниқлаш керак бўлса, қуйидаги тенгламадан таҳминий қийматини топиш мумкин:

$$M \cdot c = n_1 \cdot C_1 + n_2 \cdot C_2 + n_3 \cdot C_3 + \dots \quad (5.12)$$

бунда  $M$  - кимёвий бирикманинг моляр массаси;  
 $c$  - кимёвий бирикманинг массавий солиштирма иссиқлик сифими,  $\text{Ж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ ;

$n_1, n_2, n_3, \dots$  - бирикмадаги элементлар атом сонини;

$C_1, C_2, C_3, \dots$  - атом иссиқлик сифими,  $\text{Ж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$

(5.12) формула ёрдамида бирикмаларнинг солиштирма ис-  
сиқл к сифимини ҳисоблаш учун 5-1 жадвалдаги атом иссиқлик  
сигимлај дан фойдаланиш керак бўлади.

5-1 жадвал

Элемент	Атом иссиқлик сигими, кЖ/(кг·К)		Элемент	Атом иссиқлик сигими кЖ/(кг·К)	
	қаттиқ ҳолда	суяқ ҳолда		қаттиқ ҳолда	суяқ ҳолда
С	7,5	11,7	F	20,95	29,9
Ч	9,6	18,0	Г	22,6	31,0
В	11,8	19,7	S	22,6	31,0
Si	15,9	24,3	Қолганлари	26,0	33,6
O	16,8	25,1			

6. Эритмаларнинг қайнаш температурасини ҳисоблаш  
( $P \geq P_{атм}$ ).

1 - усул. Агарда эритманг маълум босимда 2 та қайнаш тем-  
ператураси маълум бўлс қуйида 1 тенгламадан

$$\frac{\lg P_{A_1} - \lg P_{A_2}}{\lg P_{B_1} - \lg P_{B_2}} = C \quad (5.13)$$

ёи И7-расмдаги номограммадан фойдаланса бўлади. Бу ерда  
 $P_{A_1}$  ва  $P_{B_1}$  - бир хил  $t_1$  температуралаги 2 суяқликнинг тўйинган  
буғларининг босими;  $P_{A_2}$  ва  $P_{B_2}$  - бир хил  $t_2$  температуралаги 2  
суяқликнинг тўйинган буғлари; C - ўзгармас константа.

2 - усул. Агарда, эритманг фақат маълум бир босимда бир та  
қайнаш температураси аниқ бўлс, бошқа босимдаг қайнаш  
температураси Бабо қондасидан фойдаланиб топиши мумкин.

$$\left( \frac{P}{P_0} \right) = const \quad (5.14)$$

бу ерда p - эритма буғининг босими;  $p_0$  - ўша температурал

тоза эритувчининг тўйинган буг босими.

Концентралланган сувли эритма лар учун (5.14) формула проф. В.И. Стабников топган коэффициентларни (5-2 жадвал) инобатга олган ҳолда ҳисоблаш керак.

5-2 жадвал

p/p <sub>0</sub> нисбати							Тузатиш коэффици- енти ±Δt, К
0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	
Босим p, мм.с.м.уст.							
100	200	400	450	500	550	650	0,9
—	—	200	350	450	500	550	1,8
—	—	100	275	300	350	400	2,6
—	—	—	150	200	250	300	3,6

Агарда, эриш иссиқлиги мусбат бўлса (эритиш, пайтида иссиқлик ажралиб чиқса) тузатиш коэффициенти қўшилади манфий бўлса - айирилади.

7.  $t_{\text{хдп}}$  - бу труба ичида эритманин. ўртача қайнаш температураси.

$$t_{\text{хдп}} = t_{\text{кон}} + \Delta t_{\text{г.эф}} \quad (5.15)$$

бу ерда  $t_{\text{г.эф}}$  - гидростатик депрессия, ёки гидростатик босим ҳисобига эригманиннг қайнаш температурасини ортиши (гидростатик эффект).

Буглатиш қурилма трубаларининг баландлиги бўйича эригманиннг қайнаш температураси ўзгаради. Шунинг учун, гидростатик босимни ҳисобга олган ҳолда эритманиннг труба баландлиги бўйича ўртача қайнаш температураси аниқланади.

Буглатилаётган эритманиннг ўрта қатламидаги босим ушбу формула ёрдамида топилади:

$$p_{\text{р}} = p_1 + 0,5 \cdot \rho_p \cdot g \cdot H_{\text{р}} - p_1 + \Delta p_{\text{г.эф}} \quad (5.16)$$

гидростатик депрессия  $\Delta t_{\text{г.эф}}$  бевосита  $\Delta p_{\text{г.эф}}$  билан боғлиқдир ва  $H_{\text{р}}$  эритма баландлиги сатҳи ва зичлигига боғлиқ. Оптимал баландлик сатҳи, қуйидаги формула билан ҳисоблаб топилади:

$$H_{\text{тн}} = [0,26 + 0,0014 \cdot (\rho_r + \rho_o)] \cdot H_{\text{ур}} \quad (5.17)$$

Агар,  $t_{\text{кв}}$  бў ича маълумотлар бўлмаса,

$$(\rho_r + \rho_o)_{t_{\text{тн}}} = (\rho_r + \rho_o)_{t_{\text{тн}}=20^\circ\text{C}} \quad (18)$$

деб олса ўлади.

Гидро татик депрессия  $\Delta t_{\text{г.эф}}$  қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$\Delta t_{\text{г.эф}} = t_{\text{ур}} - t_1 \quad (5.19)$$

бу ерда  $\Delta t_{\text{у}}$  -  $\Delta r_{\text{ур}}$  босимд сурчинг қайнаш температураси.

Эритманинг ўртача қайнаш температураси қуйидаги тенглама орқали ҳисобланади:

$$t_{\text{кв}} = t_{\text{кон}} + \Delta t_{\text{г.эф}} = t_o + \Delta t_{\text{г.с.}} + \Delta t_{\text{ур}} + \Delta t_{\text{г.эф}} = t_o + \sum \Delta t_{\text{у,х}} \quad (5.20)$$

8. У1 умий ва фойдали темпер. уралар фарқи. Иситувчи буғ конденсацияланиш температураси  $t_{\text{нб}}$  ва иккиламчи буғ конденсацияланиш температуралари  $t_o$  о1 асидаги фарқга умий температуралар фарқи дейилади.

$$\Delta t_{\text{уи}} = t_{\text{нб}} + t_o \quad (5.21)$$

Иситувчи буғ конденсацияланиш температураси  $t_{\text{нб}}$  ва эритма қайнаш температура  $t_{\text{кв}}$  орасидаги фарқга - фойдали температуралар фарқи дейилади:

$$\Delta t_{\text{фид}} = t_{\text{нб}} - t_{\text{кв}} = \Delta t_{\text{уи}} - \sum \Delta t_{\text{у,х}} \quad (5.22)$$

Буғлатиш қурчмасининг иссиқлик ўтказиш юзаси ушбу формула ёрдамида аниқланади:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{\text{ср}}} = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{\text{фонт}}} \quad (5.23)$$

9 Кристаллизаторда ҳосил булган кристаллар массаси  $G_{\text{кр}}$  моддий баланс тенгламасидан топилади:

$$G_{\text{кр}} = \frac{G_1 \cdot (x_2 - x_1) - W \cdot x_2}{x_2 - x_{\text{кр}}} \quad (5.24)$$

бу ерда  $G_1$  - эритма миқдори, кг;  $x_1$  - бошланғич эритма концентрацияси, %;  $x_2$  - кристаллизациядан кейинги эритманинг концентрацияси, % ёки массавий улуш;  $W$  - буғлатилган эритманинг миқдори, кг;  $x_{\text{кр}} = M/M_{\text{кр}}$ .

Агарда, модда сувсиз шаклда кристалланса,  $x_{\text{кр}}=1$ .

10. Маълум  $p$  босимда суюқликнинг буғ ҳосил қилиш с/т штирма иссиқлиги қуйидаги тенгламадан топилади:

$$r = r_{\text{эТ}} \cdot \frac{M_{\text{эл}}}{M} \cdot \left(\frac{T}{\theta}\right)^2 \cdot \frac{d\theta}{dI} \quad (5.25)$$

бу ерда  $r$  ва  $r_{\text{эТ}}$  -  $p$  босимда изланаётган ва эталон суюқликларнинг буғ ҳосил қилиш с/т штирма иссиқлиги, Ж/кг;  $M$  ва  $M_{\text{эл}}$  суюқликларнинг моль массаси, кг/моль;  $T$  ва  $\theta$  -  $p$  босимдаги суюқликларнинг қайнаш температураси, К;  $d\theta$  ва  $dI$  - изланаётган ва эталон суюқликларнинг қайнаш температураси, ференциали.

Поляр булмаган суюқликларнинг буғ ҳосил қилиш с/т штирма иссиқлик Кистяковский формуласи ёрдамида топилади:

$$r = 19,2 \cdot 10^3 \cdot \frac{T}{M} \cdot (1,91 + \lg T) \quad (5.26)$$

бу ерда  $T$  - қайнаш температураси, К;  $M$  - суюқлик моль массаси, кг/моль.

## МИСОЛЛАРНИ ИШЛАШ НАМУНАСИ

Бошланғич натрий гидрооксид эри масининг 1 литрида 79 г сув бор. Буғлатилган эритманинг 30 С даги зичлиги 1,555 г/см<sup>3</sup> тенг, концентрацияси эса 840 г/л, 1 т бошланғич эритма учун буғлатилган сув миқдорини аниқланг

**Ечиш:**

бошланғич эритмада эриган модданинг масс вий улуши қуйидагича топилади:

$$x_{\text{боси}} = \frac{79}{1000 + 79} = 0,0733$$

охирги эритмадаги эса,

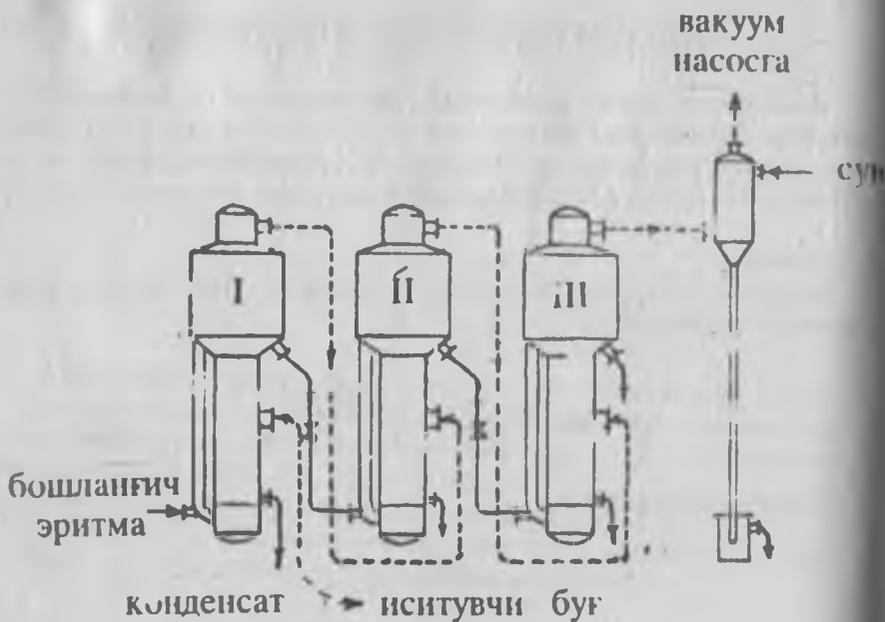
$$x_{\text{эТ}} = \frac{840}{1555} = 0,54$$

1 т бошланғич эритмадан буғлатилган сув миқдори ушбу формуладан ҳисобланади:

$$W = G_{\text{боси}} \cdot \left(1 - \frac{x_{\text{боси}}}{x_{\text{эТ}}}\right) = 1000 \cdot \left(1 - \frac{0,0733}{0,54}\right) = 865 \text{ кг}$$

## УЧ КОРПУСЛИ БУҒЛАТИШ ҚУРИЛМАСИНИ ҲИСОБЛАШ НАМУНАСИ.

$\text{NaNO}_3$  нинг 12% ли сувли эритмасини 5 - соат сарфда концентрациялаш учун уч корпусли табиий циркуляция қурилмаси ҳисоблаб чиқилсин (расм.5.1). Эритманинг охирги концентрацияси 40% (масс.). Буғлатиш қурилмасида қайнаш температураси иситилган эритма буғлатиш учун элатилади. Тўйинган иситувчи сув буғининг абсолют босими 4 кг/см<sup>2</sup>. Иситувчи трубалар узунлиги 4 м. Барометрик конденсатордаги вакуум 0,8 кг/см<sup>2</sup> га тенгдир.



5.1 расм. Уч корпусли буглатиш қурилмасининг схемаси

Е ч и ш :

1) Учала қурилмаларла буланаётган эритувчининг умумий миқдори:

$$W = G \cdot \left( 1 - \frac{X_{\text{сикл}}}{X_{\text{ол}}} \right) = \frac{5600}{3600} \cdot \left( 1 - \frac{12}{40} \right) = 3500 \frac{\text{кг}}{\text{ч}} = 0,97 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

2) Ҳар бир корпусга юқламани тақсимлаш.

Назарий таҳлил на саноатдаги қўп йиллик натижалар асосида, ҳар бир корпусдаги иккиламчи бугнинг миқдорини аниқлаймиз.

$$W_1 : W_2 : W_3 = 1,0 : 1,1 : 1,2$$

Ҳар бир корпусда ҳосил бўлган иккиламчи буг миқдорини то-  
памиз:

$$1\text{-корпусда} \quad W_1 = \frac{3500 \cdot 1}{3600 \cdot (1+1,1+1,2)} = 0,295 \text{ кг/с}$$

$$2\text{-корпусда} \quad W_2 = \frac{3500 \cdot 1,1}{3600 \cdot (1+1,1+1,2)} = 0,324 \text{ кг/с}$$

$$3\text{-корпусда} \quad W_3 = \frac{3500 \cdot 1,2}{3600 \cdot (1+1,1+1,2)} = 0,351 \text{ кг/с}$$

---

Жами:  $W = 0,97 \text{ кг/с}$

3) Корпуслар бўйича эритманинг концен рациясини ҳисоблаш  
эритманинг бошланғич концентрацияси  $x_{\text{бош}}$ . Биринчи корпусдан  
иккинчисига кираётган эритманин миқдори:

$$G_1 = G_{\text{бош}} - W_1 = \frac{5000}{3600} - 0,295 = 1,09 \text{ кг/с}$$

концентрацияси эса,

$$x_1 = \frac{G_{\text{бош}} \cdot x_{\text{бош}}}{G_{\text{бош}} - W_1} = \frac{1,39 \cdot 12}{1,39 - 0,295} = 15,2\%$$

Иккинчи корпусдан учинчисига кираётган эритма миқдори:

$$G_2 = G_{\text{бош}} - W_1 - W_2 = 1,39 - 0,295 - 0,324 = 0,77 \text{ кг/с}$$

концентрацияси эса,

$$x_2 = \frac{G_{\text{бош}} \cdot x_{\text{бош}}}{G_{\text{бош}} - W_1 - W_2} = \frac{1,39 \cdot 12}{1,39 - 0,295} = 15,2\%$$

Учинчи корпусдан чиқаётган эритма миқдори,

$$G_2 = G_{\text{сум}} - W_1 - W_2 = 1,39 - 0,295 - 0,321 = 0,77 \text{ кг/с}$$

концентрацияси эса

$$x_2 = \frac{1,39 \cdot 12}{0,77} = 21,6\%$$

4) Корпуслар бўйича иситувчи буғ босимининг тақсимланиши. Биринчи корпус ва барометрик конденсаторлардаги иситувчи буғ босимларининг фарқи.

$$\Delta p = 4,0 - 0,2 = 3,8 \text{ кгк/см}^2$$

Дастлаб, ушбу босимлар фарқини кор.усл. ўртасида баробар тақсимлаймиз, яъни

$$\Delta p = \frac{3,8}{3} = 1,27 \text{ кгк/см}^2$$

Бунда, корпуслардаги абсолют босим қуйидагича бўлади:

3-корпусда  $p_3 = 0,2 \text{ кгк/см}^2$  берилган)  
 2-корпусда  $p_2 = 0,2 + 1,27 = 1,47 \text{ кгк/см}^2$   
 1-корпусда  $p_1 = 1,47 + 1,27 = 2,74 \text{ кгк/см}^2$

Иситувчи буғ босими:

$$p = 2,74 + 1,27 = 4 \text{ кгк/см}^2$$

Жадваллардан, корпусларда қабул қилинган босимлар учун сувнинг тўйинган буғи тем. ератуглари ва солиштирма буғ ҳосил қилиш иссиқликларини топаёمиз.

Корпуслар	Тўйинган буғ тем-ператураси, °C	Солиштирма буғ ҳосил қилиш иссиқлиги.
1-корпусда	129,4	2179
2-корпусда	110,1	2234
3-корпусда	59,7	2357
Иситувчи буғ	148	2241

Ушбу температуралар, корпуслар буйича иккиламчи булар конденсацияланиш температуралари бўлади.

5. Корпуслар буйича температуранинг пасайишини ҳисоблаймиз:  
 а) температур депрессиясидан.

36-жадвалдан атмосфера босимида эритмаларни қайнаш температураси топилди.

Корпуслар	NaNO <sub>3</sub> Концентрланган	Қайнаш температураси, °C	Депрессия, °C ёки К
1-корпусда	15,2	102	2,0
2-корпусда	21,6	103	3,0
3-корпусда	40,0	107	7,0

Ушбу корпус буйича депрессия

$$\Delta t_{депр} = 2 + 3 + 7 = 12^\circ C$$

б) Гидростатик эффект депрессияси

20°C температурада NaNO<sub>3</sub> эритманинг зичлиги тапилди [22]:

NaNO <sub>3</sub> концентрацияси, %	15,2	21,6	40,0
Зичлик, кг/м <sup>3</sup>	1098	1156	1317

Грубалардаги эритмаларнинг оптимал сатҳда қайнашини ҳисоблаймиз:

1 - корпусда

$$H_{1,н} = [0,026 + 0,0014 \cdot (\rho_{сп} - \rho_{инт})] \cdot H_{сп} =$$

$$= [0,26 + 0,0014 \cdot (1098 - 1000)] \cdot 4 = 1,589 \text{ м}$$

$$\rho_{сп} = \rho + 0,5 \cdot \rho_{сп} \cdot g \cdot H_{инт} = 274 + \frac{0,5 \cdot 1098 \cdot 9,8 \cdot 1,589}{9 \cdot 10^4} =$$

$$= 2,827 \text{ кгк/см}^2$$

$$\rho_1 = 2,14 \text{ кгк/см}^2 \text{ да } t_{инт} = 129,4^\circ C$$

$$\rho_{сп} = 2,827 \text{ кгк/см}^2 \text{ да } t_{инт} = 130,6^\circ C$$

$$t_{депр} = 130,6 - 129,4 = 1,2^\circ C$$

2 - корпусда

$$H_{\text{инт}} = [0,026 + 0,0014 \cdot (1156 - 1000)] \cdot 4 = 1,91 \text{ м}$$

$$p_{\text{гп}} = 1,47 + \frac{0,5 \cdot 1156 \cdot 9,8 \cdot 1,91}{9 \cdot 10^4} = 1,580 \text{ кгк/см}^2$$

$$p_1 = 1,47 \text{ кгк/см}^2 \text{ да } t_{\text{инт}} = 59,7^\circ \text{C}$$

$$p_{\text{гп}} = 1,580 \text{ кгк/см}^2 \text{ да } t_{\text{инт}} = 112,3^\circ \text{C}$$

$$\Delta t_{\text{эф}} = 112,3 - 110,1 = 2,2^\circ \text{C}$$

3 - корпусда

$$H_{\text{инт}} = [0,026 + 0,0014 \cdot (1317 - 1000)] \cdot 4 = 2,81 \text{ м}$$

$$p_{\text{гп}} = 0,20 + \frac{0,5 \cdot 1317 \cdot 9,8 \cdot 2,81}{9 \cdot 10^4} = 0,385 \text{ кгк/см}^2$$

$$p_1 = 0,20 \text{ кгк/см}^2 \text{ да } t_{\text{инт}} = 59,7^\circ \text{C}$$

$$p_{\text{гп}} = 0,385 \text{ кгк/см}^2 \text{ да } t_{\text{инт}} = 74,4^\circ \text{C}$$

$$\Delta t_{\text{эф}} = 74,4 - 59,7 = 14,7^\circ \text{C}$$

---

$$\text{Жами: } \sum \Delta t_{\text{эф}} = 1,2 + 2,2 + 14,7 = 18,1^\circ \text{C}$$

в) Гидравл. қаршилик депрессияси

Ҳар бир корпус оралигида температуралар пасайишини 1К деб қабул қиламиз. Оралиқлар ҳаммаси булиб 3 (1-2, 2-3, 3-конденсатор). Демак,

$$\Delta t_{\text{гк}} = 1 \cdot 3 = 3 \text{ К}$$

Бутун қурилма учун температуралар йўқотилишининг йиғиндисы:

$$\sum \Delta t_{\text{гк}} = 1 + 18,1 + 3 = 33,1 \text{ К}$$

6 Температураларнинг фойдати фарқи.  
Температураларнинг умумий фарқи:

$$143 - 59,7 = 83,3^\circ \text{C}$$

Демак, температураларнинг фойдали фарқи

$$t_{\text{фойд}} = 83,3 - 33,6 = 50,2^{\circ}\text{C}$$

7. Корпусларда қайнаш температураларини аниқлаймиз

3 - корпусда

$$t_3 = 59,7 + 1 + 7 + 14,69 = 82,4^{\circ}\text{C}$$

2 - корпусда

$$t_2 = 110,1 + 1 + 3 + 2,2 = 116,3^{\circ}\text{C}$$

1 - корпусда

$$t_1 = 129,4 + 1 + 2 + 1,2 = 133,6^{\circ}\text{C}$$

8. Ҳар бир корпус учун иссиқлик ўтказиш коэффициентини аниқлайми

Қурилмадаги эритмаларнинг қайнаш температураси ва концентрацияси ҳақда қараб махсус адабиётлардан эритманинг физик хоссалари (зичлик, қовушоқлик, иссиқлик ўтказувчанлик, иссиқлик сизими ва шу кабилар) аниқланади. Иситиш трубаларининг турига қараб қабул қилинади. Сўнгра, конденсацияланаётган буг ва қайнаётган эритма учун тегишли критериял тенгламалар ёрдамида иссиқлик бериш коэффициентиларидан иссиқлик ўтказиш коэффициенти топилади.

Ҳисоблаш пайтида трубаларда қайнаш натижасида ҳосил бўлган қоплама қалинлигини ( $\delta = 0,5$  мм) инобатга олиш керак.

Дастлабки ҳисоблар осода қуйидаги қийматларни қабул қиламиз.

$$1 - \text{корпус учун} \quad K_1 = 1700 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$$

$$2 - \text{корпус учун} \quad K_2 = 990 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$$

$$3 - \text{корпус учун} \quad K_3 = 600 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$$

Тузнинг сувли эритмаларини бўғлатиш жараёнида корпуслар бўйича иссиқлик ўтказиш коэффициентларининг тахминий нисбати қуйидагича:

$$K_1 : K_2 : K_3 = 1 : 0,58 : 0,34$$

9. Корпуслар бўйича иссиқлик балансларини тузимиз.

Тахминий ҳисобларни соддалаштириш мақсадида иссиқлик балансларини иссиқлик йўқотилишини ҳисобга олмаган ҳолда тузамиз ва бир корпусдан иккинчисига эритма ўртача қайнаш температурасида ўтади деб қабул қиламиз.

Шартга биноан 1 - корпусга буғлатиш учун эритмани қайнаш температурасигача қиздирилган ҳолда улатилади.

1 - корпусда иссиқлик сарфини:  $Q_1$  миқдори,

$$Q_1 = W_1 \cdot r_1 = 0,295 \cdot 2179 \cdot 10^3 = 643000 \text{ Вт}$$

2 - корпусга эритма ўта қиздирилган ҳолда берилади ва ўрта иссиқлик сарфининг миқдори:

$$Q_2 = W_2 \cdot r_2 - G_1 \cdot c_1 \cdot (t_1 - t_2) =$$

$$0,324 \cdot 2234 \cdot 10^3 - 1,09 \cdot 4190 \cdot 0,848 \cdot (133,6 - 116,3) = 657000 \text{ Вт}$$

1- корпусдан чиқаётган иккиламчи буғ берадиган иссиқлик миқдори  $W_1 \cdot r_1 = 643000$  Вт. Иссиқлик кириши ва сарф бўлишнинг фарқи 1%.

3 - корпусдаги иссиқлик миқдорининг сарфи

$$Q_3 = W_3 \cdot r_3 - G_3 \cdot c_3 \cdot (t_2 - t_3) =$$

$$0,351 \cdot 2357 \cdot 10^3 - 0,77 \cdot 4190 \cdot 0,784 \cdot (116,3 - 82,7) = 743000 \text{ Вт}$$

10. 1 - корпусда иситувчи буғ сарфи

$$G_{\text{ис}} = \frac{643000}{2141 \cdot 10^3} = 0,3 \text{ кг/с}$$

Бугнийннг солиштирча сарфи:

$$d = \frac{G_{\text{ис}}}{W} = \frac{0,3}{0,97} = 0,31 \text{ кг/с}$$

11. Фойдали температурала: фарқининг корпуслар бўйича тақсимланиши. Бу 2 усул ёрдамида қилиш мумкин: ҳамма турлиларнинг иситиш юзаси бир хил бўлган шароитда ва умумий иситиш юзаси энг кам бўлган шароитларда, топиш мумкин,

## МИСОЛЧАРНИ ИШЛАШ ЧАМУНАСИ

Бошланғич натрий гидрооксид эри масининг 1 литрида 79 г сув бор. Буғлатилган эритманинг 30 С даги zichлиги  $1,555 \text{ г/см}^3$  тенг, концентрацияси эса 840 г/л, 1 т бошланғич эритма учун буғлатилган сув миқдорини аниқланг

**Е ч и щ:**

бошланғич эритмада эриган модданинг масс вий у.уши куйдагича топилади:

$$x_{\text{б.и}} = \frac{79}{1000 + 79} = 0,0733$$

охирги эритмадаги эса,

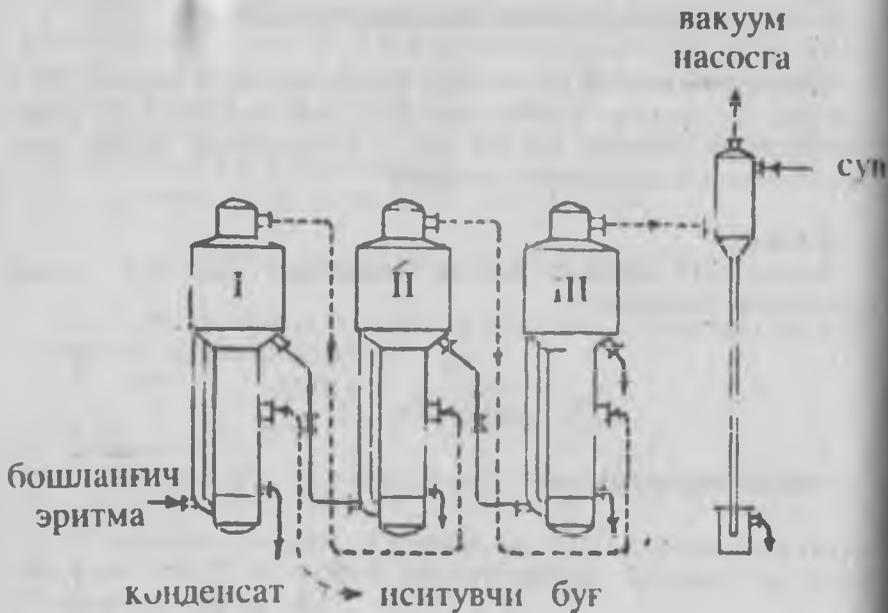
$$x_{\text{а.к}} = \frac{840}{1555} = 0,54$$

1 т бошланғич эритмадан буғлатилган сув миқдори ушбу формулаларан ҳисобланади:

$$W = G_{\text{б.и}} \cdot \left(1 - \frac{x_{\text{б.и}}}{x_{\text{а.к}}}\right) = 1000 \cdot \left(1 - \frac{0,0733}{0,54}\right) = 865 \text{ кг}$$

## УЧ КОРПУСЛИ БУҒЛАТИШ ҚУРИЛМАСИНИ ҲИСОБЛАШ НАМУНАСИ.

$\text{NaNO}_3$  нинг 12% ли сувли эритмасини 5 - соат сарфда концентрациялаш учун уч корпусли табиий циркуляция қурилмаси ҳисоблаб чиқилсин (расм.5.1). Эритманинг охириги концентрацияси 40% (масс.). Буғлатиш қурилмасида қайнаш температураси иситилган эритма буғлатиш учун элатилади. Тўйинган иситувчи сув буғининг абсолют босими  $4 \text{ кг/см}^2$ . Иситувчи трубалар узунлиги 4 м. Барометрик конденсатордаги вакуум  $0,8 \text{ кг/см}^2$  га тенгдир.



5.1 рasm. Уч корпусли буғлатиш қурилмасининг схемаси

**Е ч и ш :**

1) Учала қурилмаларла буғланаётган эритувчининг умумий миқдори:

$$W = G \cdot \left( 1 - \frac{X_{\text{исит}}}{X_{\text{ок}}} \right) = \frac{5000}{3600} \cdot \left( 1 - \frac{12}{40} \right) = 3500 \frac{\text{кг}}{\text{ч}} = 0,97 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

2) Ҳар бир корпусга ҷокламини тақсимлаш.

Назарий таҳлил ва саноатдаги кўп йиллик натижалар асосида, ҳар бир корпусдаги иккиламчи буғнинг миқдорини аниқлаймиз.

$$W_1 : W_2 : W_3 = 1,0 : 1,1 : 1,2$$

Ҳар бир корпусда ҳосил бўлган иккиламчи буғ миқдорини топишимиз:

$$1\text{-корпусда} \quad W_1 = \frac{3500 \cdot 1,1}{3600 \cdot (1+1,1+1,2)} = 0,295 \text{ кг/с}$$

$$2\text{-корпусда} \quad W_2 = \frac{3500 \cdot 1,1}{3600 \cdot (1+1,1+1,2)} = 0,324 \text{ кг/с}$$

$$3\text{-корпусда} \quad W_3 = \frac{3500 \cdot 1,2}{3600 \cdot (1+1,1+1,2)} = 0,351 \text{ кг/с}$$

---

Жами:  $W = 0,97 \text{ кг/с}$

3) Корпуслар бўйича эритманинг концен. рациясини ҳисоблаш эритманинг бошланғич концентрацияси  $x_{\text{бош}}$ . Биринчи корпусдан иккинчисига кираётган эритманинг миқдори:

$$G_1 = G_{\text{бош}} - W_1 = \frac{5000}{2000} - 0,295 = 1,09 \text{ кг/с}$$

концентрацияси эса,

$$x_1 = \frac{G_{\text{бош}} \cdot x_{\text{бош}} - x_{\text{бош}} \cdot W_1}{G_{\text{бош}} - W_1} = \frac{1,39 \cdot 12}{1,39 - 0,295} = 15,2\%$$

Иккинчи корпусдан учинчисига кираётган эритма миқдори:

$$G_2 = G_{\text{бош}} - W_1 - W_2 = 1,39 - 0,295 - 0,324 = 0,77 \text{ кг/с}$$

концентрацияси эса,

$$x_1 = \frac{G_{\text{бош}} \cdot x_{\text{бош}} - x_{\text{бош}} \cdot (W_1 + W_2)}{G_{\text{бош}} - (W_1 + W_2)} = \frac{1,39 \cdot 12}{1,39 - 0,295} = 15,2\%$$

Учинчи корпусдан чиқаётган эритма миқдори,

$$G_2 = G_{\text{с.м}} - W_1 - W_2 = 1,39 - 0,295 - 0,324 = 0,77 \text{ кг/с}$$

концентрацияси эса

$$x_2 = \frac{1,39 \cdot 12}{0,77} = 21,6\%$$

4) Корпуслар бўйича иситувчи буғ босимининг тақсимланиши. Биринчи корпус ва барометрик конденсаторлардаги иситувчи буғ босимларининг фарқи.

$$\Delta p = 4,0 - 0,2 = 3,8 \text{ кгк/см}^2$$

Дастлаб, ушбу босимлар фарқини корпуслар ўртасида баробар тақсимлаймиз, яъни

$$\Delta p = \frac{3,8}{3} = 1,27 \text{ кгк/см}^2$$

Бунда, корпуслардаги абсолют босим қуйидагича бўлади:

3-корпусда  $p_3 = 0,2 \text{ кгк/см}^2$  (барилган)  
 2-корпусда  $p_2 = 0,2 + 1,27 = 1,47 \text{ кгк/см}^2$   
 1-корпусда  $p_1 = 1,47 + 1,27 = 2,74 \text{ кгк/см}^2$

Иситувчи буғ босими:

$$p = 2,74 + 1,27 = 4 \text{ кгк/см}^2$$

Жадваллардан, корпусларда қабул қилинган босимлар учун сувнинг тўйинган буғи температуралари ва солиштирма буғ ҳосил қилиш иссиқликларини топаёمиз.

Корпуслар	Тўйинган буғ температураси °С	Солиштирма буғ ҳосил қилиш иссиқлиги.
1-корпусда	129,4	2179
2-корпусда	110,1	2234
3-корпусда	59,7	2357
Иситувчи буғ	148	2241

Ушбу температура тар, корпуслар буйича иккиламчи буглар конденсацияланиш температуралари булади.

5. Кор услар буйича температуранинг пасайишини ҳисоблаш

а) температур депрессиясидан.

36-жадвалдан атмосфера босимида эритмаларни қайнаш температураси топилади.

Корпуслар	NaNO <sub>3</sub> Концентрацияси	Қайнаш температураси, °C	Депрессия, °C ёки К
1-корпусда	15,2	102	2,0
2-корпусда	21,6	103	3,0
3-корпусда	40,0	107	7,0

1-корпус буйича депрессия

$$\Delta t_{\text{депр}} = 2 + 3 + 7 = 12^{\circ}\text{C}$$

б) Гидростатик эффект депрессияси

20°C температурада NaNO<sub>3</sub> эритманинг зичлиги таълиқланган [22]:

NaNO <sub>3</sub> концентрацияси, %	15,2	21,6	40,0
Зичлик, кг/м <sup>3</sup>	1098	1156	1317

Грубалардаги эритмаларнинг оптимал сатҳда қайнашини ҳисоблаймиз:

1 - корпусда

$$H_{\text{гидр}} = [0,026 + 0,0014 \cdot (\rho_{\text{ж}} - \rho_{\text{газ}})] \cdot H_{\text{эрт}} =$$

$$= [0,26 + 0,0014 \cdot (1098 - 1000)] \cdot 4 = 1,589 \text{ м}$$

$$\rho_{\text{жр}} = \rho + 0,5 \cdot \rho_{\text{ж}} \cdot g \cdot H_{\text{гидр}} = 274 + \frac{0,5 \cdot 1098 \cdot 9,8 \cdot 1,589}{9 \cdot 10^4} =$$

$$= 2,827 \text{ кгк/см}^2$$

$$\rho_1 = 2,14 \text{ кгк/см}^2 \text{ да } t_{\text{ж}} = 129,4^{\circ}\text{C}$$

$$\rho_{\text{жр}} = 2,827 \text{ кгк/см}^2 \text{ да } t_{\text{ж}} = 130,6^{\circ}\text{C}$$

$$i_{\text{гидр}} = 130,6 - 129,4 = 1,2^{\circ}\text{C}$$

2 - корпусда

$$H_{\text{итт}} = [0,026 + 0,0014 \cdot (1156 - 1000)] \cdot 4 = 1,91 \text{ м}$$

$$p_{\text{ур}} = 1,47 + \frac{0,5 \cdot 1156 \cdot 9,8 \cdot 1,91}{9 \cdot 10^4} = 1,580 \text{ кгк / см}^2$$

$$p_1 = 1,47 \text{ кгк / см}^2 \text{ ош } t_{\text{итт}} = 59,7^\circ \text{C}$$

$$p_{\text{ур}} = 1,580 \text{ кгк / см}^2 \text{ да } t_{\text{итт}} = 112,3^\circ \text{C}$$

$$\Delta t_{\text{эф}} = 112,3 - 110,1 = 2,2^\circ \text{C}$$

3 - корпусла

$$H_{\text{итт}} = [0,026 + 0,0014 \cdot (1317 - 1000)] \cdot 4 = 2,81 \text{ м}$$

$$p_{\text{ур}} = 0,20 + \frac{0,5 \cdot 1317 \cdot 9,8 \cdot 2,81}{9 \cdot 10^4} = 0,385 \text{ кгк / см}^2$$

$$p_1 = 0,20 \text{ кгк / см}^2 \text{ да } t_{\text{итт}} = 59,7^\circ \text{C}$$

$$p_{\text{ур}} = 0,385 \text{ кгк / см}^2 \text{ да } t_{\text{итт}} = 74,4^\circ \text{C}$$

$$\Delta t_{\text{эф}} = 74,4 - 59,7 = 14,7^\circ \text{C}$$

---

$$\text{Жами: } \sum \Delta t_{\text{эф}} = 1,2 + 2,2 + 14,7 = 18,1^\circ \text{C}$$

в) Гидравл. қаршилик депрессияси

Ҳар бир корпус оралиғида температуралар пасайишини 1К деб қабул қиламиз. Оралиқлар ҳаммаси булиб 3 (1-2, 2-3, 3-конт. конденсатор). Демак,

$$\Delta t_{\text{гк}} = 1 \cdot 3 = 3 \text{ К}$$

Бутун қурилма учун температуралар йукотилишининг индигиндиси:

$$\sum \Delta t_{\text{бул}} = 1 + 18,1 + 3 = 33,1 \text{ К}$$

6 Температураларнинг фойда ти фарқи.  
Температураларнинг умумий фарқи:

$$143 - 59,7 = 83,3^\circ \text{C}$$

Демак, температураларнинг фойдали фарқи

$$\Delta t_{\text{фойд}} = 83,3 - 33,69 = 50,2^{\circ}\text{C}$$

7 Корпусларда қайнаш температураларини аниқлаймиз

3 - корпусда

$$t_3 = 59,7 + 1 + 7 + 14,69 = 82,4^{\circ}\text{C}$$

2 - корпусда

$$t_2 = 110,1 + 1 + 3 + 2,2 = 116,3^{\circ}\text{C}$$

1 - корпусда

$$t_1 = 129,4 + 1 + 2 + 1,2 = 133,6^{\circ}\text{C}$$

8. Ҳар бир корпус учун иссиқлик ўтказиш коэффициентини аниқлайми

Қурилмадаги эритмаларнинг қайнаш температураси ва концентрацияси: қараб махсус адабиётлардан эритманинг физик хоссалари (зичлик, қовушқоқлик, иссиқлик ўтказувчанлик, иссиқлик ситими ва шу кабилар) аниқланади. Исентиш трубаларининг турига қараб қабул қилинади. Сўнгра, конденсациялашаётган буг ва қайнаётган эритма учун тегишли критериял тенгламалар ердамида иссиқлик бериш коэффициенти бўлидан иссиқлик ўтказиш коэффициенти топилади.

Ҳисоблаш пайтида трубаларда қайнаш натижасида ҳосил бўлган қоплама қалинлигини ( $\delta = 0,5$  мм) инобатга олиш керак.

Дастлабки ҳисоблар: осида қуйидаги қийматларни қабул қиламиз.

$$1 - \text{корпус учун} \quad K_1 = 1700 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$$

$$2 - \text{корпус учун} \quad K_2 = 990 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$$

$$3 - \text{корпус учун} \quad K_3 = 620 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$$

Тузнинг сувли эритмаларини буғлатиш жараёнида корпуслар буйича иссиқлик ўтказиш коэффициентларининг тахминий нисбати қуйидагича:

$$K_1 : K_2 : K_3 = 1 : 0,58 : 0,34$$

9 Корпуслар буйича иссиқлик балансларини тузамиз.

Тахминий ҳисобларни соддалаштириш мақсадида иссиқлик баланси янни иссиқлик йўқотилишини ҳисобга олмаган ҳолда тузамиз ва бир корпусдан иккинчисига эритма ўртача қайнаш температурасида ўтади деб қабул қиламиз.

Шартга биноан 1 - корпусга буғлатиш учун эритмани қайнаш температурасигача қиздирилган ҳолда ўлатилади.

1 - корпусда иссиқлик сарфининг миқдори,

$$Q_1 = W_1 \cdot r_1 = 0,295 \cdot 2179 \cdot 10^3 = 643000 \text{ Вт}$$

2 - корпусга эритма ўта қиздирилган ҳолда берилади ва унда иссиқлик сарфининг миқдори:

$$Q_2 = W_2 \cdot r_2 - G_1 \cdot c_1 \cdot (t_1 - t_2) =$$

$$0,324 \cdot 2234 \cdot 10^3 - 1,09 \cdot 4190 \cdot 0,848 \cdot (133,6 - 116,3) = 657000 \text{ Вт}$$

1- корпусдан чиқаётган иккиламчи буғ берадиган иссиқлик миқдори  $W_1 \cdot r_1 = 643000$  Вт. Иссиқлик кириши ва сарф бўлишнинг фарқи 1%.

3 - корпусдаги иссиқлик миқдорининг сарфи

$$Q_3 = W_3 \cdot r_3 - G_3 \cdot c_3 \cdot (t_2 - t_3) =$$

$$0,351 \cdot 2357 \cdot 10^3 - 0,77 \cdot 4190 \cdot 0,784 \cdot (116,3 - 82,7) = 743000 \text{ Вт}$$

10. 1 - корпусда иситувчи буғ сарфи

$$G_{\text{буғ}} = \frac{643000}{2141 \cdot 10^3} = 0,3 \text{ кг/с}$$

Буғнинг солиштирма сарфи:

$$d = \frac{G_{\text{буғ}}}{W} = \frac{0,3}{0,97} = 0,31 \text{ кг/с}$$

11. Фойдали температуралар фарқининг корпуслар бўйича тақсимланиши. Бу 2 усул ёрдамида қилиш мумкин: ҳамма қуричмаларнинг иситиш юзаси бир хил бўлган шароитда ва умумий иситиш юзаси энг кам бўлган шароитларда топиш мумкин.

Қағаз  $Q/K$  га ва  $\sqrt{Q/K}$  га пропорционаллик шартидан.

Пропорционаллик факторларини топамиз:

Нисбат	$\frac{Q}{K}$	$\sqrt{\frac{Q}{K}} \cdot 10^3$
1 – корпус	$\frac{643000}{17000} = 378$	615
2 – корпус	$\frac{657000}{990} = 664$	815
3 – корпус	$\frac{743000}{580} = 1280$	1131

$$\sum \frac{Q}{K} = 2322$$

$$\sum \sqrt{\frac{Q}{K}} \cdot 10^3 = 2561$$

Фойдали температуралар фарқи корпуслар бўйича қунидагича шиклланади: ( )

корпусларнинг иситиш юзаси бир хил вариант

умумий иситиш юзаси энг кам вариант

$$\Delta t_1 = \frac{\frac{Q_1}{K_1} \cdot \Delta t}{\sum \frac{Q}{K}} = \frac{50,21 \cdot 378}{2322} = 8,174; \Delta t_1 = \frac{\sum \sqrt{\frac{Q}{K}} \cdot \Delta t}{\sum \sqrt{\frac{Q}{K}}} = \frac{50,21 \cdot 615}{2561} = 12,057$$

$$\Delta t_2 = \frac{50,21 \cdot 664}{2322} = 14,358;$$

$$\Delta t_2 = \frac{50,21 \cdot 815}{2561} = 15,978;$$

$$\Delta t_3 = \frac{50,21 \cdot 1280}{2322} = 27,682$$

$$\Delta t_3 = \frac{50,21 \cdot 1131}{2561} = 22,174;$$

## 12. Ҳар бир корпуснинг иситувчи юзаси топлади

корпусларнинг иситиш юзаси бир хил вариант

умумий иситиш юзаси энг кам вариант

$$F_1 = \frac{Q_1}{K_1 \cdot \Delta t_1} = \frac{643000}{1700 \cdot 8,174} = 46,27; \quad F_2 = \frac{Q_2}{K_2 \cdot \Delta t_2} = \frac{643000}{1700 \cdot 12,757} = 31,27$$

$$F_3 = \frac{657000}{990 \cdot 14,358} = 46,27; \quad F_4 = \frac{557000}{990 \cdot 15,978} = 41,58$$

$$F_5 = \frac{743000}{580 \cdot 27,682} = 46,28; \quad F_6 = \frac{743000}{990 \cdot 27,682} = 57,77;$$

$$\sum F = 138,8 \text{ м}^2 \quad \sum F = 138,8 \text{ м}^2$$

Демак, корпусларнинг бир хил иссиқлик алмашиши юзалари бўлганда, умумий иситиш юзаси атиги 6% га кўпдир. Шунинг учун, корпусларнинг иситиш юзаси бир хил вариант кўрилади, чунки бу вариант қурилмаларнинг бир хиллигини таъминлайди.

Корпуслар буйича босим ва иккиламчи буг температурасини текширишимиз.

Корпус	Қайнаш температураси $\Delta t_{\text{сис}} = t_{\text{сис}} - \Delta t_{\text{фой}}$	Иккиламчи буг конденсатининг температураси, °С $t_{\text{с}} = t_{\text{кай}} - \sum \Delta t_{\text{шк}}$	Босим, $P_{\text{абс}}$ к.к/см <sup>2</sup>
1	143,0 - 10,1 = 132,9	132,9 - 3,7 = 129,3	2,7
2	129,3 - 17,6 = 111,7	111,7 - 4,96 = 106,7	1,31
3	106,7 - 33,4 = 73,3	73,3 - 13,32 = 60,0	0,2

Шундан сўнгра, атроф муҳитга иссиқлик йўқотилишини ва температурани, босимларнинг корпуслар буйича тақсимланишини бир муночи ўзгарганини ҳисобга олиб, корпусларнинг иситиш юзаси топиладиган тўфайли қурилманинг аниқ ҳисоби ўтказилади.

## КОНТРОЛ МАСАЛЛАЛАР

5.1. Атмосфера босими остида ва сийраклаштирилган ҳолатида, яъни  $P_{\text{абс}} = 0,8 \text{ кг/см}^2$  бўлганда сувни буғлатиш учун қуруқ тўйинган сув буғининг солиштирма сарфи ҳисоблансин. Сув буғининг иккала ҳолатдаги абсолют босими  $P_{\text{абс}} = 2 \text{ кг/см}^2$  Сувни буғлатиш учун 2 хил ҳолатда: а) температураси 15°C да; б) қайнаш ҳолатига борганда ҳисоблансин.

5.2. Буғлатиш қурилма унумдорлиги дастлабки ҳолатдаги эритма буйича 2650 кг/соат бўлиб, эритма концентрацияси 1 литр сувда 50 г тузни ташкил қилади. Буғлатилгандан сўнгра, эритманинг концентрацияси 1 литр эритмада 295 г тузни ташкил қилади. Буғлатилган эритманинг зичлиги 1189 кг/м<sup>3</sup> ни ташкил этди. Қурилманинг буғлатилган эритма буйича унумдорлиги топиладиган.

5.3. 1500 кг зорли калий эритмасининг қуюқлигини 8% дан 30% (массавий) гача ўзгартирилса қанча сув буғлатилади?

5.4. 1 м<sup>3</sup> сульфат кислота зичлиги 1560 кг/м<sup>3</sup> дан {65% (массавий)} 1840 кг/м<sup>3</sup> зичликгача {98,7% (массавий)} бориши учун қанча сув буғлатилиши керак? Қуюқлаштирилган кислота қандай ҳажмни эгаллайдиган?

5.5. Охириги қуюқлиги 32% (массавий) бўлган атмосфера босими остида буғлатилаётган бошланғич қуюқлиги 9% бўлган эритма 1,4 т/соат сарф билан қурилмага келиб тушмоқда. Суюлтирилган эритма 18°C температура билан буғлатишга киритилмоқда. Буғлатилгандан сўнгра, эритма 105°C температура билан қурилмадан чиқмоқда. Суюлтирилган эритманинг солиштирма иссиқлик сисими 380 Ж/(кг·К). Ортиқча босими  $P_{\text{абс}} = 2 \text{ кг/см}^2$  га тенг бўлган иситувчи сувнинг сарфи 1450 кг/соат бўлиб, унинг зичлиги 4,5% ни ташкил этади. Атроф муҳитга йўқотиладиган иссиқлик миқдори топиладиган.

5.6. Тарк бида 2 л сув, 8 кг муз ва 5 кг ош тузидан ҳосил бўлган совутовчи аралашмани солиштирма иссиқлик сисими аниқлансин.

5.7. Эритма таркибида 0,7 м<sup>3</sup> 100% - ли сульфат кислота, 400 кг мис купороси ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) ва 1,4 м<sup>3</sup> сув бор. а) Эритманинг иссиқлик сисими; б) Эритмани 12°C дан 58°C гача иситиш учун керак бўладиган абсолют босими 2 кг/см<sup>2</sup> бўлган тўйинган қуруқ

сув буғининг (сарф) миқдорини аниқланг. Эр тмани иситиш ла-  
домида қурилманинг ташқи муҳитга йўқотган иссиқлик миқдори  
25100 Дж ни ташкил этади. Сульфат кислота ва мис купороси-  
нинг солиштирма иссиқлик сифимини (5.12) формула ёрдами да  
аниқланг.

5.8. 1% ли сувли эритма атмосфера босимида 2,69 т/соат сарф  
билан буғлатиш қурилмасида буғлатилмоқда. Эритманинг бош-  
ланғич температураси 95°C охириги 103°C да. Қурилмадаги  
ўртача қайнаш температура 105°C. Иситувчи тўйинган буғининг  
ортиқча босими 2 кг/см<sup>2</sup>. Қурилманинг иссиқлик алмашиниш  
юзаси 52 м<sup>2</sup>, иссиқлик ўтказиш коэффициентини 10% Рт/(м<sup>2</sup> К),  
Атроф муҳитга йўқотилаётган иссиқлик миқдори 110000 Вт га  
тенг.

а) Эритманинг охириги қуюқчилигини (контцентрациясини)

б) Намлиги 5% бўлган иситувчи буғининг сарфини аниқланг.

5.9. Атмосфера босими остида 255°C температурда бўлаётган дифе-  
нил (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub> қайнамоқда. Суюқ дифенилнинг солиштирма  
буғлатиш иссиқлиги ва солиштирма сифимини ҳисоблаб топинг.

5.10. Атмосфера босимида ишлайдиган иссиқлик алмашиниш  
юзаси 30 м<sup>2</sup> бўлган буғлатиш қурилмасида ҳалли калий эритмаси  
9,5% дан 26,6% гача узлуксиз равишда қуюқлаштирилмоқда.  
Эритманинг бошланғич температураси 18°C тўйинган иситувчи  
сув буғининг ортиқча босими 2 кг/см<sup>2</sup>. Қурилманинг дастлабки  
иш уюмдорлиги (сарфи суюқ эритма бўйича) 900 кг/соат, лекин  
маълум вақтдан сўнг, кўрсаткич деворлар ифлосланиши туфайли  
560 кг/соат гача пасайди. Атроф муҳитга йўқотиладиган иссиқлик  
миқдорини ҳисобга олмаган ҳолда ҳосил бўлган қоплама (накипь)  
қатламнинг қалинлигини аниқланг. Қопламанинг  $\lambda = 1,4$   
Вт/(м<sup>2</sup> К) га тенг.

Гидростатик эффектни ҳисобга олманг.

5.11. Қонце..гр цияси 15 дан 70% гача ортиши учун 1000 кг  
қанд эритмасининг қанча сугини буғлатиш керак?

5.12. 15% ли қанд эритмасининг солиштирма иссиқлик  
сифимини ҳисобланг.

5.13. 70% ли қанд эритмасининг солиштирма иссиқлик  
сифимини топинг.

5.14. Қанд эритмаси  $x_{\text{бош}} = 15\%$  (қуруқ модда ҳисобида) дан  
 $x_{\text{ох}} = 65\%$  гача атмосфера босимида буғлатиш қурилмасида  
қуюқлаштирилмоқда.

Қурилманинг иситиш юзаси  $F = 65$  м<sup>2</sup>, қайнатиш трубагининг

узулиги 3,5 м, иситиш ва буглатиш даврлари учун иссиқлик ўтказиш коэффициенти  $K = 1100 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . Иситувчи агент сифатида температураси  $140^\circ\text{С}$  бўлган туйинган сув буғи ишлатилмоқда.

Буглатиш қурилмасига эритма

а)  $t_0 = 20^\circ\text{С}$ ;

б)  $t_0 = t_{\text{нр}}$ ;

в) қайнаш температураси  $20^\circ\text{С}$  дан ўп бўлган уч вариантга қаратаётган бўлса, бошланғич эритма ҳисобида қурилманинг иш унумдорлиги ҳисоблансин.

5.15. Бошланғич эритма ҳисобида 2650 кг/соат миқдоридagi иш унумдорликка эга буглатиш қурилмасида ёғсинлантирилган сув буглатилмоқда. Бошланғич маҳсулот концентрацияси 5% (қуққ модд ҳисобида) - мултирилганиники эса - 20% (қуққ модд ҳисобида, %М).

Тайёр маҳсулот бўйича қурилманинг иш унумдорлиги ҳисоблансин.

5.16. Температураси  $15^\circ\text{С}$  ва бошланғич концентрацияси 7% (КМ) бўлган 2,59 т/соат шарт шарбати атмосфера босимида буглатиш қурилмасида қуюқлаштирилмоқда. Шарбатнинг қайнаш температураси  $103^\circ\text{С}$ , иситувчи буғ босими  $p_{\text{абс}} = 295 \text{ кПа}$ , қурилманинг иссиқлик алмашини ш юзаси  $50 \text{ м}^2$ , иссиқлик ўтказиш коэффициенти  $374,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$  Атроф муҳитга иссиқликнинг йўқотилиши 12,2 кВт.

Эритманинг охириги концентрациясини топинг.

5.17. Қанд эритмаси 15 дан 65% (КМ) қуюқлаштириш учун, циркуляцион кўп корпусли буглатиш қурилмасида неча доғи корпус бўлиши керак.

Биринчи корпусда иситувчи буғ босим  $p_{\text{абс}} = 323 \text{ кПа}$ , конденсатордаги қолдик босим  $19,6 \text{ кПа}$ . Хамма корпуслардаги температуралар йўқотилишининг йиғиндиси  $\sum \Delta t_{\text{б,к}} = 41^\circ\text{С}$  деб қабул қилинсин. Ҳар бир корпусдаги р, ҳасат этилган температура фарқи  $8^\circ\text{С}$  дан юқори.

5.18. Бошланғич концентрация 10% (КМ) 100 кг/соат сарфда эритма 2-корпусли буглатиш қурилмасида қуюқлаштирилмоқда. 1-корпусда эритманинг охириги концентрацияси 15% (КМ). 2-корпусда эса - 30% (КМ) 1-корпусда қайнаш температураси  $100^\circ\text{С}$ , 2-да эса -  $95^\circ\text{С}$

2-корпусда буглатилган сув миқдори аниқлансин.

5.19. Бир нуналишли схема буйича ишловчи икки корпусли буғлатиш қурилмасига 1000 кг/соат миқдорда суюлтирилган глюкоза эритмаси берилмоқда. Эритманинг бошланғич концентрацияси 8% (КМ), охиригиси эса - 30% (КМ).

1-корпусда буғлатиш  $p=98,1$  кПа,  $t=105^{\circ}\text{C}$  да, 2-корпусда эса  $p=29,4$  кПа ва  $t=80^{\circ}\text{C}$  да олиб С/ри моқда.

1-корпусда 400 л/соат миқдорда иккиламчи буғ ҳосил бўлмоқда, шундан бир қисми четга (экстра буғ), бошқа зарурият учун олинмоқда.

Четга олинаётган экстра буғ миқдори аниқлансин.

5.20. Қанд шартли эритмаси 15 ва 65% (М) гача бир йулди уч корпусли буғлатиш қурилмасида буғлатилмоқда. Бошланғич эритма сарфи 5500 кг/соат ва у буғлатиш қурилмасига қайнаш температураси киритилмоқда. Иситувчи буғ босими (1-корпус)  $p_{\text{ис}}=343$  кПа, охири корпуслиги иккиламчи буғ босими  $p_{\text{ис}}=108$  кПа. Ҳамма корпусларнинг иссиқлик алмашиниш юзаси тенг бўлиши керак. Ушбу жараён учун табиий, ички циркуляцияли буғлатиш қурилмалари қўлланилсин.

### КОНТРОЛ ТОПШИРИҚ №12

Нарий гидроксидининг бошланғич эритмаси таркибида А миқдорда сув бор.  $30^{\circ}\text{C}$  температурада буғлатилган эритманинг ичлиги В Бу эритманинг В концентр. диясига ўғри келади. 1 те на бошланғич эритма ҳисобига буғлатилган сув миқдорини аниқланг.

Пара-метр	Улчов бирлиги	Шифрнинг охириги рақами буйича вариантлар								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
А	г/л	75	70	70	50	50	90	100	30	85
В	г/см <sup>3</sup>	1,55	1,40	1,50	1,60	1,35	1,70	2,05	1,30	1,65
Г	г/л	800	700	750	840	630	890	920	550	870

### МОҶДА АЛМАШИНИШ АСОСЛАРИ. АБСОРБЦИЯ

Ҳисоблаш формулалари ва асосий таълиқликлар

1 Суюқлик-газ (буғ) икки компонентли системаларнинг таркибини ёрда этиш усуллари 6-1 жадвалда келтирилган.

6-1 жадвал

№ т/б	Концентрация	4-компонент концен-трациясининг белгила-ниши	
		суюқ фазада	газ фазада
1	Моль улуши, кмоль А/кмоль (А + Б)	$x$	$y$
2	Массавий улуши, кг А/кг (А + Б)	$\bar{x}$	$\bar{y}$
3	Нисбий моль концентрация	$X$	$Y$
4	улуши, кмоль А/кмоль Б	$\lambda$	$\bar{\lambda}$
5	Нисбий массавий концентрация улуши, кг А/ г Б	$C_x$	$C_y$
6	Ҳажмий моль концентрация, кмоль А/м <sup>3</sup> (А + Б) Ҳажмий массавий концентрация, кг А/м <sup>3</sup> (А + Б)	$C_x$	$C_y$

2 Газ фазадаги компонент концентрацияси унинг парциал босими  $p_i$  қали ифодаланиши мумкин. Клапейрон ва Дальтон теңдемасига оинан идеал газ аралашмасининг исталган компонентни учун массавий (ҳажмий) улуши қуйидагича топилади:

$$y = \frac{p_i}{P} \quad (6.1)$$

бу ерда  $p_i$  - газ аралашмаси компонентининг парциал босими;

$P = p_A + p_B + p_C + \dots$  - газ еки буғлар аралашмасининг умумий босими бўлиб, ҳамма компонентларнинг умумий босими

Идеал эритмалар учун фазалараро мувозанат қонуни

а) Генри қонуни:

$$p^* = E \cdot x \quad (6.2)$$

$p^*$  - газ аралашма компонентининг парциал босими;  $x$  - суюқликдаги компонентининг моль улуши;  $E$  - Генри коэффициент, суюқлик ва газнинг температураси ва ҳоссаларига боғлиқ. Унинг сон қийматлари илованинг 74 - жадвалида келтирилган.

Агар (6.2) тенгламага (6.1) нинг  $p^* = y^* \Pi$  кўринишини қўйсак, қуйидаги тенгламанамиз:

$$y^* = m \cdot x \quad (6.3)$$

бу ерда  $y^*$  - суюқлик билан мувозанатдаги газ фазадаги компонентининг моль улуши  $m = E/\Pi$  - ўлчамсиз коэффициент,  $\tau = const$  ва  $\Pi = const$  бўлганда  $\tau$  - суюқлик системаси учун ўзгармасдир.

б) Рауль қонуни:

$$p^* = P \cdot x \quad (6.4)$$

бу ерда  $p^*$  - суюқлик устидаги мувозанат шароитидаги буғ-газ аралашмаси компонентининг парциал босими;  $P$  - тоза компонент тўйинган буғининг босими - температурага бевосита боғлиқдир;  $x$  - суюқликдаги компонентининг моль улуши.

Агарда,  $p^* = y^* \Pi$  ни (6.4) тенгламага қўйсак қуйидаги кўринишга эга буламиз:

$$y^* = \frac{P}{\Pi} \cdot x \quad (6.5)$$

бу ерда  $y^*$  - суюқлик билан мувозанатдаги буғ фазадаги компонентининг моль улуши.

6. Фазаларни ажратувчи юза бўйлаб ҳаракат қилганда, уларнинг концентрациялари ўзгаради. Натижада жароғининг ҳаракатини келтирувчи куч ҳам ўзгаради. Шу сабабли, модда утқазимчилик асосий тенгласига ўртача ҳаракатлантирувчи куч тушунчаси

$\Delta x_{ур}$  ва  $\Delta u_{ур}$  киритилади:

$$M = K_y \cdot F \Delta u_{ур}$$

$$M = K_x F \Delta x_{yp} \quad (6.6)$$

бу ерда  $M$  — тарқалган модда массаси, кг;  $F$  — фазаларни ажратувчи юзаси,  $m^2$ ;  $\Delta x_{yp}$  ёки  $\Delta y_{yp}$  — модда алмашининг жаратилишининг уртача ҳаракатлантирувчи кучи.

$$\Delta x_{yp} = \frac{\Delta x_{ku} - \Delta x_{ki}}{2,3 \cdot \lg \frac{\Delta x_{ku}}{\Delta x_{ki}}} \quad (6.7)$$

$$\Delta y_{yp} = \frac{\Delta y_{ku} - \Delta y_{ki}}{2,3 \cdot \lg \frac{\Delta y_{ku}}{\Delta y_{ki}}} \quad (6.8)$$

бу ерда  $\Delta x_{ku}$  — қурғи иманинг биринчи (ёки иккинчи) чеккасидаги концентрацияларнинг катта фарқи;  $\Delta y_{ku}$  — қурилманинг иккинчи (ёки биринчи) чеккасидаги концентрацияларнинг кичик фарқи.

Агарда,  $\Delta y_{ku} / \Delta y_{ki} < 2$  бўлса, техникавий ҳисоблар учун модда ўтказилишининг ҳаракатлантирувчи кучи ўртача арифметик қиймат орқали белгилади:

$$\Delta x_{yp} = \frac{\Delta x_{ku} + \Delta x_{ki}}{2} \quad (6.9)$$

$$\Delta y_{yp} = \frac{\Delta y_{ku} + \Delta y_{ki}}{2} \quad (6.10)$$

7. Модда ўтказиш ва бериш коэффициентлари ўртасидаги боғлиқликни аниқлаш учун фазаларни ажратиб турувчи юзада мувоzanат ҳолати ўрнагилган деб фараз қилинади. Бу ҳол фазаларни ажратувчи юзанин модданинг тегишига қаршиллик йўқлигини маънони билдиради. Нагижада фазавий қарши икларнинг муvобатлилик қои'аси келиб чиқади. Асосан  $K$  ва  $\beta$  ўртасида қуйидаги боғлиқликлар бор:

$$\frac{1}{K_y} = \frac{1}{\beta_y} + \frac{m}{\beta_x} \quad (6.11)$$

$$\frac{1}{K_x} = \frac{1}{\beta_x} + \frac{1}{\beta_y \cdot m} \quad (6.12)$$

бу ерда  $K_x$ ,  $K_y$  - газ ёки суюқлик концентрациялари орқали ифодаланган модда ўтказиш коэффициентлари;  $\beta_x$ ,  $\beta_y$  - модда бериш коэффициентлари.

Бу тенгламаларнинг чап томонлари модданинг бир фазадан иккинчи фазга ў.лиши учун умумий қаршилиқнинг ўнг томонлари эса фазаладаги модда бериш жараёнининг қаршилиқларининг қисқиндиси билдиради.

Агарда, асосий диффузия қаршилиги газ фазала, яъни

$$\frac{m}{\beta_x} \ll \frac{1}{\beta_y} \quad (6.13)$$

ё, лса,

$$K_y \approx \beta_y \quad \text{бўлади.} \quad (6.14)$$

Агарда, асосий диффузия қаршилиги суюқлик фазала, яъни

$$\frac{1}{\beta_y \cdot m} \ll \frac{1}{\beta_x} \quad (6.15)$$

ё, лса,

$$K_x \approx \beta_x \quad \text{бўлади.}$$

Олинган натижаларни ва (6.11) - (6.12) формулалар қатинса, қуйидаги қўйилишдаги тенглама келиб чиқади:

$$K_y = \frac{K_x}{m} \quad (6.17)$$

8. Тўрғун модда алмашиш жараёнларининг ўлчашлик диффузион критерийлари.

Нуссулт диффузия критерийси қуйилиши кўринишга эга:

$$Nu = \frac{\beta \cdot l}{D} \quad (6.18)$$

Шекле диффузия критерийси эса:

$$Pe' = \frac{w \cdot l}{D} \quad (6.19)$$

Прандтл диффузия критерийси эса:

$$Pr = \frac{Pe'}{Re'} = \frac{\nu}{D} = \frac{\mu}{\rho \cdot D} \quad (6.20)$$

бу ерда  $\nu$  - кинематик қовушқлик коэффициент, м<sup>2</sup>/с;  $D$  - молекуляр диффузия коэффициент, м<sup>2</sup>/с.

Агарда, бирор А газнинг В газда (ёки В газнинг А газдаги) молекуляр диффузия коэффициентларининг тажрибвий натижалари йўқ бўлса, унинг коэффициентини қуйидаги формула ёрдамида ҳисоблаш мумкин:

$$D = \frac{4,3 \cdot 10^{-7} \cdot T^{1,5}}{\rho \cdot (v_A^{0,33} + v_B^{0,33})^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B}} \quad (6.21)$$

бу ерда  $D_1$  - диффузия коэффициент, м<sup>2</sup>/с;  $T$  - температура, К;  $\rho$  - босим (абсолют), кгк/см<sup>2</sup>,  $M_A$ ,  $M_B$  - А ва В газларнинг моль массаси;  $v_A$ ,  $v_B$  - А ва В газларнинг моль қисқини.

Агар бирор  $T_1$  температура ва босим  $p_1$  да диффузия коэффициентини  $D_1$  маълум бўлса,  $T_2$  ва  $p_2$  даги диффузия коэффициентини  $D_2$  қуйидаги формула ёрдамида топилиши мумкин:

$$D_2 = D_1 \cdot \frac{p_1}{p_2} \cdot \left( \frac{T_2}{T_1} \right)^{1,5} \quad (6.22)$$

Температураси 20°C суюқликдаги диффузия коэффициентини ушбу формула орқали тахминини ҳисоблаш мумкин:

$$D_t = \frac{1 \cdot 10^{-9}}{A \cdot B \cdot \sqrt{\mu} \left( v_A^{0,33} + v_B^{0,33} \right)^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B}} \quad (6.25)$$

бу ерда  $\mu$  - динамик қовушоқлик коэффициентини.

Сувда эриган баъзи моддалар учун  $A$  коэффициентининг сон қийматлари:

Газлар учун	$A = 1,0$
Этил спирти учун	$A = 1,24$
Метил спирти учун	$A = 1,24$
Сирка кислотаси учун	$A = 1,27$

В коэффициентининг сон қийматлари:

Сув учун	$B = 4,7$
Этил спирти учун	$B = 2,0$
Метил спирти учун	$B = 2,0$
Ацетон учун	$B = 1,15$
Ассон: ацияланмаган суюқликлар учун	$B = 1,0$

Маълум бир  $t$  температурада суюқликда эриган газнинг диффузия коэффициентини  $D_{20}$  (20°C температурада) билан боғлиқлиги ушбу тахминини формула орқали ифодаланади:

$$D_t = D_{20} \cdot [1 + b \cdot (t - 20)] \quad (6.24)$$

бу ерда  $b$  - температура коэффициентини ва ушбу коэффициентини тенглама ёрдамида аниқланиши мумкин.

$$b = \frac{0,2 \cdot \sqrt{\mu}}{\sqrt{\mu}} \quad (6.25)$$

$\mu$  - 20°C температурада суюқликнинг динамик қовушоқлик

коэффициенты, мПа·с,

Сувда эриган айрим газларнинг диффузия коэффициентлари  
23 - жадвалда келтирилган.

## МЪСОЛЛАРНИ ИШЛАШ НАМУНАСИ

6-1. Суюق аралашма таркиби 58,1% (моль) толуол ва 41,2%  
(моль)  $CCl_4$  дан иборат. Тол, элнинг нисбий массавий концен-  
трацияси ва  $\bar{X}$   $\left( \frac{\text{кг толуол}}{\text{кг } CCl_4} \right)$  да, ва унинг ҳажмий массавий кон-  
центрацияси  $C_x$  ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ) аниқлансин.

Е ч и ш :

Толуолнинг нисбий массавий концентрацияси қуйидаги фор-  
муладан аниқланади:

$$\bar{X} = \frac{M_{\text{тол}} \cdot x}{M_{CCl_4} \cdot (1-x)}$$

бу ерда  $M_{\text{тол}} = 92$  кг/кмоль - толуолнинг моль массаси;  
 $M_{CCl_4} = 154$  кг/кмоль;  $x$  - толуолнинг моль улуши.

Сон қийматларни формулага қуйиб, қуйидаги натижани ола-  
миз:

$$\bar{X} = \frac{92 \cdot 0,588}{154 \cdot 0,412} = 0,853 \frac{\text{кг толуол}}{\text{кг } CCl_4}$$

Толуолнинг ҳажмий массавий концентрацияси  $C_x$  ни  
ҳисоблаш учун аралашманинг зичлиги  $\rho_{\text{ар}}$  ни билиш зарур.  
Бунинг учун, аввал толуолнинг массавий улуши  $\bar{X}$  ни  
аниқлаш керак.

К.Ф.Павлов ва бошқалар китобидаги [7] 6.2 - жадвалдан  
формула танлаб, сўн. ҳисобланади:

$$\bar{x} = \frac{X}{1 + \bar{X}} = \frac{0,853}{1,853} = 0,461$$

Иккала фазаларнинг зичлиги 8-жадвалдан топилади:  
 толуол учун  $\rho_{\text{тол}}$   $\text{CCl}_4$  учун  $\rho$

$$\rho_{\text{тол}} = 870 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho = 1630 \text{ кг/м}^3;$$

Аралаштириш пайтида ҳажм ўзгармайди деб ҳисоблаб, 1 кг аралашманинг ҳажмини аниқлаймиз:

$$\frac{0,461}{870} = \frac{0,539}{1630} = 0,862 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

Аралашманинг зичлиги эса,

$$\rho_{\text{ар}} = \frac{1}{0,862 \cdot 10^{-3}} = 1160 \text{ кг/м}^3$$

Аралашма зичлигини бошқа усул билан ҳам топса бўлади:

$$\rho_{\text{ар}} = \frac{1 - \bar{X}}{\frac{1}{\rho_{\text{CCl}_4}} + \frac{1}{\rho_{\text{тол}}}} = \frac{1 + 0,853}{\frac{1}{1630} + \frac{1}{870}} = 1160 \text{ кг/м}^3$$

Толуолнинг ҳажмий массавий концентрацияси қуйидагига тенг бўлади:

$$\bar{C} = \rho \cdot \bar{x} = 1160 \cdot 0,461 = 535 \text{ кг/м}^3$$

6-2. 1000 м<sup>3</sup>/соат миқдордаги газ аралашмасидан бутан ва пропанни тулиқ ажратиб олиш учун моль массаси 224 кг/кмоль суюқ ютувчининг назарий минимал сарфи аниқлансин. Газ аралашмаси таркибида 15% (ҳажмий) пропан ва 10% (ҳажмий) бутан бор. Абсорбер ичидаги босим 3 кгк/см<sup>2</sup>, температура 30°C. Пропан ва бутаннинг ютувчида эришиш Рауль қонуни

билан ифода қилинади.

Ечиши:

Скруббердан оқиб чиқаётган ю.увчи таркибдаги пропаннинг максимал концентрацияси (6.5) формулада топилади:

$$y_n^* = \frac{P}{P_n} \cdot y_n = \frac{294}{981} \cdot 0,15 = 0,045$$

бу ерда  $P_n = 981 \text{ кПа (10 кгк/см}^2\text{)} - 30^\circ\text{C}$  температурадаги пропаннинг туйинган буги босими.

Газ аралашмадан югилиши кера бўлган пропан миқдори ушбу тенгламадан аниқланади:

$$G_n = \frac{V \cdot y_n}{22,4} = \frac{1000 \cdot 0,15}{22,4} = 6,7 \frac{\text{кмоль}}{\text{соат}}$$

Пропанни ютиш учун ю.увчининг минимал сарфи ушбу тенгламадан топилади:

$$\frac{L_{\text{min}} \cdot x_n^*}{1 - x_n^*} = G_n$$

Ундан

$$L_{\text{min}} = \frac{G_n \cdot (1 - x_n^*)}{x_n^*} = \frac{6,7 \cdot 0,955}{0,045} = 142 \frac{\text{кмоль}}{\text{соат}}$$

ёки  $142 \cdot 224 = 31800 \text{ кг/соат}$

Скруббернинг пастки қисми дан оқиб чиқаётган ю.увчи таркибдаги энг кўп бўлиши мумкин бўлган бутан концентрацияси кўп тағича топилади:

$$x_6^* = \frac{P}{P_6} \cdot y_6 = \frac{294}{265} \cdot 0,10 = 0,11$$

бу ерда  $p_6 = 265$  кПа -  $30^\circ\text{C}$  температурадаги бутаннын тўйинган буғи босими.

Ютилаётган бутан миқдори

$$G_6 = \frac{V \cdot \gamma_6}{22,4} = \frac{1000 \cdot 0,10}{22,4} = 4,47 \frac{\text{кмоль}}{\text{соат}}$$

Бутанны ютиш учун ютувчининг минимал сарф т ушбу тенгламадан топилади:

$$L_{\text{мин}} = \frac{G_6 \cdot (1 - x_6^*)}{x_6^*} = \frac{4,47 \cdot 0,09}{0,11} = 36,1 \frac{\text{кмоль}}{\text{соат}}$$

Пропан учун	Бутан учун
$L_{\text{мин}} = 142 \frac{\text{кмоль}}{\text{соат}}$	$L_{\text{мин}} = 36,1 \frac{\text{кмоль}}{\text{соат}}$

Бутанны тўлиқ ютиши учун зарур ютувчининг минимал сарфи пропанны ютишга керагидан анча кам бўлади.

Демак,  $L_{\text{мин}} = 142 \frac{\text{кмоль}}{\text{соат}}$  миқдордаги ютувчила бутан тўлиқ ютилади.

## НАСАДКАЛИ АБСОРБЕРЛАРНИ ҲИСОБЛАШ [6].

Абсорбердан газ ўтганда напорнинг йўқогилиши содир бўлади. Унинг миқдори насадканинг ҳарактерига газнинг тезлиги, насадканинг зичлигига боғлиқ. Қуруқ насадкадаги напорнинг йўқотилиши ёки қуруқ насадканинг қаршилиги қуйидагича аниқланади:

$$\Delta p_s = \lambda \cdot \frac{H}{d_s} \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} \quad (6.26)$$

бу ерда  $H$  - насадка қатламнинг баландлиги, м;  $d_s = 4 \cdot 10^{-3}$

-насадка элементлари ташки. қилган каналларнинг эквивалент диаметри, м;  $w - w_0/\varepsilon$  - насадка қатламидаги газнинг ҳа ҳий тезлиги, м/с;  $\varepsilon$  - насадкалар орасидаги бўшлиқ;  $a$  - насадкаларнинг солиштирма юзаси, м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>;  $\lambda$  - ишқилишни ва маҳаллий қаршиликларни енгини учун кетган босимнинг йўқолишини ҳисобга олувчи қаршилик коэффициенти.

Қаршилиқ коэффициенти  $\lambda$  нинг қиймати  $Re$  критерийсига боғлиқ. У насадканинг турли элементлари учун газнинг ҳаракат режимига боғлиқ бўлиб, асосан эмпирик тенгламалар билан аниқланади:

Агарда  $Re < 40$ , яъни ламинар режим бўлса,

$$\lambda = \frac{140}{Re} \quad (6.27)$$

Турбулент режимдаги газнинг ҳаракати учун, яъни  $Re > 40$  бўлса,

$$\lambda = \frac{140}{Re^{0.2}} \quad (6.28)$$

Колоид ва турбисиз жойлаштирилган халқали насадкалар учун

$$\lambda = \frac{140}{Re^{0.375}} \quad (6.29)$$

Намланган насадкалар гидравлик қаршилиги  $\Delta p_x$  ҳуруқ насадкалариникидан катта, чунки суюқлик маълум миқдори насадканинг ҳўлланиши натижасида унинг юзасида ва унинг тор каналларида ушланиб қолади. Ҳўлланган насадканинг гидравлик қаршилиги  $\Delta p_x$  ушбу таҳминий эмпирик формула орқали тешилади:

$$\Delta p_x = 10^{bv} \cdot \Delta p_x \quad (6.30)$$

Бу ерда  $v$  - намлаш зичлиги, м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>;  $b$  - насадканинг катталиги ва қачонлига қараб тажриба орқали аниқланган коэф-

коэффициент.

Намлашган газ  $a_n$  нинг ҳамма насадка элементларининг соданиш юзасининг  $a$  га нисбати насадканин намлаш коэффициенти  $\psi$  ни Беради:

$$\psi = \frac{a_n}{a} \quad (6.31)$$

Насадканин намлаш коэффициентини қуйидаги тенглама билан аниқлашни ҳам мумкин:

$$\psi = 1 - \Phi \cdot e^{-m} \quad (6.32)$$

Даража кўрсаткичи  $m$  нинг қиймати:

$$m = c \cdot \text{Re}_c^n = c \cdot \left( \frac{A \cdot u \cdot \rho}{a \cdot \mu} \right) \quad (6.33)$$

Насадканинг шурга қараб  $A$ ,  $c$ , ва  $n$  ларнинг миқдори махсус адабиётлардан топилади. Масалан, Рашид ҳалқаси учун  $A = 1,02$ ;  $c = 0,16$ ;  $n = 0,4$  [7].

Абсорбернинг диаметри қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$d = \frac{L_0}{0,785 \cdot \Gamma^2} \quad (6.34)$$

бу ерда  $L_0$  - абсорбердаги ҳажмий саноқ,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

Абсорбернинг таъин базис динги насадкаларининг ҳажмига қараб аниқланади. Насадканин ҳажми  $\text{саноқ}$ ,  $\text{саноқ}$  навбатида худди шу насадка учун унинг модала ўтказиш юзасига боғлиқ. Бу ҳолда насадкаларнинг ҳажми:

$$V_{\text{нас}} = H \cdot S = \frac{F}{a \cdot \psi} \quad (6.35)$$

бу ерда  $S$  - колоннанин қуйидаги кесим юзаси  $\text{м}^2$ ;

Модала ўтказиш юзаси  $\text{саноқ}$ , модала ўтказишнинг асосий тенглама

билан аниқланади.  $F$  нинг қийматини (6.35) тенгламага қўйиб, абсорбернинг баландлигини аниқлаш мумкин.

$$H = \frac{V_{\text{нас}}}{S} = \frac{F}{S \cdot a \cdot \psi} = \frac{L_0}{S \cdot a \cdot \psi \cdot K_x \cdot \Delta y_{\text{ср}}} \quad (6.36)$$

Модала ўтказиш коэффициентлари  $K_x$ ,  $K_y$  ларни ҳисоблашда, газ фазасидаги модала бериш коэффициентини  $\beta_2$  тартибсиз урчатишган насадкалар учун қуйидаги критериял тенгламадан аниқланади:

$$\text{Nu}'_2 = C \cdot 10,7 \cdot \Gamma_2^{0,665} \cdot (\text{Pr}')^{0,33} \quad (6.36)$$

Газ фазаси учун баландлик бирлигидан ўтаётган газ фазасидаги ўтказиш соданишнинг баъзи динги қуйидаги та:

$$h_2 = 0,615 \cdot d_2 \cdot \text{Re}^{0,147} \cdot (\text{Pr}')^{0,66} \quad (6.37)$$

Тартибли жойлаштирилган насадкалар учун:

$$\text{Nu}'_2 = 0,167407 \cdot \text{Re}^{0,74} \cdot (\text{Pr}')^{0,33} \cdot \left( \frac{l}{d_2} \right)^{0,4} \quad (6.38)$$

бу ерда

$$h_2 = 1,5 \cdot d_2 \cdot \text{Re}^{0,26} \cdot (\text{Pr}')^{0,47} \cdot \left( \frac{l}{d_2} \right)^{0,47} \quad (6.39)$$

бу ерда  $l$  - насадканин баландлиги.

(6.36), (6.39) тенгламаларда топилган  $\text{Nu}'_2 = \beta_2 \cdot d_2 \cdot D$  ва  $\text{Re}'_2 = w_0 \cdot d_2 \cdot \rho_2 / \mu_2$  критериялларда аниқловчи геометрия катталик қисмида насадкаларнинг эквивалент диаметри олинади ( $d_2 = 4 \cdot l / a$ ). Ҳалқаси шунангидек насадкалар учун суюқлик фазасидаги модала бериш коэффициентларининг бирлик юзасига бўлган нисбати қуйидаги тенглама билан аниқланади:

$$Nu'_c = 0,0021 \cdot Re_c^{0,75} \cdot (Pr')^{0,5} \quad (6.40)$$

бу ерда

$$Nu_c = \frac{l_c \cdot \delta_c}{D_c}$$

бу ерда  $Nu_c$  - Нуссельт критерийси ҳисоб бўлган қатлам қалинлиги учун ҳисобланган.

Суюқ фазадаги ўтказиш сонининг баландлиги эса:

$$h_c = 119 \cdot c_c \cdot Re_c^{0,25} \cdot (Pr'_c)^{0,5} \quad (6.41)$$

## К О Н Т Р О Л М А С А Л А Л А Р

6.1. Ўзаро ҳажмлари тенг булган бензол ва нитробензол суюқликлари аралаштирилган. Аралашманинг ҳажми таъриф этилган компонентлар ҳажмлари йиғиндисига тенг деб олиб, аралашманинг зичлигини, нитробензолнинг  $\bar{X}$  солиштирма массавий концентратциясини ва унинг ҳажмий моляр концентратциясини  $C_x$  ш. аниқланг.

6.2. Суюқ аралашманинг таркиби куйидагилардан иборат: 20% хлороформ, 40% ацетон ва 40% олтингувурт углеводородлар молекуляр ҳолатда ҳисобланган. Компонентларнинг биригга аралаштириш натижасида ҳажмлари ўзгармайди ҳисоблаб, аралашманинг зичлиги ш. ҳисоблаб топинг.

6.3. Ҳаво этил спиртининг буги билан туйинтирилган ҳаво-буг аралашмасининг умумий босими 600 мм.с.м. устун, температураси 60°C. Иккала тарафкил э.в.ч.лар идеал газ ҳисобланиб, аралашмадаги этил спиртининг нисбий массавий концентратцияси  $Y$  ва аралашма зичлигини аниқланг.

6.4. Таркибида 26% водород 60% метан ва 14% азот газлари бўлган аралашма босими  $P_{abc} = 30$  кгк/см<sup>2</sup> ва температураси 20°C (% моляр ҳолатда ҳисобланган). Аралашма таърифни идеал ҳисоблаб, уларнинг ҳажмий массавий концентратциясини  $C_y$  (кг/м<sup>3</sup>) аниқланг.

6.5. Атмосфера босими остида бинар аралашма буглари таърифида 50% хлороформ ва 50% бензол булган, таркибида 50% хлороформ ва 56% (% моляр ҳолатда ҳисобланган)

булган суюқлик билан туқнашмоқ а.

а) Хлороформ ва б-изол қайси аралашмадан қайсинисида төмон х-ракат қилишини;

б) Бул ва суюқлик фазалари буйича буғичи суюқликка кичиринида молча ўтказиш жараёнини ҳаракатга келтирив-ти кутириш (моляр улушда) аниқланг.

Мувозанат таркиби бунича маълумотлар 62 - жадвалда берилган.

6.6.  $CCl_4$  бу. т. дабо билан, абсолют с-симми  $10 \text{ кгк/см}^2$  да бо с қилиб, тр. бали совутгичда сув билан совутилимоқда.  $40^\circ\text{C}$  да  $CCl_4$  нинг конденсацияланиши бошланади.

а) Бошланғич аралашмада  $CCl_4$  нинг массавий фойзини аниқланг.

б)  $27^\circ\text{C}$  гача совутилгандан сунг газ аралашмасидан ажратиш чикориш күрсатгичини аниқланг.

$CCl_4$  нинг т-тинган буғи босими И7 ёки И8 — расмларда, олинади.

6.7. Таркибида 0,8% (% хажмий) октан булган газ аралашма компрессор ёрдамида  $p_{\text{абс}} = 5 \text{ кгк/см}^2$  гача сиқилиб, сунг да  $25^\circ\text{C}$  гача совутилимоқда. Окτανнинг ажратиш күрсатгичини аниқланг. Агар сиқилган газ аралашма совутувчи агент ёрдамида  $0^\circ\text{C}$  гача температураси пасайтирилса, унинг ажратиш күрсатгичи қанчага ўзгаради? Окτανнинг туғичан буғининг босими И7 расм, 31 нуктадан аниқланади.

6.8 а) Температураси  $100^\circ\text{C}$  булганда б-изол буғининг төлулу буғидаги; б) Температура  $92^\circ\text{C}$  булганда этил спирт буғининг сув буғидаги молекуляр диффузия коэффициентларини атмосфера босимига тегишли босим учун аниқланг.

6.9. Агада, абсорберда сув пуркалиб берилаётган пайтидаги  $\beta_y = 2,76 \cdot 10^{-3}$  кмоль/(м<sup>2</sup> соат кП) ва  $\beta_x = 1,17 \cdot 10^{-4}$  м/с булса, молда ўтказиш коэффициентини аниқланг. Қурилмадаги босим  $p_{\text{абс}} = 1,07 \text{ кгк/с}^2$  га тенг. Мувозанат чизик тенглама си моль улушда булиб, қуридаги қуринишга эга  $y^* = 102x$ .

6.10. Температураси  $20^\circ\text{C}$  булган углерод диоксили газдаки абсорберда сунда ютилатган пайтида, суюқ фазанинг молда берилш коэффициентини ҳисоблаб тоинг. Суюқлик пуркаш чизилиги  $60 \text{ м}^3/\text{соат}$ . Керамик халқалар ўлчами  $35 \times 35 \times 4 \text{ мм}$  булиб, Улар қурилмага тартибсиз жонланган. Насадканинг ўлланиси коэффициентини  $\psi = 0,86$ .

### КОНТРОЛ ТОПИРИК №13

Температура  $t$  бўлганда,  $A$  модданин сувлани диффузия коэффициентини ҳисоблаб чиқарин.

Параметр	Ўлчов бирлиги	Шифрнинг охири рақами бўйича вариантлар									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$t$	°C	4	20	30	50	15	60	25	35	45	55

Параметр	Ўлчов бирлиги	Шифрнинг охиридан аввалги рақами бўйича вариантлар									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$A$	-	NO	SO	H <sub>2</sub> S	CO <sub>2</sub>	COS	NH <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	Br <sub>2</sub>	CO	Cl <sub>2</sub>

### КОНТРОЛ ТОПИРИК №14

Абсолют босим  $P$  остида ишлаётган модда алмаштинин қуримаси қуйидаги модда бериш коэффициентини таърифлаш:

$$B = 1,1 \text{ кмоль/м}^2 \text{ соат}; \quad C = 25 \text{ кмоль/м}^2 \text{ соат}.$$

Газ ва суюқлик фазаларининг мувозанат таркиби Генри қонуни билан ифодаланади  $p_i = 0,08 \cdot 10^6 x_i$ .

Юқоридаги маълумотларга таяниб, қуйидаги параметрлар ҳисоблансин.

1)  $K_v$  ва  $K_f$  модда ўтказиш коэффициентлари;

2) суюқ фазанинги диффузион қаршилиги, газ фазанинги диффузион қаршилигидан неча марта фарқ қилиши.

Параметр	Ўлчов бирлиги	Шифрнинг охири рақами бўйича вариантлар									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$P$	кг/см <sup>2</sup>	2,5	3,1	3,5	5,0	1,5	2,8	4,0	4,5	6,0	1,5
$B$	кмоль/м <sup>2</sup> соат	1,1	1,5	1,5	1,2	1,6	1,3	1,9	1,7	2,0	2,5
$C$	кмоль/м <sup>2</sup> соат	25	20	35	30	40	35	50	45	60	100

### СУЮҚЛИКЛАРИНИ ҲАЙДАНИ

Ҳисоблаш формулалар ва асосий боғлиқликлар

1. Оддий ҳайдани тенгلامаси:

$$\ln \frac{F \cdot x_p}{W \cdot x_w} = \int_{x_1}^{x_2} \frac{dx}{y^* - x} \quad (7.1)$$

бу ерда  $F$  - ҳайдалган аралашманин бошланғич миқдори,  $W$  - ҳайдани жараёнидан сўнг кубда қолган суюқлик миқдори,  $y$  ва  $x$  - буғ ва суюқликларни санил учувчи компонентининг мувозанат қонцентрациялари;  $x_p$  - бошланғич аралашмадаги санил учувчи компонент миқдори;  $x_w$  - ҳайдани жараёнидан сўнг ҳосил бўлган қолдиқда санил учувчи компонент миқдори.

Ҳайдалган суюқликнинг ўрта таркиби қуйидаги формула орқали таърифланади:

$$x_d = \frac{F \cdot x_p - W \cdot x_w}{F - W} \quad (7.2)$$

2. Сулда эримаган суюқликларчи буғ ёрдамида ҳайдани пайдаланиш бунинг сарфи ушбу формула ёрдамида ҳисобланади:

$$G_B = C \frac{M_B \cdot (n - n^*)}{M \cdot P \cdot \varphi} \quad (7.3)$$

бу ерда  $G_B$  - ҳайдалган суюқлик билан кетаётган суғурми миқдори, кг;  $G$  - ҳайдалаётган суюқлик миқдори, кг;  $M$  ва  $M_B$  - суюқлик ва ҳайдалган аралашманин моль массаси;  $P$  - ҳайдани температурасидаги ҳайдалаётган суюқлик тўйинган босимнинг босими;  $n$  - аралашма буғларининг умумий босими;  $\varphi$  - 0,7-0,8.

Икки компонентли  $A$  ва  $B$  фазаларининг таркиби моль фракция ( $x_{mol}$ ) ва мольларга:

$$x_{mol} = \frac{\text{кмоль } A}{\text{кмоль } (A + B)} \cdot 100 \quad (7.4)$$

мас янини фонд (% мас) ва улушларда:

$$x_{\text{мас}} = \frac{\text{кг } A}{\text{кг}(A+B)} \cdot 100 \quad (7.5)$$

ҳажмини фонд (% ҳажм) ва улушларда:

$$x_{\text{ҳажм}} = \frac{M^3 \cdot A}{M^3 \cdot (A+B)} \cdot 100 \quad (7.6)$$

ифода этилиши мумкин. Бу ерда  $x$  — суюқ фазадаги енгил учун  $A$  компонентининг концентрацияси.

Концентрациялар ўргасидаги нисбатлар қуйидаги кўринишда бўлади:

$$x_{\text{ҳажм}} = \frac{x_{\text{мас}} \cdot \rho_{\text{Д}}}{\rho_{\text{ҳажм}}} \quad (7.7)$$

$$x_{\text{мас}} = \frac{x_{\text{ҳажм}} \cdot \rho_{\text{Аҳажм}}}{\rho_{\text{А}}} \quad (7.8)$$

Бу ерда - 20°C температурада тоза компонент  $A$  нинг зичлиги,  $\text{кг}/\text{м}^3$  (24-жадвалдан топилади);  $\rho_{\text{Аҳажм}}$  - 20°C ҳажм концентрацияда  $A$  компонентининг зичлиги,  $\text{кг}/\text{м}^3$  (23-жадвалдан топилади).

$$x_{\text{мас}} = \frac{\frac{x_1}{M_A} \cdot 100}{\frac{x_1}{M_A} + \frac{100 - x_1}{M_B}} \quad (7.9)$$

$$x_{\text{ҳажм}} = \frac{x_{\text{мас}} \cdot M_A \cdot 100}{x_{\text{мас}} \cdot M_A + (100 - x_{\text{мас}}) \cdot M_B} \quad (7.10)$$

$M_A$  ва  $M_B$  -  $A$  ва  $B$  тоза компонентларнинг мол масса сифати,  $\text{г}/\text{кмоль}$  (20-жадвалдан олинади).

Сув спирт аралашмаси учун массавий фойздан моль фойзга ўтиш ушбу формула ёрдамида амалга оширилиши мумкин:

$$x_{\text{мол}} = \frac{x_{\text{мол}}}{256 - 1,58 \cdot x_{\text{мол}}} \quad (7.11)$$

Бинар аралашмалар моль массаси (кг/кмоль) қуйидаги формуладан топилади:

$$M = \frac{100}{\frac{x_{\text{мол}}}{M_A} + \frac{100 - x_{\text{мол}}}{M_B}} \quad (7.12)$$

3. Узлуксиз ишлайдиган ректификация колоннасининг моддий баланс; тенгламаси қуйидаги кўринишга эга:

$$G_{\text{бош}} = G_D + G_K \quad (7.13)$$

$$G_{\text{бош}} \cdot x_{\text{бош}} = G_D \cdot x_D + G_K \cdot x_K \quad (7.14)$$

бу ерда  $G_{\text{бош}}$ ,  $G_D$ ,  $G_K$  - аралашма, дистиллят ва куб қолдиқларининг массавий ёки моль сарфи;  $x_{\text{бош}}$ ,  $x_D$ ,  $x_K$  - аралашма, дистиллят ва куб қолдиқларида энгил учувчан компонентнинг массавий ёки моль миқдори.

4. Иш чизиқ тенгламалари:

а) Колоннанинг юкориги буг таркибни оши, увчи қисми учун иш чизиғи қуйидагича аниқланади.

$$y = \frac{R_D}{R_D + 1} \cdot x + \frac{R_D}{R_D + 1} \quad (7.15)$$

б) колоннанинг энг пастки қисми учун иш чизиғи тенгламаси ушбу кўринишга э:

$$y = \frac{R + 1}{R + 1} \cdot x - \frac{F - 1}{R + 1} \cdot x_y \quad (7.16)$$

Ректификацион колонналарда, назарий таҳлиллар асосида,

унинг бутун баландлиги буйича суюқлик ва буғнинг моль сарфлар : ўзгармас деб : бўл қилинади.

Агарда, нисбий моль сарфлар қўлланилса, (7.13) ва (7.14) тенглама: лар қуйидаги кўриниш: а эга бўлади.

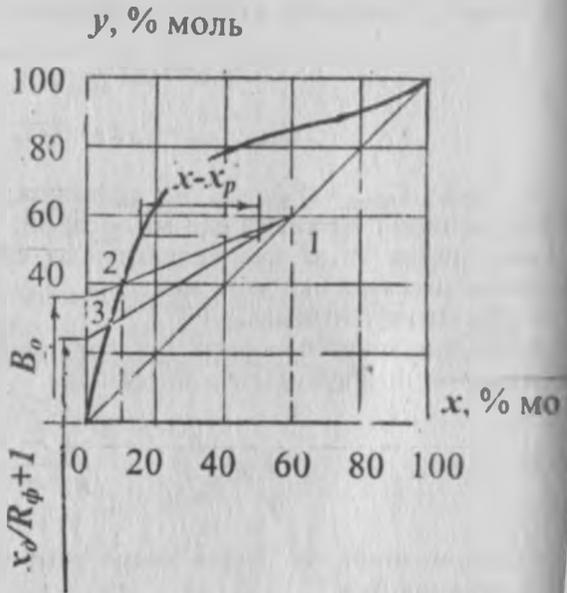
$$F = L + W \quad (7.17)$$

$$F \cdot y_F = x_D + W \cdot x_W \quad (7.18)$$

бу ерда

$$W = \frac{C_W}{G_D} = \frac{x_D - x_W}{x_F - x_W}$$

5. Мувозанат эгри чизилган сениш нуқталари бўлганда, узлуксиз ишлайдиган ректификацион колоннанинг минимал флегма сони  $R_{\min}$  қуйидаги тенгламадан топилади (7.1-расм):



7.1-расм. Минимал ва оптимал флегма соғини аниқловчи  $x - y$  диаграмма

$$R_{\min} = \frac{x_D - y_p^x}{y_p^x - x_p} \quad (7.19)$$

бу ерда  $x_D$  - енгил учувчан компонентнинг дистиллятдаги доль улуши,  $x_F$  - худди шу, фақат колоннанинг бошланғич суюқлигида;  $y_F$  - ху ди шу, фақат бо' ланғич суюқликнинг муво- занат буғида.

Минимал флегма сони:

$$R_{\min} = \frac{x_D - B_0}{B_0} \quad (7.19a)$$

формула ёрдамида ҳам ҳисобласа бўлади.  $B_0$  - 7.1 - расмдан, мувозанат чизигининг ордината ўқидаги кесмасининг қиймати.

Ҳақиқий флегма сони тахминий усул билан ушбу тенгликдан топилади яъни,

$$R = \varphi \cdot R_{\min} \quad (7.20)$$

бу ерда  $\varphi > 1$  - флегманинг кўпроқ олинмиши ҳисобга олувчи коэффициент, одатда  $\varphi = 1.04-1.05$ .

Ректификацион колонналарни ҳисоблашда флегманинг ҳақиқий сони қандаги формула ёрдамида аниқланади:

б. Узлуксиз ишлайдиган ректификацион колонна учун қуйидаги теңлиқлик балансини тузиш мумкин:

$$Q_K + G_F \cdot i_F = Q_D + G_D \cdot i_D + G_W \cdot i_W + Q_{\text{ўж}} \quad (7.21)$$

бу ерда  $Q_K$  - қайнаётган суюқликка иситувчи буғдан ўтаётган иссиқлик миқдори, Вт;  $Q_D$  - дефлегматорда конденсацияланаётган буғлардан совитувчи сув ёрдамида олинаётган иссиқлик миқдори, Вт;  $Q_{\text{ўж}}$  - атроф муҳитга иссиқликнинг йўқотилиши, Вт;  $i_F$ ,  $i_D$ ,  $i_W$  - бошланғич суюқлик, дистиллят ва куб қолдиги энтальпиялари.

Олинган (7.21) тенгламадан  $Q_K$  ни топиш мумкин:

$$Q_K = Q_D + G_D \cdot i_D + G_W \cdot i_W + G_F \cdot i_F + Q_{\text{ўж}} \quad (7.22)$$

бу ерда  $c_d$ ,  $c_f$ ,  $c_w$  ўртача солиштирма сифимлар, Ж/(кг·К);  $t_d$ ,  $t_f$ ,  $t_w$  - тегишли температуралар, °С.  
 Дефлегматорда совитувчи сувга ўтган иссиқлик сарфи ушбу формулада ҳисобланади:

$$Q_d = c_d (1 + R) r_d \quad (7.23)$$

$R$  - флегма сони;  $r_d$  - дефлегматорда буларнинг конденсиялаш солиштирма иссиқлиги, Ж/кг.

7. Тарелкали ректификацион колоннанинг диаметри куйидаги тенглама орқали аниқланади:

$$D = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot w}} \quad (7.24)$$

бу ерда  $V$  - колоннадан ўтган буғ сарфи, м/с;  $w$  - буғ тезлиги, м/с.

Кўп қўлланиладиган буғнинг тезлиги эса, ушбу формуладан топилди:

$$w = C \cdot \sqrt{\frac{p_c - p_a}{p_a}} \quad (7.25)$$

агарда  $p_c \gg p_a$  бўлса,

$$w = C \cdot \sqrt{p_c} \quad (7.26)$$

8. Ректификацион колонна баландлиги куйидаги формула буйича ҳисобланади:

$$H_T = (n - 1) \cdot h \quad (7.27)$$

$n$  - тарелкалар сони,  $h$  - тарелкалар орасидаги масофа.

Тахминий ҳисоблар учун тарелкалар сонини уларнинг ўртача ф.и.к. орқали аниқлаш мумкин:

$$n = \frac{n_T}{\eta}$$

$n_T$  - тарелкаларнинг назарий сони.

## МИСОҚЛАРНИ ЧИҚЛАШ НАМУНАСИ

7-1. Бензол 40% (моль) ва толуолдан 60% (моль) ташкил топган 60°Сли суяқ аралашма учун буғ фазасининг мувозанат таркиби ҳисоблансин. Аралашма Рауль қонун. билан характерланади. Атмосфера босими 760 мм.с.и.м.уст. ва температура 90°С да қийинийдиган, бензол ва толуолнинг суяқ аралашмасининг таркиби аниқлансин.

Ечиш:

И8 расмдан 60°С учун бензол ва толуолнинг тўйинган буғларининг босимини топамиз: бензол учун -  $P_6 = 385$  мм.с.и.м.уст. ва толуол учун -  $P_T = 140$  мм.с.и.м.уст.

Бензол ва толуол учун парциал босимлар ушбу формуладан аниқланади:

$$P_6 = P_6 \cdot x_6 = 385 \cdot 0,4 = 154 \text{ мм.с.и.м.уст.}$$

$$P_T = P_T \cdot x_T = P_T \cdot (1 - x_6) = 140 \cdot (1 - 0,4) = 84 \text{ мм.с.и.м.уст.}$$

Умумий босим эса,

$$P = p_6 + p_T = 154 + 84 = 238 \text{ мм.с.и.м.уст.}$$

Буғ фазасининг таркиби ушбу тенглама орқали аниқланади:

$$y_6 = p_6 / P = 154 / 238 = 0,648$$

Демак, мувозанатдаги буг таркибид 64,8% (моль) бензол ва 35,2% (моль) толуол бор.

Атмосфера босими 760 мм.сим.уст. ва температура 90° С қаишанилган, бензол ва толуолнинг суюқ аралашмасининг таркиби аниқлаш учун ушбу те. гламани ёзамиз:

$$P = P_6 \cdot x_6 + P_7 \cdot x_7$$

ёки

$$760 = 1013 \cdot x_6 + 408 \cdot (1 - x_6)$$

ундан  $x_6 = 58,3\%$ ;  $x_7 = 41,7\%$

Бу ерда: 1013 ва 408 (мм.сим.уст.) - тоза бензол ва толуолнинг 90°С даги туйинган бугларининг босими.

7-2. Аралашма Раул қонуни билан характерланади. Атмосфера босимида бензол-толуол аралашмаси учун  $t - x, y$  ва  $y^*$   $x$  координатларида мувозанат диаграммасини қуриш ва фазаларининг мувозанат таркибини ҳисобланг.

Е ч и ш :

Фазаларнинг мувозанат таркиби қуйидагича аниқланади:

$$p_6 = P_6 \cdot x; \quad p_7 = P_7 \cdot (1 - x)$$

Дальтон қонунига биноан

$$P = p_6 + p_7 = P_6 \cdot x + P_7 \cdot (1 - x)$$

бунида

$$x = \frac{P - P_7}{P_6 - P_7}$$

(6.5) формулага биноан

$$y^* = \frac{P_6}{P} \cdot x$$

Олинган н.г.жизалар 7.1 - жадвалда келтирилган ва 7.2, 7.3 расмларда график ҳолида тасвирланган.

t, °C	P <sub>6</sub> мм. симоб устуни	P <sub>7</sub> мм. симоб устуни	P мм. симоб устуни	$x = \frac{P - P_7}{P_6 - P_7}$	$y^* = \frac{P_6}{P} \cdot x$
80	760	300,0	760	1	1
84	852	333,0	760	$\frac{760 - 333}{852 - 333} = 0,823$	$\frac{852}{760} \cdot 0,823 = 0,922$
88	957	379,5	760	$\frac{760 - 379,5}{957 - 379,5} = 0,659$	$\frac{957}{760} \cdot 0,659 = 0,810$
92	1078	432,0	760	$\frac{760 - 432}{1078 - 432} = 0,508$	$\frac{1078}{760} \cdot 0,508 = 0,720$
96	1204	492,5	760	$\frac{760 - 492,5}{1204 - 492,5} = 0,376$	$\frac{1204}{760} \cdot 0,376 = 0,596$
100	1344	559,0	760	$\frac{760 - 559}{1344 - 559} = 0,256$	$\frac{1344}{760} \cdot 0,256 = 0,453$
104	1495	625,5	760	$\frac{760 - 625,5}{1495 - 625,5} = 0,155$	$\frac{1495}{760} \cdot 0,155 = 0,304$
108	1659	704,5	760	$\frac{760 - 704,5}{1659 - 704,5} = 0,058$	$\frac{1659}{760} \cdot 0,058 = 0,128$
110	1748	760,0	760	0	0

Демак, мувозанатдаги буг таркибид 64,8% (моль) бензол ва 35,2% ( моль) толуол бор.

Атмосфера босими 760 мм.сим.уст. ва температура 90° С қаишандиган, бензол ва толуолнинг суюқ аралашмасининг т.т.қ.б.и аниқлаш учун ушбу те гламани ёзамиз:

$$P = P_0 \cdot x_0 + P_T \cdot x_T$$

ёки

$$760 = 1013 \cdot x_0 + 40 \cdot (1 - x_0)$$

ундан  $x_0 = 58,3 \%$ ;  $x_T = 41,7 \%$

Бу ерда: 1013 ва 408 (мм.сим.уст.) - тоза бензол ва толуолнинг 90°С даги тўйинган бугларининг босими.

7-2. Аралашма Раул қонуни билан характерланади. Атмосфера босимида бензол-толуол аралашмаси учун t - x, y ва y' - x координатларида мувозанат диаграммасини қуринг ва фазаларнинг мувозанат таркибини ҳисобланг.

Е ч и ш :

Фазаларнинг мувозанат таркиби қуйидагича аниқланади:

$$p_0 = P_0 \cdot x; \quad p_1 = P_T \cdot (1 - x)$$

Давытов қонунига бинноан

$$P = p_0 + p_1 = P_0 \cdot x + P_T \cdot (1 - x)$$

Бундан

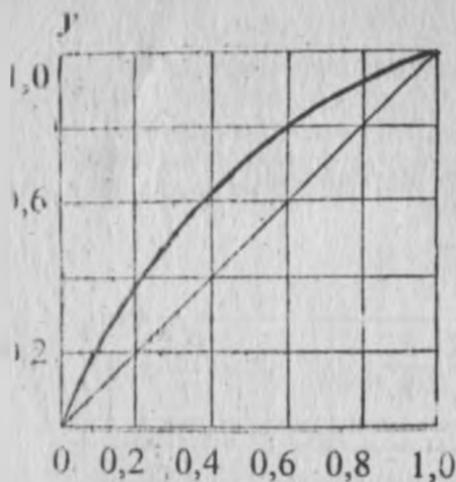
$$x = \frac{P - P_T}{P_0 - P_T}$$

(6.5) формулага бинноан

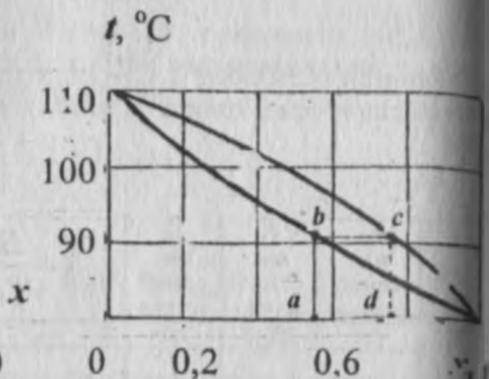
$$y^* = \frac{P_0}{\Pi} \cdot x$$

Олинган н.г.ж.лар 7.1 - жадвалда келтирилган ва 7.2, 7.3 расмларда график ҳолида таъсирланган.

t, °C	P <sub>t</sub> мм симоб устуни	P <sub>T</sub> мм. симоб устуни	Π мм. симоб устуни	$x = \frac{\Pi - P_T}{P_0 - P_T}$	$y^* = \frac{P_0}{\Pi} \cdot x$
80	760	300,0	760	1	1
84	852	333,0	760	$\frac{760 - 333}{852 - 333} = 0,823$	$\frac{852}{760} \cdot 0,823 = 0,922$
88	957	379,5	760	$\frac{760 - 379,5}{957 - 379,5} = 0,659$	$\frac{957}{760} \cdot 0,659 = 0,830$
92	1078	432,0	760	$\frac{760 - 432}{1078 - 432} = 0,508$	$\frac{1078}{760} \cdot 0,508 = 0,720$
96	1204	492,5	760	$\frac{760 - 492,5}{1204 - 492,5} = 0,376$	$\frac{1204}{760} \cdot 0,376 = 0,596$
100	1344	559,0	760	$\frac{760 - 559}{1344 - 559} = 0,256$	$\frac{1344}{760} \cdot 0,256 = 0,453$
104	1495	625,5	760	$\frac{760 - 625,5}{1495 - 625,5} = 0,155$	$\frac{1495}{760} \cdot 0,155 = 0,304$
108	1659	704,5	760	$\frac{760 - 704,5}{1659 - 704,5} = 0,058$	$\frac{1659}{760} \cdot 0,058 = 0,128$
110	1748	760,0	760	0	0



7.2-расм.  $y$  -  $x$  диаграмма.



7.3-расм.  $t$  -  $x$ ,  $y$  диаграмма.  
(7.15 - масълага ҳам ом.)

7.3. Конденсатордан чиқётган дистиллят концентрацияси  $x_d = 71,2$  % (ҳажмий), флегма сони  $R_{\text{мин}} = 1,9$  бўлса, дефлегматорга тираётган буғ концентрацияси ва флегмадаги этил спирт концентрацияси аниқлансин.

Ҳ и ш :

Ҳисоблаш келма-кетлиги қуйидагича бўлади:

1. (7.7) ва (7.8) формулалар орқали % (ҳажмий) концентрацияси, % (мас) ва % (моль) ларга қайта ҳисобланади

$$x_d = 71,2 \text{ \% (ҳажмий)} = 65, \text{ \% (мас)} = 40,8 \text{ \% (моль)}$$

2. 27-жадвал маълумотлари асосида  $t$  -  $x$ ,  $y$  диаграмма тузилади (7.3-расм). Ушбу диаграммадан, дистиллят концентрацияси  $x_d = 40,8$  % (моль) учун флегма концентрацияси  $x_f = 8,0$  % (моль) топамиз.

3.  $a + b = (40,8 - 8,0) = 32,8$  % (моль) кесманинг қиймати топилади.

Флегма сони

$$R_{\phi} = 1,9 = a/b \text{ да}$$

$$a/1,9 + a = 32,8 \%$$

Демак,  $a = 21,5 \%$

4. Кесма  $a$  нинг 1 дий ги нуқта 1 нинг ўрнини аниқлашга ёрдам беради ва унга қараб бунинг концентрацияси  $y_6 = 19,6 \%$  (моль) ёки  $38,2 \%$  (масс) топилади.

7-4. Аввалги, 7-3 масаланинг берилган шароитлари бўйича, конденсатордан чиқаётган дистиллят миқдори  $G_d = 155$  кг/соат булса, флегма миқдори  $G_f$  аниқлансин.

**Е ч и ш :**

1. (7.12) формула ёрдамида буг ва дистиллятнинг моль массаси ҳисобланади:

$$M_d = \frac{100}{63,8 / 46,07 + (100 - 53,8) / 18,02} = 29,2 \text{ кг / кмоль}$$

$$M_6 = \frac{100}{38,2 / 46,07 + (100 - 38,2) / 18,02} = 23,5 \text{ кг / кмоль}$$

2. Қуйидаги формула орқали эса дефлегматорга кираётган бугнинг миқдори аниқланади:

$$G_6 = 155 (1,9 + 1) / 23,5 = 19,12 \text{ кмоль/соат}$$

3.  $M_d = 29,2$  кг/кмоль эканлигини ҳисобга олиб, дистиллят миқдорини кг/соат дан кмоль/соат бирлигига утказамиз.

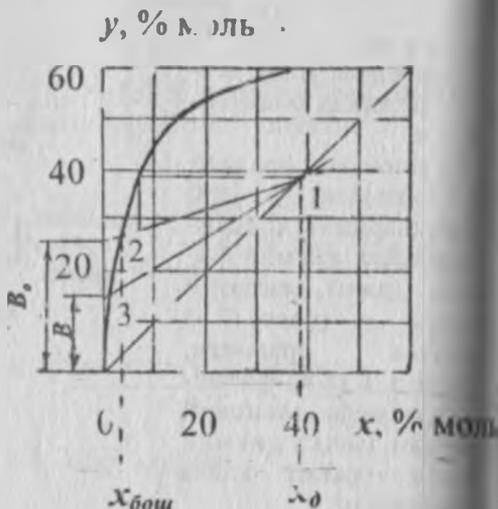
$$G_d = \frac{155}{29,2} = 5,31 \text{ кмоль / соат}$$

4. Дефлегматорнинг моддий балансиан, флегма миқдорини аниқлаймиз:



2.3. Абсцисса ўқидаги  $x_{с.ш} = 3,34$  моль га тааллуқли нуқтадан мувоздат чизиги билан нуқта 2 да кесишгунча вертикал чизик ўтказилади.

2.4. Нуқталар 1 ва 2 ўзаро бирлаштирилади ва ордината ўқи билан кесишгунча давом эттирилади ва  $B_0 = 26,5$  моль қиймат топилади.



7.5-расм. Сув-спирт аралашмасининг минимал флегма ва қолнининг ҳадди қисмидаги назарий тарелкалар сонларини аниқлаш учун x - y диаграмми

Минимал флегма сонининг қиймати

$$R_{\min} = \frac{38,5 - 26,5}{26,5} = 0,453$$

ушбу йўл билан ҳисобланади.

3. Ҳақиқий флегма сони (7.20) формуладан топилади:

$$R_{\phi} = 0,453 \cdot 3,1 = 1,4$$

4. 27 - жадвалдаги маълумотлар асосида диафрагма қўрилади ва кейинчи ҳисобларда зарур флегма таркиби, дефлегматорга бериладиган буг таркиби ва температуралар аниқланади (7.6-расм).

4.1. Дистиллятнинг концентрацияси  $x_d = 38,5\%$  мольга қараб флегма таркиби  $x_f = 6,8,0$  моль =  $15,9\%$  масс, ҳамда буғнинг конденсациялаш шитининг бошланғич температураси  $t_b = 88,5^\circ\text{C}$  белгилаб олинди.

4.2. Кесмалар нисбати  $a/b = R_{\phi} = 1,7$  га қараб нуқта 3 топилади. Бу нуқта, дефлегматорга кираётин буғ концентрациясини характерлади:  $y_6 = 21\%$  моль =  $4,3\%$  масс.

5. Колоннадан дефлегматорга кираётган буғ миқдори ушбу тенгликдан аниқланади:

$$G_6 = \frac{G_1 \cdot (R_{\phi} + 1)}{M_6} = \frac{155 \cdot (1,4 + 1)}{2,38} = 12,9 \frac{\text{кмоль}}{\text{соат}}$$

ёки

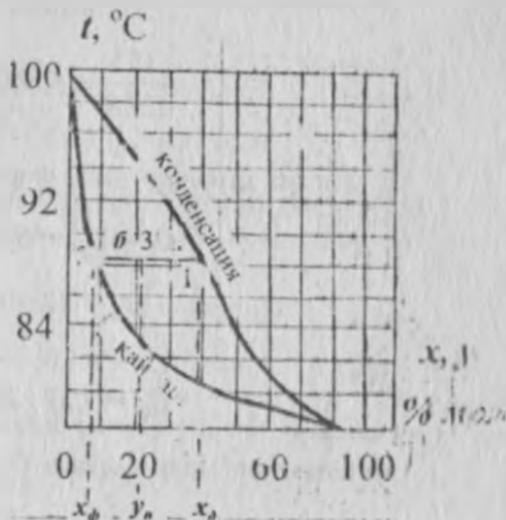
$$G_6 = 12,9 \cdot 23,9 = 308,3 \text{ кг/соат}$$

Дистиллят M нинг моль массаси (7.12) формула ордини аниқланади:

$$M_1 = \frac{100}{\frac{61,6}{47,07} + \frac{100 - 61,6}{18,02}} = 28,8 \text{ кг/кмоль}$$

Худди шу қўл билан буғнинг моль массаси ҳисобланади:

$$M_6 = 23,9 \text{ кг/моль}$$



Сул-синрг аралашмаси буғнинг концентрацияси ва флегма сонини аниқлаш учун t - x, y диаграмма

Дистиллят ҳосил бўлиши учун сарф бўлган буғ миқдори

$$\frac{155}{28,8} = 5,38 \text{ кмоль / соат}$$

б. Флегма миқдори ушбу формуладан топилади:

$$G_{\delta} = G_{\phi} + G_{\text{Д}} = G_{\text{Д}} \cdot (R_{\phi} + 1)$$

$$G_{\phi} = G_{\delta} - G_{\text{Д}} = 12,9 - 5,3 = 7,52 \text{ кмоль/соат}$$

ерин

$$G_{\phi} = 7,52 \cdot 20 = 150,4 \text{ кг/соат}$$

Флегманинг моль массаси (7.12) формуладан топилади:

$$M_{\phi} = \frac{100}{\frac{15,9}{46,07} + \frac{100 - 15,9}{18,02}} = 20,0 \text{ г / кмоль}$$

(7.13) ва (7.14)  $\phi_{\text{с}}$  мулалардан фойдаланиб бошлангич ара-  
лишма миқдори  $G_{\text{ош}}$  ва куб қолдиги  $G_{\text{ок}}$  аниқ алади:

$$\begin{cases} G_{\text{ош}} = 155 + G_{\text{к}} \\ \frac{G_{\text{ош}} \cdot 8,01}{100} = \frac{155 \cdot 61,6}{100} + \frac{G_{\text{к}} \cdot 0,605}{100} \end{cases}$$

Бу тенглималарда

$$G_{\text{к}} = 1037,5 \text{ кг/соат}$$

$$G_{\text{ош}} = 1192,65 \text{ кг/соат}$$

8. Ҳиситувчи буғ сарфини билиш учун колоннанинг иссиқлик  
баланси тузилади

## Иссиқлик кирishi:

8.1. Да глабки аралашма билан

$$Q_1 = 1192,65 \cdot 4 \cdot 27 \cdot 85 = 432872,3 \text{ кЖ/соат}$$

Температураси ва концентрацияси маълум бўлган бондишнинг аралашманинг солиштирма иссиқлик сифими 15- жадвалдан топилади ( $c_{\text{бонд}}$  = 4,2, кДж/(кгК)).

8.2. Флегма билан

$$Q_2 = 150,4 \cdot 4,31 \cdot 88,5 = 57367,9 \text{ кЖ/соат}$$

Флегманинг солиштирма иссиқлик сифими  $c_{\text{ф}}=4,3$  кЖ/(кгК) (15 - жадвалдан)

8.3. Иситишда иситувчи буғ билан

$$Q_3 = D \cdot 2711,3$$

Иситувчи буғнинг солиштирма энталпияси унинг босимида қараб 38 - жадвалдан таъланган.

## Иссиқлик сарфи:

8.4. Колоннадан дефлегмат орға ўтаётган буғлар билан

$$Q_4 = 308,3 \cdot 2086,8 = 643360,4 \text{ кЖ/соат}$$

Спирт буғи концентрациясига қараб 22 - жадвалдан унинг солиштирма энталпияси топилади ва  $i = 2086,8$  кЖ/кг.

8.5. Қолдиқ билан

$$Q_5 = 1037,5 \cdot 4,27 \cdot 100,5 = 445227,5 \text{ кЖ/соат}$$

Қолдиқнинг концентрацияга қараб, 15 - жадвалдан унинг солиштирма иссиқлик сифими аниқланади:  $c_{\text{к}} = 4,27$  кЖ/(кгК).

8.6. Иситувчи буғ сарфи ушбу формуладан топилади.

$$D = \frac{643360,4 + 445227,5 - 43272,3 - 57367,8}{2711,3 - 516,25} = 272,5 \text{ кг / соат}$$

Агроф муҳитга йуқотишлар б'лан ( $Q_{\text{йук}} = 5\%$  ).

$$D = 1,05 \cdot 272,5 = 286,2 \text{ кг/соат}$$

9. Пестувичи буннинг солиштирма сарфи ушбу  $y$  л билан топилади.

$$d_0 = \frac{286,2 \cdot 100}{156 \cdot 61,6} = 2,99 \text{ кг / кг}$$

10. Колоннанинг тарелкалари сон. ни аниқлаш.

10.1 Буннинг учун 7.15 формула асосида колоннанинг юқори қисми учун ишчи чизиқ тенгламаси ёзилади:

$$y = \frac{38,5}{1,4 + 1} + \frac{1,4}{1,4 + 1} \cdot x$$

$$y = 16 + 0,5^{\circ}4 \cdot x$$

Ушбу тенгламага биноан, 7.3 расмнинг ордината ўқиға 0-3 кесмаси қўйилади ( $B = 16$  моль). Сўнг нуқталар 1 ва 3 бирлаштирилади ва ҳосил бўлган 1-3 чизиқ колоннанинг юқори қисмининг ишчи чизигини ифодалайди. Нуқта 1 дан бошлаб, мувофиқат ва ишчи чизиқлар о'расидан,  $x_{\text{бош}}$  гача вертикал ва горизонтал чизиқлар ўтказилади. Ҳосил бўлган зиналар сонни назарий тарелкалар сонини  $n^{\circ} = 1,8$  курсатади.

10.2. Колоннанинг пастки қисмидаги тарелкалар сон. Буннинг учун

$$y = \frac{G}{G_0} (x) + \left[ 1 - \frac{G}{G_0} \right] \cdot x_0$$

формула ёрдамида колоннанинг пастки қисми учун ишчи чизиқ тенгламаси тузилади.

Колоннадаги суюқлик оқимининг миқдори ушбу формуладан топилади:

$$G_c = \frac{G_{\text{буш}}}{M_{\text{буш}}} + \frac{G_{\phi}}{M_{\phi}} = \frac{1192,65}{18,96} + 7,52 = 70,41 \text{ кмоль / соат}$$

Бошланғич аралашма мол массаси (7.12) тенгламадан аниқланади:

$$I_{\text{буш}} = \frac{100}{\frac{8,01}{46,07} + \frac{100 - 8,01}{18,02}} = 18,96 \text{ кг / кмоль}$$

Колоннадаги (сув - спирт буғлари) буғ оқимининг миқдори асосида аниқлаш мумкин:

$$G_6 = \frac{G_{II} \cdot (R+1)}{M_6} = \frac{D}{M_c} = \frac{272,5}{10,02} = 15,1 \text{ кмоль / соат}$$

бу ерда  $M_{\phi}$ ,  $M_{\text{буш}}$ ,  $M_c$  - флегма, бошланғич аралашма ва буғнинг мол массалари

Унда,

$$y = \frac{70,41}{15,1} \cdot x + \left[ 1 - \frac{70,41}{15,1} \right] \cdot 0,002$$

ёки

$$y = 4,66 \cdot x - 0,0073$$

Сунгра, мувозанат чизиғи кўриладич (7.7 расм).

Бунинг учун қуйидагилар топилади:  $x = 0$  бўлганда  $O$  нуқтада  $y = -0,0073$ ;  $x = 2$  бўлганда,  $a$  нуқтада  $y = 9,3$   $O$  ва  $a$  нуқталар бирлаштирилса, колоннанинг пастги қисми  $y$  тун ишчи чизиғи ҳосил бўлади.

Агар, нуқта  $I$  даги мувозанат чизиғи билан кесишгунча горизонтал ва вертикал чизиқлар ўтказсак, дистилляция жараёни учун назарий тарелкалар сони чиқади

$$n^* = 2,9$$

$$D = \frac{643360,4 + 445227,5 - 43272,3 - 57367,8}{2711,3 - 516,25} = 272,5 \text{ кг / соат}$$

Агроф муҳитга йўқотишлар билан ( $Q_{\text{йук}} = 5\%$ ).

$$D = 1,05 \cdot 272,5 = 286,2 \text{ кг/соат}$$

9. Нейтрончи буннинг солиштирма сарфи ушбу  $\mu$ л билан топилади.

$$d_6 = \frac{286,2 \cdot 100}{156 \cdot 61,6} = 2,99 \text{ кг / кг}$$

10. Колоннанинг тарелкалари сон. ни аниқлаш.

10.1. Буннинг учун 7.15 формула асосида колоннанинг юқори қисми учун ишчи чизик тенгласи ёзилади:

$$y = \frac{38,5}{1,4 + 1} + \frac{1,4}{1,4 + 1} \cdot x$$

$$y = 16 + 0,5^{\circ}4 \cdot x$$

Ушбу тенгламага биноан, 7.3 расмнинг ордината ўқига 0-3 кесмаси қўйилади ( $B = 16$  моль). Сўнг нуқталар 1 ва 3 бирлаштирилади ва ҳосил бўлган 1-3 чизик колоннанинг юқори қисмининг ишчи чизигини ифодалайди. Нуқта 1 дан бошлаб, мувофиқат ва ишчи чизиклар орасидан,  $x_{\text{бош}}$  гача вертикал ва горизонтал чизиклар утказилади. Ҳосил бўлган зиналар соңи назарий тарелкалар сонини  $n^{\circ} = 1,8$  курсатади.

10.2. Колоннанинг пастки қисмидаги тарелкалар сони. Буннинг учун

$$y = \frac{G}{G_0} \cdot (x) + \left[ 1 - \frac{G}{G_0} \right] \cdot x_0$$

формула ёрдамида колоннанинг пастки қисми учун ишчи чизик тенгласи тузилади.

Колоннадаги суюқлик оқимининг миқдори ушбу формуладан топилади:

$$G_c = \frac{G_{\text{буш}}}{M_{\text{буш}}} + \frac{G_{\text{ф}}}{M_{\text{ф}}} = \frac{1192,65}{18,96} + 7,52 = 70,41 \text{ кмоль / соат}$$

Бошланғич аралашма мол массаси (7.12) тенгламадан аниқланади:

$$I_{\text{буш}} = \frac{100}{\frac{8,01}{46,07} + \frac{100 - 8,01}{18,02}} = 18,96 \text{ кг / кмоль}$$

Колоннадаги (сув - спирт буғлари) буғ оқимининг миқдори асосида аниқлаш мумкин:

$$G_A = \frac{G_D \cdot (R+1)}{M_D} = \frac{D}{M_c} = \frac{272,5}{10,02} = 15,1 \text{ кмоль / соат}$$

бу ерда  $M_{\text{ф}}$ ,  $M_{\text{буш}}$ ,  $M_c$  - флегма, бошланғич аралашма ва буғнинг молъ массалапи

Унда,

$$y = \frac{70,41}{15,1} \cdot x + \left[ 1 - \frac{70,41}{15,1} \right] \cdot 0,002$$

ёки

$$y = 4,66 \cdot x - 0,0073$$

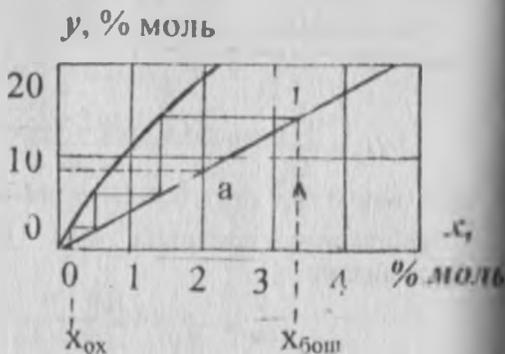
Сунгра, мувозанат чизиғи кўриларч (7.7 расм).

Бунинг учун қуйидагилар топилади:  $x = 0$  бўлганда  $O$  нуқтада  $y = -0,0073$ ;  $x = 2$  бўлганда,  $a$  нуқтада  $y = 9,3$   $O$  ва  $a$  нуқталар бирлаштирилса, колоннанинг пастги қисми  $y$  тун ишчи чизиғи ҳосил бўлади.

Агар, нуқта  $1$  д.т. мувозанат чизиғи билан кесишгунча горизонтал ва вертикал чизиқлар ўтказсак, дистилляция жараёни учун назарий тарелкалар сони чиқади.

$$n''_1 = 2,9$$

Бошланғич аралашманың концентрациясини 0,2 % моль дан 0,002 % моль га пасайтыриш учун зарур тарелкалар сони ушбу формулада ҳисобланади:



7. расм. Сув-сирт аралашмаси учун колоннинг ястки қисмидаги назарий тарелкалар сони аниқлаш учун  $x - y$  диаграмма.

$$n_{a2}^n = \frac{4,34 \cdot \ln \left[ 1 + \frac{x_{\text{бoш}}}{x_{\text{ox}}} \cdot \left( \frac{G_0 \cdot k_a}{G_c} \right) - 1 \right]}{0,434 \cdot \ln \frac{G_0 \cdot k_a}{G_c}} - 1$$

$$\frac{4,34 \cdot \ln \left[ 1 + \frac{0,2}{0,002} \cdot \left( \frac{15,1 - 13}{70,41} \right) - 1 \right]}{0,434 \cdot \ln \frac{15,1 - 13}{70,41}} - 1 = 4,0$$

10.3. Колоннанинг умумий назарий тарелкалар сони қуйидагича аниқланади:

$$n_n = n_n^o + n_{n1}^n + n_{n2}^n = 1,8 + 2,9 + 4,0 = 8,7$$

10.4. Ҳақиқий тарелкалар сонини билиш учун, 49 - жадвалдан уларнинг ф.п.к. топилади:

Колоннанинг юкори қисми, қалпоқчалар тарелкалар учун  $\eta = 0,5$ .

$$n_x^* = \frac{n}{\eta} = \frac{1,8}{0,5} = 3,6 \approx 4 \text{ дона тарелка}$$

Колоннанинг пастки қисмидаги тарелкалар учун  $\eta = 0,5$ ,

$$n_x^* = \frac{2,9 + 4,0}{0,5} = 13,8 \approx 14 \text{ дона тарелка}$$

11. Колоннанинг пастки алмашиниш қисмининг баландлиги қандайдигача ҳисобланади:

$$h_{\text{кол}} = (n_x - 1) \cdot h = 0,25 \cdot (4 + 14 - 1) = 4,25 \text{ м}$$

12. Колонна пастки қисми диаметри (7.24) формула ёрдамида топилади.

12.1. Буғ ҳажми ушбу формулада ҳисобланади:

$$V = \frac{G_b \cdot i_b}{\rho_b \cdot i_b \cdot 3600} = \frac{286,2 \cdot 2711,3}{3600 \cdot 0,632 \cdot 2568} = 1,14 \text{ м}^3/\text{с} = 178, \text{ м}^3/\text{с} \cdot \text{ч}$$

Бошланғич аралашма тарелкаларга кираётган пайтда  $u_b = u_{\text{бош}} = 8,0$  м/с масс,  $\rho_b = 0,632$  кг/м<sup>3</sup> ва  $i_b = 2568$  кЖ/кг параметрларга эга булган ҳол учун  $\rho_b$  ва  $i_b$  лар 22 - жадвалдан танланади.

12.2. Эарботаж чуқурлиги  $z = 30$  мм қабул қилиб, колоннанинг буғ кундалиг кесими учун буғнинг тезлиги

$$w = \frac{0,30 \cdot h}{60 + 0,05 \cdot h} = 0,012 \cdot z$$

формуладан топилади:

$$w = \frac{0,3 \cdot 5 \cdot 250}{60 + 0,05 \cdot 250} - 0,012 \cdot 30 = 0,69 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Колонна диаметри эса

$$d_n = \sqrt{\frac{0,14}{0,785 \cdot 0,69}} \approx 0,52 \text{ м}$$

Каталог ёрдамида юқори ва пастки қисмларда қалпоқли (ТСК) тарелкалар диаметри 600 мм тенг колонна танланади [3].

## КОНТРОЛ МАСАЛАЛАР

7.1. Крезол ( $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}$ ) сув буги ёрдамида а) атмосфера босими остида; б) 300 мм.с.м.уст. остида ҳайдалмоқда. Қуйидагиларни аниқлаш керак: ҳайдаш температурасини; олинган аралашманинг массавий таркибини; Крезолнинг бугдаги ҳажмий фоизи (%)ни ва унинг парциал босимини,  $\varphi = 0,8$  деб қабул қилинсин. Крезолнинг тўйинган буги босимини И7 расмдан (м-крезол) олинсин.

7.2. Бензол ва толуол аралашмаси 760 мм.с.м.уст. босими остида ва 95°C температурада қайнамоқда. 9. С температурада бензолнинг тўйинган буги босими 480 мм.с.м.уст. нинга тенг. Аралашма Раул қонуни бўйича характерланадиган деб ҳисоблаб, қайнаётган суюқликнинг таркибини аниқланг.

Агарда суюқликдаги толуол миктори 2 баробар кам бўлса, шу температурада суюқлик қандай босимда қайнаши мумкин?

7.3. 50°C температурада метил спирти-сув аралашмаси учун суюқлик ва буг мувозанат ҳолат таркибларини қуйидаги 2 шарҳ бўйича аниқланг: а) 300 мм.с.м.уст. босими остида ва б) 500 мм.с.м.уст. босими остида бўлганда аниқланг. Аралашма Раул

қонуни бўйича характерланади деб олинсин.

б) олат бўйича олинган маълумот изоҳлаб берилсин.

7.4. Раул қонунини қўллаш мумкин деб ҳисоблаб, тексангаштан аралашмаси учун умумий босим 2 кг/см<sup>2</sup> бўлганда  $x_1 = 0,5$  мувозанат ҳолат эри чизигини кўринг. Ташкил этувчиларнинг ҳар бирига олинган тўйинган буглар босимларини номограммалар билан олиб (Н7-расм).

7.5. Суяқ аралашма 10% (моль) сув ва 50% (моль) сирка кислотаси ва 40% (моль) ацетондан ташкил тоша. Бўлиб, температураси 80°C га тенг. Аралашмани ташкил этувчи компонентлар Раул қонунига бўйинлагани учун, суяқ аралашма қўқонганда ҳосил бўладиган мувозанат ҳолатдаги бугнинг таркибини аниқлаб беринг.

7.6. 1000 кг ли 2 компонентли аралашма, бензол ва толуолдан иборат бўлиб, унинг 30% (масс) ни бензол ташкил этади. Бу аралашма атмосфера босими остида оддий ҳайдашмоқда. Агар қолдиқ йиғинида бензол миқдори 18% (масс) ни ташкил этса, дистиллятнинг таркиби ва миқдорини 7.1-жадвал маълумотларидан фойдаланганда аниқланг.

7.7. 2600 кг ли сув ва сирка кислотаси аралашмаси атмосфера босими остида оддий ҳайдаш ёрдамида ажратилмоқда. Дастлаб аралашма таркибига сирка кислотаси 10% (моль) ни ташкил этган бўлса, ҳайдалган сувнинг қоллиқлиги миқдори 50% (моль) ни ташкил этади.

Қолдиқ ва дистиллят миқдорлари ва дистиллятнинг таркибинини аниқланг. Ташкил этувчиларнинг мувозанат ҳолати ҳақидаги маълумотни 62-жадвалдан олиб.

7.8. Узлуксиз ишлайдиган ректификацион колоннага етил спирит учувчан 24% (моль) ли сув қилиб келиб тушмоқда. Дистиллятнинг концентрацияси (қуюқлиги) 95% (моль), қайнатилганда қолдиқ қилиб келиб тушувчан компонентнинг (куб) миқдори 3% (моль) ни ташкил этади. Соатига 850 кмоль миқдордаги буг дефлегматорга тулади ва дефлегматордан 670 кмоль соат миқдориде флегма колоннага қайтиб келади. Қайнатилган (куб)даги қолдиқ миқдори қанча бўлишини аниқланг.

7.9. Узлуксиз ишлайдиган ректификацион колонна ёрдамида этил спирити ва сув аралашмаси ҳайдаб ажратилмоқда. Колоннадаги қисмий ишчи чизиги тенгламаси  $y = 1,28 \cdot x + 0,0143$ . Қайнатилган (куб)даги спирт қоллиқлигининг массавий % миқдорини аниқланг. Колонна дуруқ (глухой) бут билан ишлатилмоқда.

7.10. Узлуксиз ишлайдиган колоннага бензол ва хлор форм аралашмаси қайта ишланмоқда. Ректификация қилингандан сунг дистиллят таркибида енгил учувчан модда компонентдан 95% (масс) ҳосил бўлмоқда. Ютувчи (таъминловчи) суюқлик таркибида ушбу компонентдан 40% бор. Флегмани иш қиймаги минимал қиймагдан икки баробар катт. Бу иши маълум бўлса, колонна юқори қисми ил. ил. чизиғи инг. оғиш бурчаги тангенсини аниқлаб беринг. Ташкил этувчиларининг мувозанат ҳолатлари маълумоглари 62- жаъвалдан олинг.

7.11. Гексан ва сувдан ташкил топган 65°С температурали суюқ аралашма учун буғ фазасининг мувозанат таркиби ҳисоблансин. Иккала суюқлик ўзаро эрим-қиди деб тахмин қилинсин.

7.12. Сув ва бензолдан иборат суюқ аралашма учун атмосфера босимида қайнаш температури аниқлансин. Улар бир бирига эримаслиги ҳисобга олинсин.

7.14. Атмосфера босимида Рауль қонуни билан характерландиған бензол-толуол аралашмаси учун  $t-x$  ва  $y^*-x$  координатларида мувозанат диаграммаси ва фазаларнинг мувозанат таркиби ҳисоблансин.

7.15.  $t-x, y$  диаграммаси (7.3 расм) ёрдамида 55% (мол.) бензол ва 45% (мол.) толуолдан иборат суюқ аралашманинг қайнаш температураси ва буғининг мувозанат таркиби аниқлансин.

7.16. Суюқлик таркибида спирт миқдори 6,1% (ҳажмий) бўлганда, буғланиш коэффициентини аниқланг.

7.17. Конденсатордан чиқаётган дистиллят концентрацияси  $x = 75,2\%$  (ҳажмий), флегма сони  $R_{\min} = 1,6$  бўлса, дефлегматорга кираётган буғ концентрацияси ва флегмадаги метил спиртининг концентрациялари аниқлансин.

7.18. Конденсатордан  $G = 155$  кг/соат сарфда дистиллят чиқса, 7.17 масала шарғлари бўлган жараён учун флегма миқдори  $G_f$  ҳисоблансин.

7.19. Сув-спирт аралашмада спирт концентрацияси  $x = 8,0\%$  (ҳажмий) дистиллятда эса  $x_d = 69,5\%$  (ҳажмий) бўлганда минимал флегма сонини аниқланг.

7.20. Буғдаги спиртининг концентрацияси 35,0%, 55,0%, 93,5% (ҳажмий), қайнаётган сув-этил спирт аралашмада эса - 4,0%, 10,0%, 91,8% (ҳажм). Буғланиш коэффициенти чиқлансин.

7.21. Конденсаторда  $G_d = 1200$  кг/соат сарф билан ацетон-этил-спирт конденсацияланмоқда. Дистиллят таркибида ацетон концентрацияси 50%, конденсацияланаётган буғда эса - 43% (мол.).

Флегма соми ва унинг миқдори топилин.

7.22. Концентрацияси  $x_{\text{бош}} = 1\%$  бўлган 800 л миқдордаги, таркибида спирт бор суюқлик ҳайдалмо да. Ҳайдаш жараёни тугатгандан сўнг концентрацияси  $x_d = 24\%$  (ҳажм) бўлган 270 л суюқлик олинди. Қолдиқдаги спирт концентрацияси  $x_k = 0,1\%$  (ҳажмий). Ҳайдаш учун колориабган аралашманинг температураси  $t = 60^\circ\text{C}$ , иситувчи буг босими  $p = 0,15 \text{ МПа}$  га тенг.

7.23. Сув-ацетон аралашмаси фазаларга ажратилиши керек. Бошланғич эланик таркибидаги ацетон концентрацияси 10% (масс), дистиллятдаги эса - 92, % (масс).

Минимал флегма оми ҳисоблансин.

7.24. Концентрацияси 60% (ҳажмий) бўлган 300 кг/соат сарфда аралашма брага ҳайдаш қурилмасига юборилмоқда. Флегма оми 2,0 га тенг. Колоннадаги бугнинг тезлиги 0,5 м/с, босим эса  $p = 1,2 \dots 1,5 \text{ Па}$ . Колонна юқори қисмининг диаметри аниқлансин.

7.25. Концентрацияси 8% (ҳажмий) бўлган сув-спирт аралашма 1200 кг/соат миқдорда брага ҳайдаш қурилмасига киришмоқда. Концентрацияси 30% (ҳажмий) бўлган флегма миқдори 200 кг/соатни ташкил этади. Қолдиқдаги спирт миқдори - 0,01 % (ҳажмий). Флегма оми 2,0.

Колоннанинг пастки қисмидаги назарий тарелкалар оми топилин.

## КОНТАКЛИ ТОНШИРИШ N15

A % (ҳажм) концентрацияли дистиллят В кг/соат массавий сарфда конденсатордан оқиб чиқмоқда. Флегма оми С га тенг. Оқиб ташаётган флегмада этил спиртининг концентрацияси ни ва унинг миқдори аниқлансин.

вари- ант	Улчов б.рлиги	Шифрнинг охири раками бўйича вариантлар									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
A	% (ҳажм)	70	73	65	75	68	80	58	55	85	83
B	кг/соат	130	135	120	140	128	150	110	100	170	160
C		1,8	1,5	1,2	1,9	1,4	2,5	1,1	1,0	2,6	2,6

### КОНТРОЛ ТОПИШРИҚ НИС

Ректификацион колоннанинг тарелкалари орасидаги масофа  $L$  ва қурилмадан  $V$  ҳажмий сарфда буғ ўтмоқда. Нормал шароитда буғнинг зичлиги  $\rho = 1,25 \text{ кг/м}^3$ , суюқлиқники эса  $\rho_0 = 430 \text{ кг/м}^3$ . Колоннадаги абсолют босим  $P$  ўрта а температура  $t$ . Колоннанинг диаметри  $d$  қанча бўлиши керак?

вари- ант	Улчов б.рлиги	Шифрнинг охири раками бўйича вариантлар									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
L	мм	25	40	50	30	35	27	32	57	45	47
P	кгк/см <sup>2</sup>	1,2	1,5	1,8	1,2	1,3	1,18	,22	1,4	1,6	1,7

## ЭКСТРАКЦИЯҲАМ

## Ҳисобланган формулалари ва асосий боғлиқликлар

Экстракциялаш эб шундай жараё га айтиладики, аралашмани таркибидан қаттиқ ёки суяқ ҳолатдаги бир ёки бир неча компонентни эритувчи (экстрагент) ёрдамида бошқа компонентга нисбатан эритиб ажратиб олишга айтилади. Ҳосил бўлган аралашма таркибидан эса, керакли компонентни буғлатиш ёки ректификациялаш ёрдамида ажратиб олинади.

Қаттиқ жисмлардан эрийдиган моддаларни экстракция қилиш жараёнлари шакар, усимлик, крахмал, патока, шайратлар, витаминлар, фармацевтика, нефтни қайта ишлаш, нодир ва камёб элементларни олиш, чиқинди сувларни тозалаш, ишқор, кчелота ва гузларни олиш технологияларида, ҳамда озик-овқат маҳсулотларини ишлаб чиқаришида кенг қўлланилади.

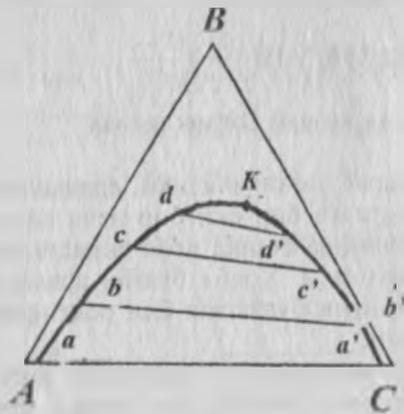
Суяқлик экстракциясини қўллашдан мақсад:

1) ректификация ёрдамида аралашмадан ажраладиган азеотроп аралашма ҳосил бўлиши, компонентларни термик чидамсизлиги туфайли чиқа олмаслиги туфайли;

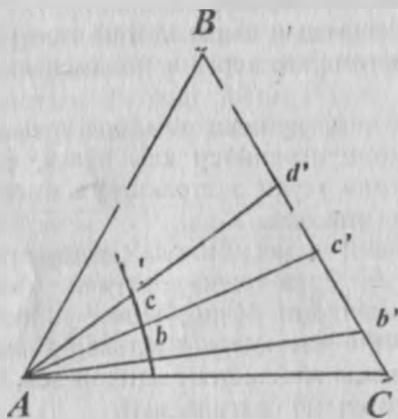
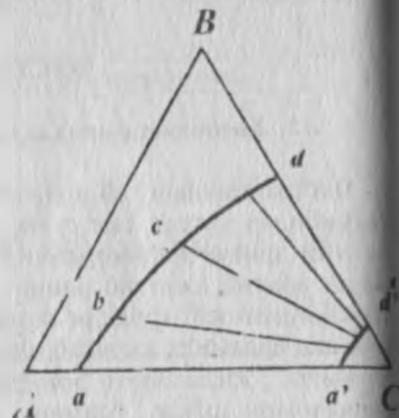
2) ташкил этувчи компонентларни қайнаш температуралари бир - бирига яқин бўлиб, ёки контракция кам бўлса, ёки бошқа сабаблар билан ректификация усули экстракцияга нисбатан иқтисодий сарф ҳаражат катта бўлганда.

8.1- расм:  $abcdKd'c'b'a'$  - чегаравий чизик (бинода); ушбу эгри чизик ичига жойлашган майдон 6; 2 та ташкил этувчи фаза жойлашган ажратувчи аралашма майдони бўлиб, унинг ташкил этувчиларнинг қиймаглари шу эгри чизикдаги нуқталар билан ифода қилинади; эгри чизик ташқарисидан жойлашган майдон эса, бу аралашмадан эритмалар майдонни қичиб белгиланади.

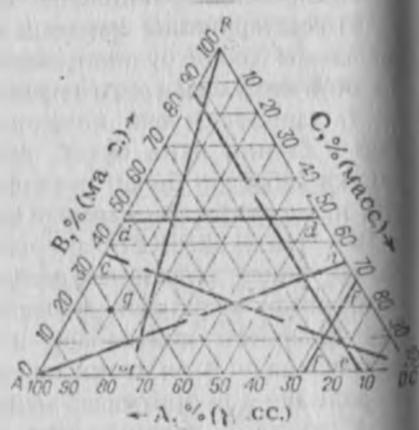
K нуқта - критик нуқта ҳисобланади; чегаравий эгри чизикнинг  $ab$  қисми - рафинатнинг шохобчаси (бирламчи эритувчининг қолдиги шу қолдидан экстракцияланган моддан олингандан сунги ҳолати); эгри чизик чегарани  $bc$  - экстрактлар шохобчаси;  $bb'$ ,  $cc'$ ,  $dd'$  ўзлаш фазаларни бирлаштурувчи нуқталар - яъни мувозанат бўлақлари;



8.1-расм.  $t = \text{const}$  бўлганда, бир (а) ва икки (б) бир-бирига қисман эрийдиган компонентли «сууюқлик-сууюқлик» системаси.



8.2-расм.  $t = \text{const}$  бўлганда «қаттик жисм-сууюқлик» системаси



8.3-расм. Мувозанатнинг уч бурчакли диаграммаси

8.2-расмда abcde - чегаравий эгри чизик бўлиб, унинг чап томони уч компонентли гетероген аралашма майдони; ўнг томон эса қатлам аралашма майдони.

Учбурчакнинг BC томони оқимнинг (қатламнинг) юқори қисмини характерлайди (эксерак ялланаётган модданинг эри-

тувчидаги эритма қисми) чегаравий эгри чизик эса, пастки оқим (қатлам)нинг таркибини характерлайди:  $bb'$ ,  $cc'$ ,  $dd'$ , мувозанат булаклари бўлиб ҳисобланади. Учбурчакнинг A чўққиси сўқали давоми бўлиб ҳисобланади.

Статик экстракцияга бағишланган масалалар асосан график усулда, яъни учбурчак ёки тўртбурчак диаграммалар ёрдамида ечилади.

1. Учбурчак диаграмманинг хусусиятлари:

а) Учбурчак чўққилари тоза, соф компонент A, B ва C га томонлари AB, BC ва AC лар икки компонентли A ва B, B ва C, A ва C аралашмага, учбурчак ичидаги нуқталар эса - уч компонентли аралашмани ифодалайди. Масалан, 8.3-расмдаги g нуқта аралашманинг қуйидаги таркибини кўрсатади: 70% (масс) A, 20% (масс) B, 10% (масс) C.

б) Учбурчак чўққисидан чиқарилган  $Aa$ ,  $Bb$ ,  $Cc$  нурлар бошқа икки компонентдан ташкил топган, бир хил ўзгармас  $x_B/x_C$ ,  $x_A/x_C$ ,  $x_A/x_B$  нуқталарнинг геометрик ўрнини кўрсатади.

в)  $da$ ,  $eb$ ,  $fc$  чизиклар, учбурчакнинг AC, BC, AB томонларига параллел бўлиб, ўзгармас B/A, C/A компонентли аралашмаларнинг геометрик ўрнини кўрсатади.

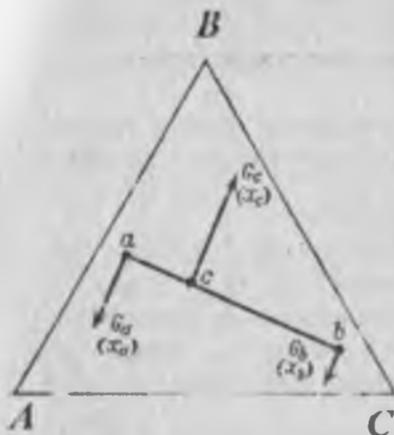
д) Посонги қондаси (огирлик кучи маркази қондасининг хусусий ҳоли). Ўсталган 2 та эритма қўшилганда, уларнинг таркиби диаграммада "a" ва "b" нуқталар билан берилган бўлсин. Аралашманинг умумий таркиби ab тўғри чизикда ётган "c" нуқта орқали ифодаланган. ac ва bc кесмалар олинган эритмалар миқдорига тескари пропорционалдир (8.4-расм):

$$G_a + G_b = G_c \quad (8.1)$$

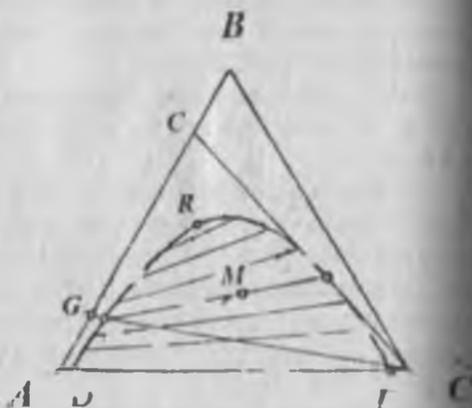
бунда  $x_a + x_b + x_c$  унга

$$\left. \begin{aligned} G_a \cdot \overline{ac} &= G_b \cdot \overline{bc}; & G_a / \overline{bc} &= G_b / \overline{ac}; \\ G_c \cdot \overline{ac} &= G_b \cdot \overline{ab}; \\ G_c \cdot \overline{bc} &= G_a \cdot \overline{ab}; & G_c / \overline{ab} &= G_a / \overline{ac} = G_b / \overline{bc} \end{aligned} \right\} \quad (8.2)$$

Бу ерда  $G_a$ ,  $G_b$ ,  $G_c$  - аралашмадаги a, b ва c компонентлар миқдори, кг;  $x_a$ ,  $x_b$ ,  $x_c$  - ўсталган (A, B ва C) компонентнинг a, b ва c аралашмадаги миқдори, % (масса).



8.4-рasm. Посоғи қонуни



8.5-рasm. Экстракция жараянининг үч бурчакли диаграммалари тасвири

3. Үч бурчак диаграмма ёрдамида экстракторда қол бераётган жараянларни ифода қилиш мумкин (8.5-рasm). Дастлабки аралашманинг таркиби E нукта, экстрактнинг таркиби эса, D нукта билан белгиланади. D нуктага мос келган аралашманинг миқдори  $G_D$ , E нуктага мос келган экстрагентнинг миқдори  $G_E$  га тенг.

Дастлабки аралашма ва эритувчини аралаштириш натижасида ҳосил бўлган суюқлик аралашмаси M нукта билан белгиланади:

Бунда

$$\frac{G_D}{G_E} = \frac{ME}{MD} \quad (2.3)$$

M нуктага тўғри келган аралашма экстракт ва рафинатга ажратилади. Шундай қилиб, дастлабки аралашманинг эритувчи билан бир марта тўқнашуви орқали 2 та ҳафта (экстракт ва рафинат) ҳосил бўлади.

Экстракт B компоненти билан бойитилган бўлса, рафинатнинг таркибида B компонент жуда оз миқдорда бўлади. Экстракт ва рафинат миқдори қуйидаги ифода ёрдамида топилади:

$$\frac{G_R}{G_L} = \frac{M_L}{M_R} \quad (8.4)$$

4. Экстракция қилинган компонент В нинг экстракт ва рафинат фазалари ўртасидаги қисмлашмиш коэффициентни қуйидаги нисбатдан топилади:

$$k = \frac{y_B}{x_B}; \quad \xi < 1 \quad (8.5)$$

бу ерда  $y_B$  - экстракт таркибидagi В компонент миқдори, % (масса);

$x_B$  - рафинат фазасидagi В компонентининг мувозанат миқдори, % (масса).

Одатда тақсимлашмиш коэффициентни концентрацияга боғлиқ бўлади. Шунинг учун аналитик ҳисоблар фақат тахминий натижалар беради.

5. Тўғри тўртбурчак диаграммалари.

Агар, да бирламчи А ва иккиламчи В эритмаларининг ўзаро эришмиш ҳисобга олинишда, график усулда ҳисоблаш учун тўғри тўртбурчак диаграммадан фойдаланилади. Бунинг учун  $x'$  -  $y'$  координатларидаги диаграмма жуда қўл келдири.

унда

$$x'_B = \frac{x_B}{100 - x_B} \left\{ \frac{\text{кг экстракция шувчи компонент рафинат фазасида}}{\text{кг бирламчи эритма}} \right\} \quad (8.6)$$

$$y'_B = \frac{y_B}{100 - y_B} \left\{ \frac{\text{кг экстракция шувчи компонент экстракт фазасида}}{\text{кг иккиламчи эритма}} \right\}$$

6. Эритмани қисман алмаштириш усули билан қаттиқ жисмдан экстракция қилиш, n-пс энгчи экстракциянинг умумий моддий баланси қуйидаги кўринишга эга:

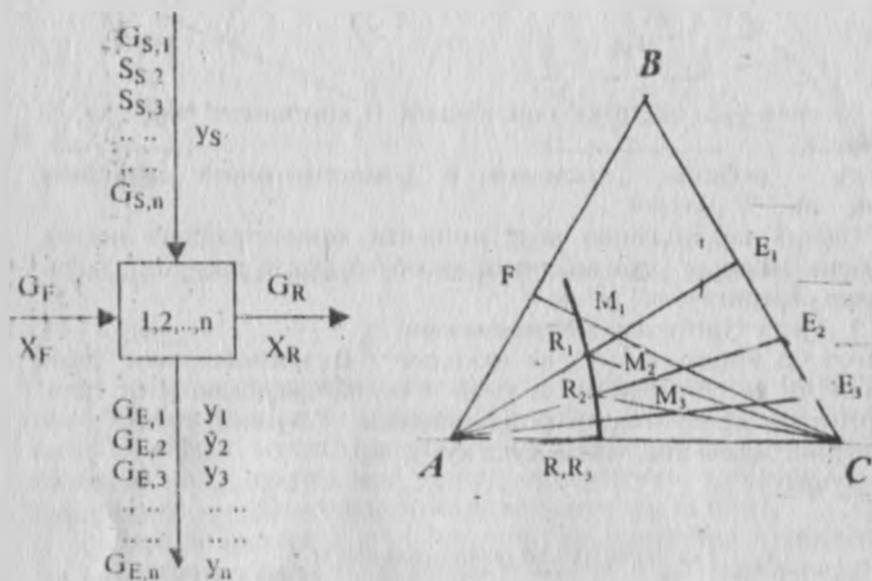
$$G_{R,n} + G_{S,n} = G_{R,n} + G_{E,n} \quad (8.7)$$

Экстракция қилинган компонент бўйича n-посонанинги умумий моддий баланси шунбу формула орқали топилади:

$$G_{Rn-1} \cdot x_{n-1} + G_{3n} \cdot y_3 = G_{Rn} \cdot x_n + G_{En} \cdot y_n \quad (8.8)$$

7. Қаттиқ жиемларни түгри йўналишли экстракциялаш.

Моддий баланс тенгамаси худди қарама-қарши йўналишли сувоқлик экстракцияси тенгамаси кабидир, льни 8.6-расм, ва ушбу тенгамалар орқали топилади.



8.6-расм. Эритувчини вақти-вақтида алмаштириш усулида қаттиқ жиемдан экстракция қилини.

Моддий баланси экстракторнинг умумий моддий баланси тенгамаси:

$$G_I + G_{II} = G_R + G_E$$

Экстракция қилинаётган компонент бўйича моддий баланс тенгамаси ушбу кўринишга эга:

$$G_R \cdot x_I + G_{II} \cdot x_{II} = G_R \cdot x_E + G_I \cdot x_I$$

Агар биринчи погонадан ташқари ҳамма погоналар учун оқимлар нисбати ўзгармас бўлса, яъни  $a_2 = a_3 = \dots a_1 = \text{const}$ , экстракциялашнинг компонентнинг қай ажратиладиган погонаси куйидаги тенглама ёрдамида аниқланади:

$$\varphi = \frac{1}{1+a_1 (1+a+a^2 + \dots + a^{n-1}) - \frac{G_R \cdot y_1}{G_R \cdot x_n} [1+a_1 (1+a_1 a^2 + \dots + a^{n-2})]} \quad (8.9)$$

Тоza эритувчинини қўлласак,  $y_s=0$  бўл и ва (8.9) кўринишини куйидагича бўлади:

$$\varphi = \frac{1}{1+a_1 \cdot (1+a+a^2 + \dots + a^{n-1})} \quad (8.10)$$

Бундан ташқари, киритилаётган қаттиқ модда миқдори эритма миқдорига тенг бўлса ва худди погоналар орасидек бўлса, яъни  $a_1=a$  бўлса, у ҳолда

$$\varphi = \frac{1}{1+a+a^2 + \dots + a^n} \quad (8.11)$$

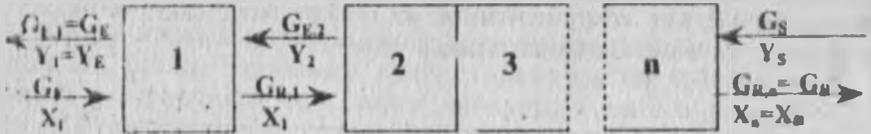
Экстракциялашнинг назарий погоналар сонини  $n$  аниқлаш учун, оқимлар нисбати  $a_2 = a_3 = \dots a_n = \text{const}$  ўзгармас бўлганда куйидагича аниқланади:

$$n_c - 1 = \frac{\lg \frac{x_R - y_S}{x_1 - y_2}}{\lg \frac{y_2 - y_S}{x_1 - x_R}} = \frac{\lg \frac{x_1 - y_2}{x_R - y_S}}{\lg \frac{x_1 - x_R}{y_2 - y_S}} \quad (8.12)$$

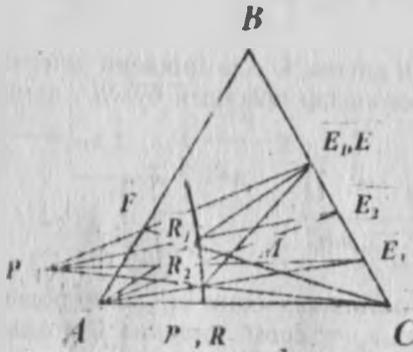
Юқоридаги сонни график ёрдамида аниқлаш мумкин, худди бинар системаларини аниқлагандек  $y - x'$  тўғри координатли диаграмада,  $x' = x_1 / (1 - x_A)$ ; яъни эримайлини қаттиқ жисм масаси ҳисобда иштирок этади.

Мувозанат чиз.қ тенгламаси ушбу ҳолатда  $u^* = x'$ ; иш чинини тенгламаларини моддий баланс тенгламаларидан чиқариш мумкин.

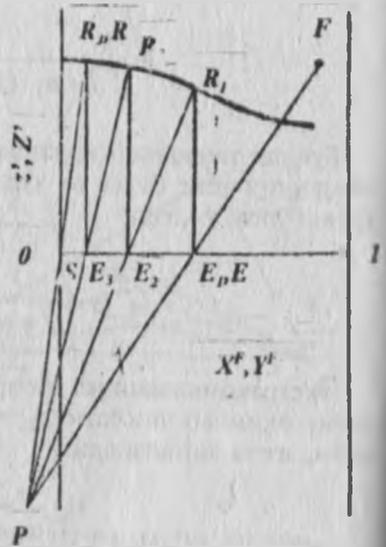
а)



б)



в)



8-расм Каттик жисмларни қарама-қарши йуналишим экстракция қилиш жараёни.

Каттик жисмларни экстракция қилиш жараёнида молекуляр диффузия йули билан ажратиб олинган модданинг миқдори муайян формула ёрдамида аниқланади:

$$G = \frac{D_m}{l} \cdot (c_1 - c_2) \cdot F \cdot \tau \quad (8.13)$$

$D_{и}$  - молекуляр ички диффузия коэффициенти,  $m^2/соат$ ;  $l$  - қаттиқ жисмнинг геометрик ўлчами,  $m$ ;  $T$  - экстракциялаш вақти,  $соат$ ;  $F$  - жисм юзаси,  $m^2$ ;  $c_1$  - қаттиқ жисмдан ажратиб олинаётган модданинг ўртача концентрацияси,  $кг/м^3$ ;  $c_2$  - ажратиб олинаётган модданинг экстрактдаги концентрацияси,  $кг/м^3$ .

Конвектив диффузия йули билан экстрактга ўтган модданинг миқдори ушбу формула орқали топилади:

$$G = \frac{D_{и}}{s} \cdot (c_1 - c_2) \cdot F \cdot T \quad (8.14)$$

бу ерда  $D_T$  - конвектив (ташқи) диффузия коэффициенти,  $m^2/соат$ ;  $\delta$  - чегаравий қатлам қалинлиги,  $m$ ;  $c_3$  - ажратиб олинаётган модданинг эритмадаги концентрацияси,  $кг/м^3$ .

"Газ - газ" ва "газ - суюқлик" системаларида диффузия коэффициенти аниқлаш. Газ А нинг В газдаги диффузия коэффициенти (ёки В нинг А даги) қуйидаги тенглама ёрдамида топиш мумкин:

$$D = \frac{0,00435 \cdot 10^{-4} \cdot T^{1,3}}{p \cdot [V_A^{0,33} + V_B^{0,33}]} \cdot \sqrt{\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B}} \quad (8.15)$$

$T = 273,16 + t$  - абсолют температура,  $K$ ;  $p$  - босим,  $МПа \cdot 10^{-4}$ ;  $V_A, V_B$  - газларнинг молчр ҳажмлари  $см^3/мол$ ;  $M_A, M_B$  - газларнинг молекуляр массалари.

Агарда газлар учун  $T$  температура ва  $p_0$  босимдаги диффузия коэффициенти маълум бўлса, унда  $T$  температура ва  $p$  босимдаги диффузия коэффициенти ушбу формуладан ҳисоблаб топилади.

$$D = D_0 \cdot \frac{p}{p_0} \left[ \frac{T}{T_0} \right]^{1,3} \quad (8.16)$$

$20^{\circ}C$  температурада, суюқликда эриган газнинг диффузия коэффициенти эса қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$D_{20} = \frac{10^{-6}}{AB \cdot \sqrt{\mu_{20}} \cdot [V_A^{0.33} + V_B^{0.33}]} \cdot \sqrt{\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B}} \quad (8.17)$$

Агарда 20°C температура учун  $D$  маълум бўлса, бошқа температураларга тегишли диффузия коэффициентини ушбу формула орқали ҳисоблаб топилади:

$$D = D_0 \cdot [1 + b \cdot (t - 20)] \quad (8.18)$$

$$b = \frac{0.2 \cdot \sqrt{\mu_{20}}}{\sqrt{r}}$$

бу ерда  $b$  - коэффициент;  $r$  - суюқликни  $1$  г ҳажмий массаси,  $\text{кг/м}^3$ .

Температура 20-90°C оралиқда сахарозанинг сувда эриган концентрацияси  $c = 5-30$  % бўлса, диффузия коэффициентини ушбу формуладан топилади:

$$D = 7,422 \cdot 10^{-8} \cdot e^{0.015 \cdot c} \cdot e^{\frac{2700}{T}} \quad (8.19)$$

## МИСОЛЛАРНИ ИШЛАШ НАМУНАСИ

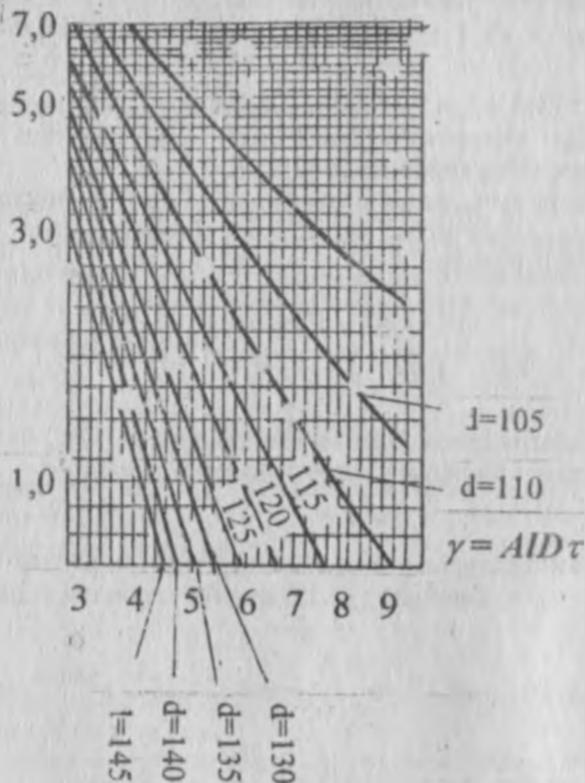
8-1. Лавлаги таркибидаги бўлган ичиш ширинлик миқдори 17.5% диффузия коэффициенти  $D = 69,2 \text{ м}^2/\text{с}$ , жараён температураси 63°C, 100 г паррак узунлиги  $l = 20$  м, батарея айланиш вақти  $\tau = 70$  мин, экстракт саралаб олинганда асосан 17.5% бўлса, 14 қўлмалар диффузион батареяда қайта ишланаётган лавлаги парракларидан қандай миқдори Саниқлансин.

Самарали диффузия вақти

$$\tau = \frac{\tau_0 \cdot (m - 4)}{14}$$

бу ерда  $m$  - диффузион батареялар сони; 4 - янги ишланган ширинлик таррак сони [20].

100 қ.м қандға X-нинг йўқотилиши



t°C	D
60	63,0
62	67,1
64	71,7
66	75,3
68	79,4
70	83,5
72	87,6
74	91,7

8.8-расм. Диффузион қаттамаларни ҳисоблаш үчүн номграммалар

$$\tau = \frac{70 \cdot (14 - \tau)}{14}$$

8-1 жадвал

Диффузорлар сони	12	14	16
Коэффициент А	$6,5 \cdot 10^{-5}$	$5,7 \cdot 10^{-5}$	$5,2 \cdot 10^{-5}$

Коеффициент А диффуз он багареялар таркибидаги блокларнинг боғлиқ бўлиб,  $\delta \cdot l$  шартидан таъналади.

$$\gamma = A \cdot D \cdot l \cdot \tau = 5,7 \cdot 10^{-5} \cdot 69,2 \cdot 20 \cdot 50 = 3,94$$

Агар,  $\gamma = 125\%$  ва  $\gamma = 3,94$  аниқланганидан сўнг, номограммалар (8.8-расм) жом билан йўқотилганидан қанд миқдори топилади, яъни 100 қисм қанд ҳисобига  $X = 2,65\%$ .

Агар, бошланғич лавлаги парракларида қанд миқдори 17,5% бўлса, қанда ишланган жом таркибидаги қанд миқдори қуйидагига тенг бўлади:

$$c_1 = \frac{X \cdot 17,5}{100} = \frac{2,65 \cdot 17,5}{100} = 0,46 \%$$

8-2. Концентрацияси 20% ва температураси 70°C булган сахарозанинг сувдаги диффузия коеффициенти аниқланг.

Ечиш:

Жараён температураси  $T = 273 + 70 = 343 \text{ K}$  га тенг бўлади. Диффузия коеффициенти (8.19) формула орқали топилади

$$D = 0,22 \cdot 10^{-5} \cdot e^{0,015 \cdot c} \cdot e^{-\frac{2700}{T}} = 0,422 \cdot 10^{-5} \cdot e^{0,015 \cdot 20} \cdot e^{-\frac{2700}{343}} =$$

$$= 0,422 \cdot 0,7408 \cdot 0,3882 \cdot 10^{-5} = 1,195 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$$

### УЗЛУКСИЗ ИШЛАЙДИГАН ЭКСТРАКТОРЛАРНИНГ ГИДРОДИНАМИК ҲИСОБИ [6,10]

Одатда, тарелкалардаги тешиклар диаметри  $d_0 = 3-6 \text{ мм}$ , тешик томонли учбурчак шакллари бўйича жойлаштириш қадами  $l = 12+20 \text{ мм}$ . Купкина тажрибалар шунини кўрсатдики, ушбу тешикларда дисперс фазанинг тезлиги 0,15-0,30 м/с бўлиши оптималь режимга туғри келади.

Санъатда галвирсимон тарелкали экстракторлар анча кўп ишлатилади, шу сабабли мисол тариқасида шу қурilmаларнинг ҳисоблаш тартиби билан танишиш чиқамиз.

Дисперс (сик томи) фазанинг сарфи бўйича тарелканинг перфорация қилинган қисмининг (яъни тешикларининг) юзаси ҳисобланади:

$$F_1 = \frac{G}{3600 \cdot \rho_d \cdot \varepsilon \cdot w_d} \quad (8.21)$$

бу ерда  $\rho_d$  - дисперс фазанинг зичлиги,  $\text{кг/м}^3$ ;  $w_d$  - томчининг нисбий тезлиги,  $W_d = 0,15 - 0,30$  м/с;  $\varepsilon$  - тарелканинг перфорацияланган қисм, эркин кесимининг коэффициенти. Бу коэффициент тешиклари учбурчак учлари бўйича бirlлаштирилганда қуйидагига топилади:

$$\varepsilon = 0,07 \frac{d_o^2}{t^2} \quad (8.21)$$

бу ерда  $t$  - тешиклар орасидаги масофа.

Яхлит фазанинг сарфи  $F_2$  бўйича тарелка таги қуйилиш трубкасининг юзаси топилади:

$$F_2 = \frac{G}{3600 \cdot \rho_c \cdot w_c} \quad (8.22)$$

бу ерда  $\rho_c$  - яхлит юза зичлиги,  $\text{кг/м}^2$ ;  $w_c$  - бу фазанинг патрубкалаги тезлиги, м/с.

Қуйилиш патрубकाдаги яхлит фаза оқими орқали олиб кетиладиган майда томчиларнинг диаметри ёрдамида  $w_c$  нинг қийматини аниқлаш мумкин:

$$w_c = \frac{\Delta \gamma \cdot d_{\text{т}}^2}{18 \cdot \mu_c} \quad (8.23)$$

бу ерда  $\mu_c$  - яхлит фазанинг динамик қовушқуқлик коэффициентини Па·с;  $\Delta \gamma$  - дисперс ва яхлит фазаларнинг солиштирма массалари орасидаги фарк,  $\text{Н/м}^3$ .

Тарелкани қуролма корпусига бirlлаштириш ва қуйилиш қурилмаларини йиғиш учун  $F_1$  ва  $F_2$  юзалар йиғиндисининг 10% га таъин бўлган ҳаққини он кесимли майдага қолдирилади:

10% га тенг бўлган ҳалқасимон кесимли майдон қолдирилади:

$$F_3 = 0,1 \cdot (F_1 + F_2) \quad (8.24)$$

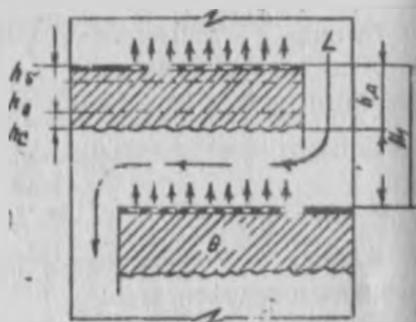
Бунда экстракторнинг ички диаметри қуйидагича аниқланади:

$$D = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot (F_1 + F_2 + F_3)} \quad (8.25)$$

Ҳар бир тарелка остидаги (ёки устидаги) томчиланган суюқлик тиргович қатламининг баландлиги (8.9-расм) қуйидагидеги йиғиндига тенг:

$$h_d = h_s + h_o + h_{\Pi} \quad (8.26)$$

(8.26) тенгламадаги фазаларнинг ўзаро кучини енгини учун зарур бўлган томчиланган суюқлик қатламининг баландлиги  $h_s$  қуйидаги тенгламадан топилади:



8.9-расм. Тиргович баландлигини ва тарелкалар орасидаги масофани ҳисоблаш

$$h_s = \frac{4 S}{d_{MT} \cdot \Delta \gamma} \quad (8.27)$$

бу ерда  $d_{MT}$  - суюқликни томчиларга ажратувчи қурилма тешикларининг диаметри, м,  $S$  - фазалар орасидаги таранглик кучи, Н/м.

Тешиклардаги иш тезлиги  $w_o$  ни ҳосил қилиш учун керак бўлган томчиланган суюқлик қатламининг баландлиги  $h_s$  қуйидаги формуладан аниқланади:

$$\rho = \zeta_0 \cdot \frac{w_0^2 \cdot \gamma_d}{2 \cdot g \cdot \Delta y} \quad (8.28)$$

бу ерда  $\rho_d$  дисперс фазанинг солиштирма массаси,  $\text{Н/м}^3$

$\zeta_0 = 1,82$  - тешикларнинг қаршиллик коэффициенти.

Куйилиш патрубклариди яхлит фазанинг  $w_n$  тезлик билан ҳаракатланиши у.ун зарур бўлган томчиланган суюқлик қатламичин. Баландлиги  $h_n$  куйидаги ифодадан топилади:

$$h_n = \zeta_n \cdot \frac{w_n^2 \cdot \gamma_c}{2 \cdot g \cdot \gamma} \quad (8.29)$$

$\zeta_n$  - яхлит фазанинг солиштирма массаси,  $\text{Н/м}^2$ ,  $\zeta_n = 4,5$  - куйилиш патрубкларининг қаршиллик коэффициенти.

Тарелкалар орасидаги масофа  $H_T$  дисперс ва яхлит фазалар қатламлари баландликлари  $h_d$  ва  $h_c$  нинг йигиндисига тенг (8.7-расм).

$$H_T = h_d + h_c \quad (8.30)$$

Тажриба натижаларига кўра, яхлит фаза қатламининг баландлиги  $h_c = 0,2$  м бўлганда модда ў.лазиш жара.и анча тез боради. Тарелкалар орасидаги масофа  $0,25 - 0,6$  м қилиб ўллинади. Катта ўлчамдаги колонналар учун  $H_T = 0,4 - 0,6$  м, шунда тарелкаларни вақт-вақти билан овозлаб туриш учун тарелкалар орасига аэокл.н ўрнат.лиши керак.

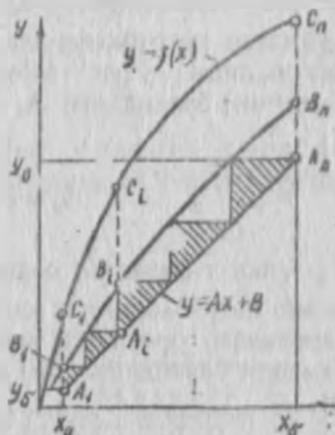
Тарелкалар юзасига нисбаган олинган модда ўтказиш коэффициенти  $K_{UT}$  ни билган ҳолда тарелканинг ўтказиш бирлиги сонни топилади:

$$n_{UT} = \frac{1,4 \cdot y_T \cdot \gamma}{G} \quad (8.31)$$

$x - y$  - диаграммасига мувофиқат чизиги  $y_m = f(x)$  ва экстракциялашнинг ишчи чизиги  $y = Ax + B$  ни жонлаштириш орқали тарелканинг хис.и. чизигини ҳам чизиш мумкин (8.10-расм). Бунинг учун мувофиқат ва ишчи чизиклари орасидаги масофалар куйидаги ни. батлар бўйича бўлинади:

$$\frac{A_1 C_1}{B_1 C_1} = \frac{A_2 C_2}{B_2 C_2} = \dots = \frac{A_n C_n}{B_n C_n} = L_{\text{норм}} \quad (8.32)$$

$L_{\text{норм}}$  ning қийматларини билиш орқали  $B_1, B_2, \dots, B_n, \dots, B_n$  ну аларли аниқлаёмиз. Сунги, бу нуқталарни ўзаро бирлаштириб кинетик эгри чизигини ҳосил қиламиз.  $y - x$  диаграммада топилган кинетик эгри чизик ишчи чизиги орасида ва берилган концентрациялар  $x_0, x_n$  ёки  $y_0, y_n$  чегараларида тузилган погоналарнинг соли қолонидани тарелкалар сони  $n$  ни беради.



8.10-расм. Қарама - қарши умал шил экстракторларни тарелкалар сони аниқлаш.

Шундай қилиб, экстракторларнинг ишчи баландлиги кубиндагича аниқланади:

$$H_{\text{иш}} = H_1 \cdot n \quad (8.33)$$

## КОНТРОЛ МАСАЛАЛАР

8.1. Температураси  $25^\circ\text{C}$  булганда сув-сирка кислотта - этил эфири ( $84^\circ\text{C}$ -8,8%-7,2%) системаси учун учбурчакли муқозанат диаграммасини кўринг.

8.2. 10 кг сув, 5 кг этил эфири ва 5 кг сирка кислотани қатламларга акраладиган аралашманинг таркиби ва фазалар микдорини аниқлаб беринг. Қанча микдорда этил эфири чиқиб

кетиши билан ушбу аралашма қатл мларга ажралиши тўхтайд.

8.3. 25°C температурада таркибида 1% (масс) сувли эритмадан сирка кислотаси экстракцияланмоқда. Аралашманинг дастлабки массаси 1200 кг. Агарда экстракция қарама-қарши юналишда тоза эфир ёрдамида олиб борилад.ган бўлса, эритувчининг ҳайдаб бў гандан сўнг, ҳосил бўладиган маҳсулот миқдори таркибини аниқлаб беринг. Жараён, эритувчисининг массасининг ишлов берилаётган аралашмасига нисбати 1,5 баробар катта бўлганда 2 та поғона ёрдамида олиб борилад.

8.4. Таркибида 20% (масс) сирка кислотаси бўлган сувли эритмадан экстракция ёрдамида, этил эфири оқими қарама-қарши юналганда сирка кислота ажратиб олинмоқда. Агарда экстракт миқдори 60% (масс), рафинатда эса 2% кислота қолиши керак бўлса, (эритувчи ҳа. дагандан сўнг) дастлабки эритма миқдори 1000 кг/соат учун зарур бўладиган эритувчининг миқдори ва экстракциялаш учун назарий погонлар сонини аниқлаб беринг.

8.5. 1 м<sup>3</sup> сув таркибида 1,5 кг бензой кислотаси бор сувли эритма экстракцияланмоқда. Сўнгра, бу маҳсулот кетма-кет 1 м<sup>3</sup> бензолда 0,2 кг бензой кислотаси ёр эритма билан ювилмоқда. Сув ва бензол ҳажмларининг нисбати  $V_g / V_s = 4$  га тенг. Сувдаги бензой миқдори 0,2 кг/м<sup>3</sup> га етгунча неча мартта ювиш раклибини аниқланг (яъни неча поғона). Ҳосил бўладиган экстрактыннинг таркибини ҳам аниқлаб беринг. Ишчи температурасида мувозанат ҳолатдаги маълумотлар қуйидагича:

Бензой кислотасининг сувдаги концентрацияси, кг/м<sup>3</sup>:

0,104; 0,456; 0,707; 1,32; 1,56;

Бензой кислотасининг бензолдаги концентрацияси кг/м<sup>3</sup>:

0,187; 2,45; 6,12; 18,2; 24,5;

8.6. Бензолнинг 25% ли сувдаги эритмасида 0,5% (масс) 1,4-диоксан бўлиб, у қарама-қарши оқимли экстракторда экстракцияланмоқда. Диоксанининг сувдаги охириги миқдори 2% (масс) га тенг бўлади.

1) 100 кг дастлабки аралашмага тўғри келадиган эритувчиларнинг минимал миқдори;

2) Экстракциялаш учун керакли назарий поғоналар сонини;

3) Эритувчининг миқдорини минимал миқдоридан 1,5 баробар кўп бўлганда экстракт таркибини аниқланг.

25°C даги мувозанат ҳолатдаги маълумотлар қуйидагича:

Диоксанининг сувдаги миқдори кг/м<sup>3</sup>: 0,0537; 0,233; 0,337;

Диоксанининг бензолдаги миқдори кг/м<sup>3</sup>: 0,0548; 0,291; 0,471;

8.11. Экстракт ва рафинагнинг бир қисми қайта келиши билан экстракция қурилмасида  $25^{\circ}\text{C}$  да метилциклогексан гептандаги 10% эритмасидан ан.лин ёрдамида экстракцияланмоқда. Экстракт таркибида метилциклогексан миқдори 98%, рафинит таркибида эса 1% (эритувчидан ташқари) таъшил этади. Қайтувчи экстракт миқдорини - экстракт-маҳсулот миқдорига нисбатини минимал қийматида 1,615 баробар кўп де олиш керак. Дастлабки аралашма миқдори 100 кг/соат бўлганда, экстракциялаш поғоналар сонини, рафинат ва экстракт таркибини, рафинит ва экстрактнинг, қайтувчиларнинг ва эритувчининг миқдорлари аниқлансин.

8.12. Ҳар бири  $7 \text{ м}^3$  ҳажмга эга бўлган қарама-қарши оқимли 3 та тиндиргич батареясига,  $\text{CaCO}_3$  чўкмаси  $1 \text{ м}^3$  сувда 2 т  $\text{NaOH}$  эритма киритилмоқда ва буғлатиш учун эса  $6 \text{ м}^3$  тиндиргичан концентрланган эритма олинмоқда. Бошқа томондан эса, эритувчи сифатида батареяга 2000 кг  $\text{NaOH}$  га мос равишда  $6 \text{ м}^3$  гоза сув киритилмоқда.  $\text{CaCO}_3$  чўкмаси поғонадан поғонага ўтишда ва батареядан чиқариб ташланаётган пайтида  $1 \text{ м}^3$  эритмани ушлаб қолмоқда.

Юқоридаги шароитларда қуйидагиларни аниқланг:

- а) шламдаги  $\text{NaOH}$  миқдорини;
- б)  $\text{NaOH}$  ажратиб олиншини;
- в) буғлатишга юборилаётган эритмадаги  $\text{NaOH}$  неча фоизни ташкил қилади.

8.13.  $\text{NaOH}$ нинг чиқариб олиш даражаси 0,98 га тенг бўлганда, 8.12 масала шарти бўйича экстракциялаш поғона сонини аниқлаб беринг.

8.14. Агар экстрактда  $\text{SiCl}_2$  миқдори 9% бўлиб (масс) ва минини чиқариб олиниш даражаси 92% ташкил этса, 8.13 масала шарти бўйича экстракциялаш жараёнининг поғоналар сонини аниқлаш керак.

8.15. Температура  $20^{\circ}\text{C}$  ва босим  $1 \cdot 10^5$  Па бўлганда, аммиакни сувдаги диффузия коэффициентини аниқлашсин.

8.16. Температура 20, 50,  $100^{\circ}\text{C}$  бўлганда аммиакни сувдаги диффузия коэффициентини ҳисоблаб чиқилсин.

8.17. Температураси  $60^{\circ}\text{C}$  ва концентрацияси 25% бўлганда сахарозани сувдаги диффузия коэффициенти топилсин.

8.18. Босим  $2 \cdot 10^5$  Па ва температураси  $70^{\circ}\text{C}$  бўлганда, уларнинг диоксинининг ҳаводаги диффузия коэффициенти аниқлашсин.

8.19. Жом таркибида шакар миқдори 0,1% булиши учун

қисми батареядан экстракт (қанд лавлаги массасига % ҳисобида) олиниши қандай бўлиши керак? Қанд лавлаги таркибида шакар миқдори 19%. 100 г қанд лавлаги паррагининг узунлиги 20 м. Жараён температураси 70° С ( $D = 79,4 \text{ м}^2/\text{с}$ ). Батарея тўлиқ ишлайиши  $\tau = 80$  мин.

8.20. Жом таркибиде шакар миқдори 0,4% (лавлаги массасига олинганда), бўлиши учун узлуксиз ишлайдиган колонна диффузио: курилмада экстракция жараёни қанча вақт  $\tau$  бўлишини ҳисобланг. Қанд лавлаги таркибидеги шакар миқдори 18%, жараён температураси 75°С,  $D = 83,5 \text{ м}^2/\text{с}$ , экстракт олғиниши  $a = 120\%$  (қанд лавлаги массасига), 100 г қанд лавлаги парраги узунлиги  $l = 10 \text{ м}$ ,  $A = 6 \cdot 10^{-5}$ .

### КОНТРОЛ ТОПШИРИҚ N17

Концентрацияси  $x$  в температураси  $t$  бўлганда, сахарозанинг сувдаги диффузия коэффициентини ҳисоблаб чиқилсин.

Параметр	Улчов бирлиги	Шифрнинг охири рақами бўйича вариантлар									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$x$	%	70	50	40	60	30	20	10	50	80	40
$t$	°С	50	20	30	60	40	80	60	35	25	90

### КОНТРОЛ ТОПШИРИҚ N18

Узгармас концентрацияли ва температураси  $t$  бўлган  $Z$  модданинг сувдаги диффузия коэффициентини ҳисоблаб топилсин. Коэффициент  $\beta = 0.02$ .

Параметр	Улчов бирлиги	Шифрнинг охири рақами бўйича вариантлар									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$Z$	°С	100	30	90	120	200	60	50	150	300	70
		$N_2$	$NH_3$	$H_2$	$O_2$	$Cl$	$CO$	$NO$	$H_2S$	$CH_3$	$SO_2$

## АДСОРБЦИЯ

Газ ёки суюқ фаза таркибидаги бир ёки бир неча компонентларни қаттиқ жисм ёрдамида ютилиш жараёни адсорбция деб аталади.

Адсорбция пайтида ютиляётган модда адсорбтив деб юригилади.

Адсорбция жараёни саноатда газларни тозалаш ва қуритиш, эритмаларни тозалаш ва тиндириш, ҳамда газ ва буғ аралашмаларини ажратиш учун ишлатилади. Масалан, ҳаво ва бошқа газ аралашмаларидан учувчан эритувчиларни ажратиш, аммиакни тозалаш, табиий газни қуритиш, кокс газидан ароматик углеводородларни ажратиш, глицерин ва синтетик каучук ишлаб чиқаришда, нефтни қайта ишлаш атижасида ҳосил бўлган газ аралашмаларидан водород ва этилени, бензин фракцияларидан ароматик углеводородларни ажратиш олишда, ёғларни, вино маҳсулотларини ҳар хил металл-сабзавот шартларини тозалашда адсорбция жараёни кенг ишлатилади.

Саноат газларини  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $CS_2$ ,  $NO$  ва бошқа шу каби бирикмалардан адсорбентлар ёрдамида тозалаш, атроф муҳитни муҳофаза қилишда ишлатилади.

Қаттиқ жисмнинг юзасига таъсир қилаётган кучларнинг табиатига қараб адсорбция 2 хил бўлади: физик адсорбция ва хемосорбция.

Физик адсорбция молекуляр кучларнинг ўзаро таъсир натижасида шаклланиб қолган. Хемосорбция эса, кимевий кучларнинг ўзаро таъсирланиши натижасида юз беради.

*Ҳисоблаш формулалари ва асосий боғлиқлар*

Адсорбциядаги мувозанат концентрациялари ўртасидаги боғлиқлик куйидаги шартда орқали ўқилилади:

$$x^* = f(\bar{y}, T) \quad (9.1)$$

Агарда температура ўзгармас бўлса,

$$x^* = f(\bar{y}) \quad (9.2)$$

бу ерда  $x^*$  - газ ёки суюқлик фазасидаги адсорбтивнинг концентрациясига тенг бўлган адсорбтивнинг адсорбентдаги нисбий концентрацияси;

$\bar{y}$  - юти зётган газ ёки суюқлик аралашмаларидан адсорбтивнинг нисбий концентрацияси;

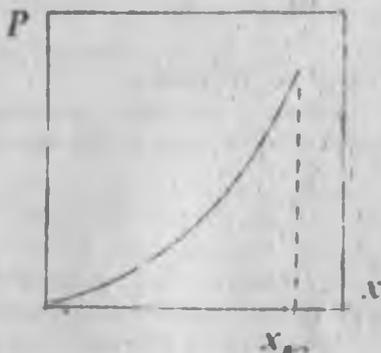
Хусусий ҳолатларда буғ-газ аралашмаларидан ютилаётган модданинг концентрацияси унинг нормал босими билан алмаштирилиши мумкин.

$$x^* = f(P) \quad (9.3)$$

Умуман олганда  $x^* = f(\bar{y})$  ва  $x^* = f(P)$  боғлиқликлар адсорбция пайтидаги мувозанат чизиқлари, ёки адсорбция изотермаларини ифода қилади.

Изотерманинг аниқ шакли адсорбент ва ютилаётган модданинг хоссаларига ва улар ўртасидаги ўзаро таъсир қилиш кучларига боғлиқ бўлади.

Агар, адсорбция изотермасини  $P$ - $x$  координаталарида ифода этилса, эгри чизиқни бошланғич қисмида  $P$  ва  $x$  ларнинг таъминан тўғри пропорционалтиги боғлиқ, охириги қисмида эса, эгри чизиқ асимптотик ҳолати адсорбтивнинг қаттиқ фазадаги чегара концентрацияси  $x_0$  га интилганини кўрамиз.



9.1-расм. Адсорбция жараёни изотермаси

9.1-расмдаги эгри чизиқнинг ўрта қисми Фрейдлихнинг эмпирик тенгламаси орқали ифодаланади.

$$P = K \cdot \bar{x}^n \text{ еки } \bar{x} = K \cdot P^{1/n}$$

бу ерда  $K$  ва  $n$  тажриба йўли билан топилган константалар.

Физик адсорбция жараёни Лангмюр тенгламаси билан ифода қилинади:

$$x = \frac{a \cdot b \cdot p}{1 + e^{\dots}} \quad (9.4)$$

бу ерда  $a, b$  - температурага боғлиқ ва тажриба йули билан, топилатиган коэффициентлар.

Стандарт модда буғининг  $T_1$  температура, ги адсорбция изотермасига кўра бошқа модда буғининг  $T_2$  температурадаги адсорбция изотермасичи ҳисоблаш мумкин.

Адсорбция пайтида ютилган модданинг миқдорини аниқлаш учун қуйидаги тенгламадан фойдаланилади:

$$a_2^* = a_1^* \cdot \frac{V_1}{V_2} \quad (9.5)$$

бу ерда  $a_1^*$  - стандарт модда адсорбция изотермасининг ординатаси, кг/кг;  $a_2^*$  - аниқланаётган изотерманинг ординатаси, кг/кг;  $V_1, V_2$  - стандарт ва текширилатган модданинг моль ҳажмлари, м<sup>3</sup>/кмоль.

Жараён узвуксиз равишда олиб борилганда, адсорбция жараёнининг модда йи балансини қуйидагича топиш мумкин:

$$L \cdot (a - a_0) = G \cdot (c_0 - c_1) \quad (9.6)$$

бу ерда  $L$  - адсорбентнинг сарфи, кг/с;  $a_0, a_1$  - ютилатган модданинг адсорбентдаги бошланғич ва охириги таркиби;  $G$  - ташувчи газнинг сарфи, кг/с;  $c_0, c_1$  - ютилатган модданинг адсорбция пайтида чиқаётган газлардаги ўлчаш таркиби;  $c_1$  - адсорбтивнинг ташувчи газдаги таркиби.

Адсорбция жараёни иссиқлик ажралиб чиқиши билан боғлиқ. Шу сабабли, саноатда ажралиб чиққан иссиқликни фойдали сарф қилиш мақсадида қуйидаги формуладан фойдаланилади.

Адсорбция жараёнида ажралиб чиққан иссиқлик яширин буғланиш иссиқлиги дейилади ва у ютилган буғ миқдорига боғлиқ бўлиб қуйидаги формуладан аниқланади:

$$q = m \cdot a''$$

бу ерда  $a''$  - ютилган буғ миқдори, дм<sup>3</sup>/кг кўмир;  $m$  ва  $p$  - константалар, уларнинг сон қийматлари 9-2 жадвалда келтирилган.

Модда	Формула	N	m 10 <sup>-3</sup>
1. Бензол	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	0,959	3,24
2. Бромли этил	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> Br	0,900	3,77
3. Диэтил эфири	(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> O	0,915	3,84
4. Иодли этил	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> I	0,956	3,10
5. Метил спирт	CH <sub>3</sub> OH	0,918	3,11
6. Олтингугурт	CS <sub>2</sub>	0,920	3,15
7. Хлорли этил	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> Cl	0,915	3,06
8. Хлороформ	CHCl <sub>3</sub>	0,935	3,47
9. Тўрт хлорли углерод	CCl <sub>4</sub>	0,930	3,74
10. Этил спирти	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	0,928	3,65
11. Этил формнат	HCOOC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	0,9075	3,96

### Адсорбция жараёнининг кинетикаси

Адсорбция жараёнида модда ўтказиш 2 босқичдан иборат бўлади:

- ташқи диффузия;
- ички диффузия.

Ташқи диффузиянинг тезлиги асосан жараёнининг гидродинамик ҳолати билан, ички диффузиянинг тезлиги эса, адсорбентнинг тузилиши ва адсорбцион системанинг физик-кимёвий хоссалари билан ҳарактерланади.

Ташқи диффузияда модда ўтишининг тезлиги қуйидаги тенглама ёрдамида аниқланади:

$$\frac{da}{a\tau} = \beta_1 \cdot (\bar{C} - \bar{C}_n) \quad (9.7)$$

бу ерда  $a$  - ютилган модданинг миқдори;  $\tau$  - вақт, с;  $\bar{C}$  - ютилмаётган компонентнинг буғ, газ аралашмаси ҳажми ва концентрацияси, кг/м<sup>3</sup> - инерт газ;  $\bar{C}_n$  - ютилган компонентнинг юзасидаги концентрацияси, кг/м<sup>3</sup> - инерт газ;  $\beta_1$  - модда бериш коэффициенти, с<sup>-1</sup>.

Ички диффузияда пайида модда ютишининг тезлиги

молекуляр диффузия тенгламаси билан ифодаланadi

$$\frac{dc}{d\tau} = D_2 \cdot \left( \frac{d^2c}{dx^2} + \frac{d^2c}{dy^2} + \frac{d^2c}{dz^2} \right) \quad (9.8)$$

бу ерда  $D_2$  - диффузиянинг эффектив коэффициент. Жараён давомида  $D$  нинг қиймати ўзгармас дес олинади.

Адсорбция кинетиқасини ифодалайдиган критериял тенглама  $Nu'$  ни аниқлаш мумкин:

$$Nu' = A \cdot Re^m \cdot (Pr')^n \quad (9.9)$$

бу ерда  $Nu'$  - Нуссельт диффузия критерийси;  $Pr'$  - Прандл диффузия критерийси;  $Re$  - Рейнольдс критерийси;  $A, m, n$  - тажриба нули билан аниқланадиган доимий қийматлар

Масалан, писта кўмир учун ( $d_2 = 1,7-2,2$  мм,  $w_1 = 0,3-2$  м/с) критериял тенглама қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$Nu' = A \cdot Re^{0.54} \quad (9.10)$$

бу ерда

$$Nu' = \frac{\beta \cdot d_2^2}{D}; \quad Re = \frac{w_1 \cdot d_2}{\nu_1}$$

$D$  - диффузия коэффициент,  $m^2/c$ ;  $d_2$  - адсорбент зиррачаларининг ўртача диаметри, м;  $w_1$  - буг-газ аралашмасининг тезлиги, м/с,  $\nu_1$  - газнинг кинематик қовушқоқлик коэффициент,  $m^2/c$ .

Юқоридаги тенгламадан  $\beta$  топилади:

$$\beta = \frac{1,6 \cdot D \cdot w_1^{0.54}}{\nu_1^{0.54} \cdot d_2^{0.46}} \quad (9.11)$$

Исталган температура ва босим учун диффузия коэффициентини  $D$  қуйидагича топилади:

$$D = D_0 \cdot \left( \frac{P_0}{P} \right) \cdot \left( \frac{T}{T_0} \right)^{1.5} \quad (9.12)$$

Ютувчи сорбент қатламининг химоя ҳаракати вақти Н.А.Шиллов тенгләмаси ёрдамида ҳисобланади:

$$\tau = K \cdot (H - h)$$

бу ерда  $\tau_0 = K \cdot h$

Демак,  $\tau = K \cdot H - \tau_0$

$K$  - сорбент қатламининг химоя ҳаракати коэффициентини;  $H$  - сорбент қатламининг баландлиги, м;  $h$  - динамик т. жриба шароитида сорбент қатламининг ишлатилмаган баландлиги, м;  $\tau_0$  - сорбент қатламининг химоя ҳаракат вақтининг йўқотилиши ёки кинетик коэффициент, с.

Сорбент қатламининг химоя ҳаракати коэффициентини куйидаги формула орқали аниқланади:

$$K = \frac{a_0}{w \cdot C_0} \quad (9.14)$$

бу ерда  $a_0$  - мувозанат абсорбцион ҳажм, кг/м<sup>3</sup>;  $w$  - тезлик, м/с;  $C_0$  - га аралашмасидаги югиладиган модданинг бошланғич концентрацияси, кг/м<sup>3</sup>.

Узлуқли адсорбция даражесининг давомийлиги ютилган модда баланс, адсорбция кинетикаси ва изотермаси тенгләмалари системасини ечиш орқали аниқланади.

Адсорбция изотерма 3 қисмга булинади:

а) Бу ҳисманда адсорбция изотермаси Фричизини ва тахминан Генри қонуни билан тасвирланади.

$$\sqrt{\tau} = \sqrt{\frac{a_0}{w \cdot C_0}} \cdot \sqrt{H} - b \cdot \sqrt{\frac{a_0}{w \cdot C_0}} \quad (9.15)$$

$\tau$  - адсорбция жараёны давомийтиги, с,  $w$  - буғ - газ оқимининг тезлиги, м/с;  $H$  - пилта кўмир қатлам баландлиги, м;  $C_0$  - буғ - газ оқимида ютиладиган модда: нг бошланғич концентрацияси, кг/м<sup>3</sup>;  $a^*$  - оқим концентрацияси  $C_0$  билан мувозанатдаги ютилган модда миқдори, кг/м<sup>3</sup>;  $\beta$  - модала алмашилиш коэффициентини, °С<sup>-1</sup>.

$b$  - коэффициент. қиймати 9-3 жадвалдан қарай танланади.

9-3 жадвал.

$\frac{C}{C_0}$	$b$	$\frac{C}{C_0}$	$b$	$\frac{C}{C_0}$	$B$
0,05	1,54	0,2	0,63	0,7	- 0,27
0,01	1,67	0,3	0,42	0,8	- 0,41
0,03	1,35	0,4	0,23	0,9	- 0,68
0,05	1,19	0,5	0,09		
0,1	0,94	0,6	- 0,10		

б) Адсорбция изотермасининг чқкинчи қисми учун  $\tau$  ни аниқлашда ушбу тенгламада фойдаланилгчи.

$$\tau = \frac{a^*}{w \cdot C_0} \cdot \left[ H - \frac{w}{\beta_y} \cdot \left[ \frac{1}{P} \cdot \ln \left( \frac{C_0}{C} - 1 \right) + \ln \frac{C_0}{C} - 1 \right] \right] \quad (9.16)$$

в) Адсорбция изотермасининг учинчи қисми учун  $\tau$  ни топиш учун қуйидаги тенглама тўғри келади.

$$\tau = \frac{a^*}{w \cdot C_0} \cdot \left[ H - \frac{w}{\beta_y} \cdot \ln \left( \frac{C_0}{C} - 1 \right) \right] \quad (9.17)$$

Модала ўтказиш зонасининг баландлиги қуйидаги формуладан топилади:

$$h_a = H \cdot \frac{\tau_{muy} - \tau_{cx}}{\tau_{muy} - (1 - f) \cdot (\tau_{muy} - \tau_{cx})} \quad (9.18)$$

бу ерда  $\tau_{muy}$  - мувозанатли туйинишгача кетган вақт;  $\tau_{cx}$

минимал сакраб ўтиш концентрациясининг ҳимоя ҳаракати вақти;  $f$  - сорбентнинг ишлатилмаган мувозанат адсо, Бцион ҳажми.

Қатламнинг ҳарат тезлиги  $u$  ушбу формула орқали ҳисобланади.

$$u = \frac{1}{K} = (\bar{C}_o - \bar{C}_a) \frac{w}{a_o} \quad (9.19)$$

Қурилмадаги қатламнинг ишчи баландлиги қуйидаги формуладан аниқланади:

$$H_o = \gamma \cdot h_o \quad (9.20)$$

$h_o$  - қўзғалмас қатламнинг эдда ўтказиш зонасининг баландлиги, м;  $\gamma = 1,4$  - эзгармас коэффициент.

Ўтказиш бир игининг соғи концентрациялар эзгарганда, ҳар поғона учун алоҳида ҳисобланади:

$$m_o = \frac{.2 \cdot (\bar{C}_{\text{бони}} - \bar{C}_{\text{ах}})}{\bar{C}_{\text{бони}} - \bar{C}_{\text{ах}}} \quad (9.21)$$

Изотерманинг тўғри чизикли қисмида, қатлам баландлиги ушбу формуладан топилади:

$$H = h_o \cdot \sum_1^i m_o \quad (9.22)$$

Ундан ташқари  $H$  ни таърифта ушбу формуладан фойдаланиш ҳам бўлади:

$$H = \frac{G}{S \cdot \beta_y \cdot \Delta \bar{C}_{yp}} \quad (9.23)$$

$G$  - вақт бирлигида ютилатган модда миқдори;  $\Delta \bar{C}_{yp}$  - адсорбция жараёнини ўртача ҳаракатга келтирувчи куч:

$$\Delta \bar{C}_{yp} = \frac{\Delta \bar{C}_o - \Delta \bar{C}_1}{\ln \frac{\Delta \bar{C}_o}{\Delta \bar{C}_1}} \quad (9.24)$$

$\Delta \bar{C}_0 = (\Delta \bar{C}_0 - \Delta \bar{C}_0^*)$  - қатлам охиридаги катта ҳаракатга елтиривчи куч.

$\Delta \bar{C}_1 = (\Delta \bar{C}_1 - \Delta \bar{C}_1^*)$  - бошқа қатлам охиридаги кичик ҳаракатга келтиручи д.

## МИСОЛЛАРНИ ИШЛАШ НАМУНАСИ

9-1. Бу - ҳаво аралашмасинин сарфи 3450 м<sup>3</sup>/соат. Бензиннинг бошланғич кон-центрацияси  $C_1 = 0,02$  кг/м<sup>3</sup>. Писта кўмирнинг зичлиги  $\rho = 500$  кг/м<sup>3</sup>, десорбциядан сун. қолдиқ ак.ивлиги 0, % (масс), бензинга нисбатан кўмирнинг динамик активлиги 7% (масс) ва қурилманинг тўлиқ кўндалан кес-тимега ҳисобланган буг - ҳаво ар. лашманинг тезлиги = 0,23 м/с. Адсорбентни десорбция, қуришти ва соьитиш вақти 1 соат 45 минут

Бензин буғи ва ҳаво аралашмадан бензин буғини ютиш учун узлукли адсорбернинг диаметри, адсорбенг қатламиниңг баландлиги ва писта кўмирнинг зарур миқдори аниқлансин.

**Е ч и ш:**

1 соат 45 минут вақт ичида бензинни ютиш учун адсорбент миқдори:

$$G = \frac{V \cdot \tau \cdot C_1}{C_2 - C_1} = \frac{3450 \cdot 1,45 \cdot 0,02}{0,07 - 0,008} = 1612 \text{ кг}$$

Буг - ҳаво аралашма-ининг тезлиги 0,23 м/с ва сарфи 3450 м<sup>3</sup>/соат бўлганда, адсорбер диаметри қурилмага тенг булади:

$$D = \sqrt{\frac{3450}{3600 \cdot 0,785 \cdot 0,23}} = 2,3 \text{ м}$$

Адсорбент қатламиниңг баландлиги эса:

$$h = \frac{1612}{100 \cdot 0,785 \cdot 2,3^2} = 0,8 \text{ м}$$

9-2. Адсорбер диаметри 2 м ва адсорбент қатламининг баланслиги  $H = 1,0$  м. Этил спирти буғи ва ҳаво аралашмасининг тезлиги  $w = 25$  м/мин; бошланғич концентрацияси  $C_0 = 0,029$  кг/м<sup>3</sup>; адсорбердан чиқётган аралашма концентрацияси:  $C_1 = 0,0002$  кг/м<sup>3</sup>; қатламининг сочилган ҳолдаги зичлиги  $\rho_{с.х} = 500$  кг/м<sup>3</sup>.

Бир давра ичида ( $\tau = 133$  мин) этил спирти буғлари писта қўмир билан ютилиши пайтида қанчалиб чиқётган иссиқлик миқдори аниқлансин.

**Ечиш:**

Курилманинг кўндаланг кесим юз. и:

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 2^2}{4} = 3,14 \text{ м}^2$$

Бу давра ичида адсорбердан ўтаётган буғ аралашмасининг миқдори:

$$V = w \cdot S \cdot \tau = 25 \cdot 3,14 \cdot 133 = 10400 \text{ м}^3$$

Ютилатган этил спирти буғларининг миқдори:

$$G_{с.х} = \frac{10400 \cdot (29 - 0,2)}{1000} = 300 \text{ кг}$$

ёки

$$G_{с.х} = \frac{300}{46} = 6,52 \text{ кмоль}$$

Адсорберга солинадиган писта қўмир массаси

$$S \cdot H \cdot \rho_{с.х} = 3,14 \cdot 1,0 \cdot 500 = 1570 \text{ кг}$$

бу эса

$$\frac{1570}{6,52} = 2406,8 \frac{\text{кг} \cdot \text{қатла. и}}{\text{кмоль}}$$

ни ташкил этади.

Адсорбция жараёнида ажралиб чиқаёган иссиқлик миқдори ушбу формуладан топилади:

$$q = m \cdot a^n$$

1 кг писта кўмирга ютилган б:  $a$  чинг миқдори куйидагини ташкил этади:

$$a = \frac{6,52 \cdot 22,4 \cdot 1000}{1570} = 93 \text{ л/кг}$$

бу ерда  $m$  ва  $n$  ларнинг с:н қийматлари 9-2 жадвалдан олинади:  $m = 3,65 \cdot 10^3$ ,  $n = 0,928$ . Формулага биноан 1 кг писта кўмирга тўғри келадиган иссиқлик миқдори

$$q = 3,65 \cdot 10^3 \cdot 93^{0,928} = 245 \text{ кЖ/кг}$$

Битта давр мобайнида ажраб чиққан иссиқлик миқдори,

$$q_1 = 245 \cdot 1570 = 385000 \text{ кЖ}$$

Ушбу иссиқлик писта кўмирни ва қурилмани иситишга, атроф муҳитга йўқотилишга ва кўп қисми буғ - газ аралашмани қиздиришга сарф бўлади.

Агарда, ҳамма ажраб чиққан иссиқлик буғ - газ аралашмани қиздиришга сарфланмоқда деб тахмин қилсак ва унинг солиштирма иссиқлик сифимини ва зичлигини ҳавоникидек деб ҳисобланса, аралашманинг температураси куйидаги қийматга кўтарилади:

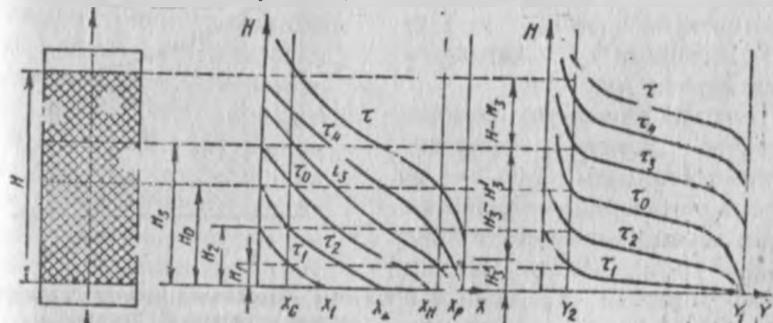
$$\Delta t = \frac{385000 \cdot 10^3}{10400 \cdot 1,2 \cdot 1,01 \cdot 10^3} = 30,5 \text{ К}$$

### АДСОРБЕНТЛАРНИ ҲИСОБЛАШ [6,10].

Ушбу қатламни адсорбентни ҳисоблаш. Адсорбция жараёнининг давом этиш вақти адсорбент қатламини таҳлил

қилиш йўли билан топилади. Ютилган модданинг адсорбентдаги миқдори  $x$  қатлам баландлиги ва вақт бўйича ўзгаради (9.2 - расм).  $x_c$  - адсорбентдаги модданинг  $y_2$  га тўғри келган конц. нтр.цияси.  $x_c$  бирор вақтдан сўнг, алсо, бейтнинг  $H$  баландлигида ҳосил бўлади. Шу сабабли  $H$  баландлиқда амалий жиҳатдан ютилиши керак бўлган модда адсорбентга тўла ютилган бўлади.

$\tau_0$  - вақтнинг бошланишида адсорбентни модданинг концент. ацияси  $x_n$  бўлади,  $x_p$  эса  $y_1$  билан мувозанатда бўлган концентрациячир.



9.2-расм. Адсорбция жараёнида кўзғолмас адсорбент қатламини концент. ациялар таъйидони [10].

Адсорбция вақти Н.А. Шичов тенгламасидан аниқланади:

$$\tau = \tau_0 + k \cdot (H - H_0) \quad (9.26)$$

$k$  - қатламнинг ютиш қобилиятини ҳарактерловчи коэффициент, с/м.

Бу коэффициент 1 м адсорбент қатламини тўлиқ вақтини характерлайди ва куйидаги моддчий баланс тенгламаси орқали топилади:

$$S \cdot \rho_a \cdot x_n = G \cdot y_1 \cdot k \quad (9.26)$$

бундан

$$k = \frac{S \cdot \rho_a \cdot x_n}{G \cdot y_1} \quad (9.27)$$

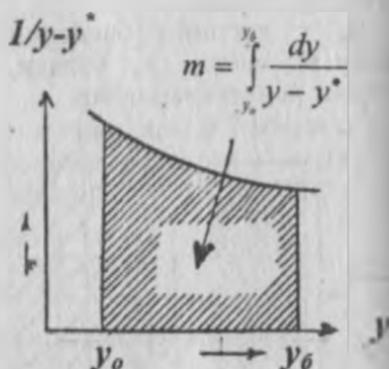
бу ерда  $S$  - адсорбентнинг кўндаланг кесим юзаси, м<sup>2</sup>;  $\rho_a$  - адсорбентнинг зичлиги, кг/м<sup>3</sup>;  $G$  - газнинг сарфи, кг/с.

$\tau_0$  - нинг қиймати қуйидаги ифода о, қали аниқланади:

$$\tau_0 = \frac{\rho_a}{v \cdot f} \int_{y_1}^{y_2} \frac{dx}{y_1 - y_2} \quad (9.28)$$

бу ерда,  $K$  - модда ўтказиш коэффициенти,  $\text{кг м}^2/\text{с}$  - адсорбентнинг солиштирма юзаси;  $y_1 - y_2$  - жараёнини ҳаракатга келтирувчи куч.

Интегралнинг ўнг томони график усулда топилади. Унинг қиймати  $1/y_1 - y_2$  координаталарида чизилган эгри чизиқнинг юзасига тенг (9.3 - расм). Модо ўтказиш коэффициентини  $K_y$  қуйидаги тенгламалар орқали аниқланади:



9.3-расм. Жараёнини ҳаракатлантирувчи кучини интеграллаб, ўтказиш бирлигини аниқлаш [6].

$$K_y = \frac{1}{\frac{1}{\beta_s} + \frac{m}{\beta_x}} \quad (9.29)$$

$Re = 2 \cdot 30$  бўлганда,

$$Nu' = 0,725 \cdot Re^{0.47} \cdot (Pr')^{0.33} \quad (9.30)$$

$Ho$  нинг қиймати қуйидагича топилади:

$$Ho = n \cdot h \quad (9.31)$$

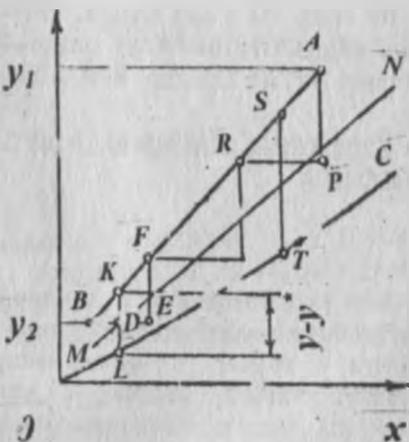
бу ерда  $h$  - ўтказиш бирлигининг баландлиги,  $m$ ;  $n$  - ўтказиш

бирлигининг сони.

$n$  - нинг миқдори график усул билан топилади (9.4 - расм).  $AB$  - иш чизиғи;  $OC$  - мувозанат чизиғи;  $M$  -  $AB$  ва  $OC$  чизиқларини ўртаайдан тенг бўлувчи чизиқ;  $K$  - биринчи бўлакдаги жарабни ҳаракатга келтирувчи кучни ифодалайди.

Ўтказиш бирлиги сонини топиш учун  $B$  нуқтадан горизонтал чизиқ ўтказамиз.  $BF = 2BD$  деб оламиз. Сунгра  $E$  нуқтадан  $AB$  билан кесишгунча вертикал чизиқ ўтказиб,  $B$  нуқтани ҳосил қиламиз.  $BEF$  учбурчак битта ўтказиш бирлигига тенг бўлади ва унинг ўртача ҳаракатлантирувчи кучи  $KL$  га тенг. Худди шу усул билан  $F$  нуқтадан  $A$  нуқтагача учбурчакликлар чизамиз. Учбурчакларнинг  $n$  сони ўтказиш бирлигининг сонини белгилайди. Ўтказиш бирлигининг сони:

$y$



9.4-расм. Ўтказиш бирлиги сони график усулда аниқлаш.  $OC$ -мувозанат чизиғи;  $AB$ -иш чизиғи;  $M$ -мувозанат чизиғи билан иш чизиқларининг ордината қисмини тенг иккига бўлувчи

$$n = \frac{y_1 - y_2}{\Delta y} \quad (9.32)$$

$\Delta y$ , - ўртача ҳаракатлантирувчи куч. Ўтказиш бирлигининг баландлиги қуйидагича аниқланади:

$$h = \frac{G}{K \cdot S \cdot f} \quad (9.33)$$

бу ерда  $S$  - аппарат қўндалиг кесимининг юзаси;  $m^2$ .

Асорбер кесимининг юзаси қуйидаги тенглама билан

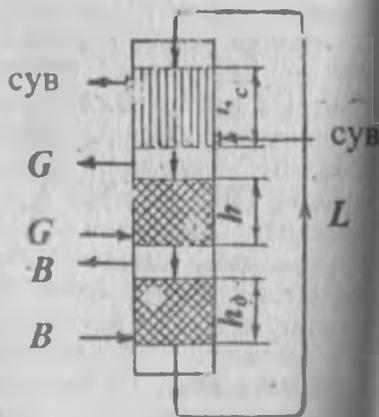
топилади:

$$S = \frac{G}{w_0 \cdot \rho_r} \quad (9.34)$$

бу ерда  $G$  - газ сарфи, кг/с;  $w_0$  - газнинг мавҳум (қурилма тўла кесимига нисбатан олинган) тезлиги, м/с;  $\rho_r$  - газнинг зичлиги кг/м<sup>3</sup>. Одатда  $w = 0,08 + 0,25$  м/с қилиб олинади.

Ўзгарувчан катламли узлүсиз ишлайдиги н адсорберларни хисоблаш.

Бу қурилмаларда донатор қатламли адсорбент юқоридан пастга томон спиралсимон ҳаракат қилиб, кетма - кет равишда баландликдаги совитиш, баландликдаги десорбция ва иситиш соҳаларидан ўтади (9.5 - расм). Қурилманинг умумий иш баландлиги эса учала баландликнинг йиғиндисига тенг:



9.5-расм. Қурилманинг умумий баландлигини анг длаш [10].

$$H = h_c + h + h_0 \quad (9.35)$$

фазаларнинг бир-бирига тегиб турган класи ўтказишнинг асосий тенгламаларидан аниқланади:

$$F = \frac{M}{K \cdot \Delta y_{\text{ур}}} \quad (9.36)$$

бу ерда

$$\Delta y_{\text{ур}} = \frac{\bar{y}_o - \bar{y}_o}{\int_{y_o}^{y_m} \frac{dy}{y - y_m}} \quad (9.37)$$

$M$  - адсорбция қилинган модданинг миқдори;  $K$  - модда ўтказиш коэффициент;  $y_o$  - газ аралашмасиди ютиляётган модданинг бошлагич концентрацияси;  $y_o$  - газ аралашмасидаги ютиляётган модданинг охириги концентрацияси;  $y_m$  - мувозанат концентрацияси.

Ўзгарувчан қатламдаги донадор қатламли адсорбентнинг кундаланг кесим юзаси сарф тенгламасидан аниқланади:

$$S = \frac{V_c}{w} \quad (9.38)$$

бу ерда  $V_c$  - қурилмадаги газ аралашмасининг сифи, м<sup>3</sup>/с,  $w$  - газ оқими, л/с.

Адсорбция зонасининг баландлиги қуйидагича аниқланади:

$$h = \frac{F}{S \cdot f} \quad (9.39)$$

бу ерда  $f$  - адсорбентнинг солиштирма юзаси, м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>.

Қурилманинг қолган ил қисмининг баландликлари қуйидаги шартлар орқали аниқланади:

$$\frac{h}{h_c} = \frac{\tau}{\tau_c} \quad \text{ва} \quad \frac{h}{h_d} = \frac{\tau}{\tau_d} \quad (9.40)$$

ёки

$$h_c = h \cdot \frac{\tau_c}{\tau} \quad \text{ва} \quad h_d = h \cdot \frac{\tau_d}{\tau} \quad (9.41)$$

бу ерда,  $\tau$ ,  $\tau_c$ ,  $\tau_d$  - адсорбция, соъитиш ва десорбция учун кетган вақтин кўрсатади.

Адсорбция учун кетган вақт қуйидагича аниқланади:

$$\tau = \frac{S \cdot h}{L_c} \quad (9.42)$$

бу ерда  $L_c$  - адсорбентнинг сарфи, м/с.

Адсорбентнинг сарфи эса материал баланс тенгламасида аниқланади.

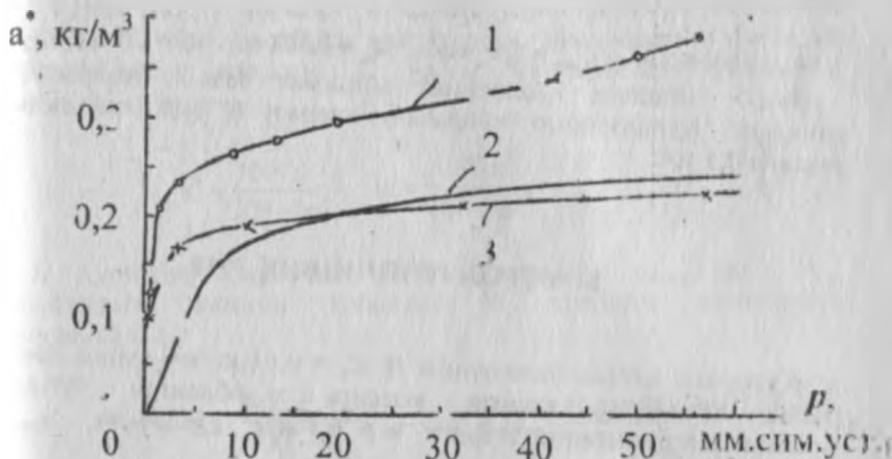
## КОНТРОЛ МАСАЛАЛАР.

9.1. Октан буғларининг башланғич концентрациясининг миқдори  $C_0 = 0,012 \text{ кг/м}^3$ , тезлиги 20 м/мин, кўмирнинг бензолга кўрсатадиган активлиги 7%, кўмирнинг тўқиб уйиб қўйилгандаги зичлиги  $350 \text{ кг/м}^3$ , абсорбер ичидаги кўмирнинг қатламининг баландлиги  $H = 0,8 \text{ м}$  бўлган ҳолда, абсорбер диаметри ва ҳаво билан аралашган 100 кг октан буғининг ютилиш даври давомийлигини юқоридаги маълумотлар ёрдамида аниқлаб беринг.

9.2. Углерод заррачалардан иборат қатламининг баландлиги  $H = 0,1 \text{ м}$  бўлганда  $\text{CCl}_4$  буғлари адсорбцияланиши учун - нинг сакрагунча бўлган ютилиш давомийлигини ва  $\tau_0$  ҳимоя ҳаракати вақтининг йўқотилишини аниқлаш керак. Газ-буғ аралашманинг тезлиги  $S = 5 \text{ м/мин}$ , кўмир заррачаларининг диаметри  $d = 2,75 \text{ мм}$ , динамик коэффициентлар қиймати

$-14500$ ,  $R_2 = 529$ .

9.3.  $20^\circ\text{C}$  даги бензол адсорбцияси изотермаси ёрдамида (9.6-расм)  $25^\circ\text{C}$  этил спирти буги адсорбцияси изотермаси чизиғини куриш.



9.6-расм.  $20^\circ\text{C}$  температурада адсорбция изотермалари [7].

9.4. 9.6 - расмдаги бензол адсорбцияси изотермаси ёрдамида бошланғич концентрацияси  $\bar{C}_0 = 0,11 \text{ кг/м}^3$  бўлган, газ-буғ аралашмадаги адсорбцияланган бензолнинг тегишлик ва кўмир қатлами баландлигини аниқлаш керак. Аралашмадаги этил спиртининг моляр тарқалиши  $w = 20 \text{ м/т}$  ин, моляр бериш коэффициенти  $\beta_2 = 4 \text{ с}^1$ . Кўмир ўзининг статик фаоллигида адсорбцияланган бензолнинг 80% ача тўйинади. Кўмирнинг десорбцияланган бензолнинг сўнг, бошланғич статик фаоллигига нисбатан қандай фаоллиги  $14,5\%$  ни ташкил этади. Газ-буғ аралашмадаги бензолнинг концентрация миқдори  $\bar{C}_0 = 0,01 \text{ кг/т}^3$  дан ошмаган қўйиматгача тозаланиши керак.

9.5. Диаметри  $3 \text{ м}$  бўлган вертикал адсорберга, диаметри  $0,35 \text{ м}$  бўлган пўлат қувурдан  $170 \text{ м}^3/\text{мин}$  миқдорда газ-буғ аралашма кирмоқда. Газ-буғ аралашмадаги этил спиртининг бошланғич концентрацияни миқдори  $\bar{C}_0 = 0,02 \text{ кг/м}^3$ . Этил спиртининг адсорбердан чиқиб кетаётган газдаги концентрацияси  $\bar{C}_1 = 0,0002 \text{ кг/м}^3$  адсорбернинг кўмир қатламининг баландлиги  $L = 1,5 \text{ м}$ ,

қўмирнинг тўкиб уйилиш зичлиги  $600 \text{ кг/м}^3$ . Бир этиш даврининг вақти 4 соат 37 мин. Биринчи давр учун адсорбердан ажралиб чиқадиган иссиқлик миқдорини аниқлаш керак.

9.6. Колоннали қурилмада ҳавони узоқ муддат қуритишда қўйилаги маълумотлар олгандан:

$$\bar{C}_a = 0,01 \text{ кг/м}^3, \bar{C}_{\text{max}} = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ кг/м}^3, d_a = 0,002 \text{ м}; a^* = 170 \text{ кг/м}^3$$

$\text{NaA}$  типдаги цеолитнинг минимал тезлик ҳаракатини аниқланг. Қурилманинг қўндаланг кесими бўйича газ оқими тезлиги  $0,5 \text{ м/с}$ .

### КОНТРОЛ ТОПШИРИҚ №19

Қўзғалмас қатлам баландлиги  $H$ ,  $C_0 = 0,01 \text{ кг/м}^3$ , қурилманинг тўлиқ қўндаланг кесими юзасига ҳисобланган буғ-ҳаво аралашмаси оқимининг тезлиги  $w = 0,5 \text{ м/с}$ ,  $\tau = x \text{ м}^2/\text{с}$ ,  $\tau_{\text{кел}} = 10 \text{ мин}$ .

Юқорида қайд этилган шароитлар учун газларни тукун қуритиш ( $C_{\text{кел}} = 2,94 \cdot 10^{-6} \text{ кг/м}^3$ ) жараёнининг колонналик қурилманинг ишчи баландлиги ва  $\text{NaA}$  ( $d_a = 0,002 \text{ м}$ ) типдаги цеолит қўзғалмас қатламнинг модда ўтказиш соҳасининг узунлиги аниқлансин.

Тезлик метр	Улчов бирлиги	Шифрнинг охири рақами бўйича вариантлар									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$\tau_{\text{кел}}$	мин	200	150	160	190	170	120	100	250	230	300
$\tau_{\text{кел}}$	мин	115	80	90	110	100	70	60	150	140	190

Параметр	Улчов бирлиги	Шифрнинг охири рақами бўйича вариантлар									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$H$	м	0,4	0,3	0,5	0,1	0,2	0,5	0,25	0,6	0,45	0,7

## ҚУРИТИШ

## Ҳисоблаш формуллари ва исосий боғлиқликлар

1. Нам модда намлик миқдори унинг умумий массасини нисбатан ( $u$ ) фой. ҳисобида, ёки қуруқ модда массасига нисбатан ( $u'$ ) ифодалаш мумкин.  $u$  ва  $u'$  катталиқлар қуйидагича боғлиқликка эга:

$$u' = \frac{100 \cdot u}{100 - u}; \quad u = \frac{100 \cdot u'}{100 + u'}; \quad (10.1)$$

2. Қуритиш жараёнида модда намлиги  $u_{\text{бош}}$  дав.  $u_{\text{ох}}$  ўзгаргандаги намлик миқдори  $W$  қиймати қуйидагича аниқланади:

$$W = G_{\text{бош}} \cdot \frac{u_{\text{бош}} - u_{\text{ох}}}{100 - u_{\text{ох}}} \quad W = G_{\text{ох}} \cdot \frac{u_{\text{бош}} - u_{\text{ох}}}{100 + u_{\text{бош}}} \quad (10.2)$$

Бу ерда,  $G_{\text{бош}}$  - бошланғич масса, кг;  $u_{\text{бош}}$  - бошланғич намлик, %;  $G_{\text{ох}}$  - охириги масса, кг;  $u_{\text{ох}}$  - охириги намлик, %.

Агарда, модданинг  $n$  л сақлаш миқдори қуруқ модда массасига нисбатан фойзда ( $u'$ ) берилган бўлса, у ҳолда

$$W = G_{\text{қур}} \cdot \frac{u'_{\text{бош}} - u'_{\text{ох}}}{100}$$

$G_{\text{қур}}$  - абсолют қуруқ моддага нисбатан қуришнинг маҳсулдорлиги, кг/с.

3. Б,  $r$ -ҳаро. арачати масида буғ миқдори  $x$  (кг буғ/кг қуруқ газ);

$$x = \frac{M_{\text{б}}}{M_{\text{г}}} \cdot \frac{P'_{\text{б}}}{P - P_{\text{г}}} \quad (10.4)$$

$M_0$  ва  $M_1$  - буғ ва ҳавонинг моляр массаси;  $\Pi$  - бутун-ҳаво аралашмасининг умумий босим.;  $P_0$  - бутунинг парциал босими.

Буғ ва ҳаводан иборат аралашманинг нам сақлаш миқдори  $x$  кг сув буғи/кг қуруқ ҳаво):

$$x = 0,622 \cdot \frac{\varphi \cdot P_{\text{буғ}}}{\Pi - \varphi \cdot P_{\text{буғ}}} \quad (10.5)$$

бу ерда 0,622 - сув буғи ва ҳавонинг моляр массалари нисбати;  
 $\varphi$  - ҳавонинг нисбий намлиги:

$$\varphi = \frac{P_{\text{буғ}}}{P_{\text{буғ}}^*} \quad (10.6)$$

$P_{\text{буғ}}$  - сув буғининг ҳаводаги парциал босими. (қуруқ термометр температураси бўйича).

$P_{\text{буғ}}^*$  - шу температурадаги тўйинган сув буғининг босими (иловадаги 34-жадвал).

4. Нам ҳавонинг энтальпияси  $I$  (кЖ/кг-қуруқ ҳаво)

$$I = (c_{\text{в}} - c_{\text{в}} \cdot x) \cdot t + r_0 \cdot x = (1,01 + 1,97 \cdot x) \cdot t + 2493 \cdot x \quad (10.7)$$

бу ерда  $c_{\text{в}} = 1,01$  кЖ/(кг·К) - қуруқ ҳавонинг ўртача солиштирма иссиқлик сифими (босим ўзгармас бўлганда)  $c_{\text{в}}$  - 1,97 кЖ/(кг·К) - сув буғининг ўртача солиштирма иссиқлик сифими.

$x$  - ҳавонинг нам сақлаши, кг-буғ/кг-қуруқ ҳаво;

$t$  - ҳаво ҳарорати (қуруқ термометр бўйича);

$r_0 = 2493$  кЖ/кг - сувнинг 0°C да буғга айланиш солиштирма иссиқлик миқдори.

Қуригиш жараёнининг потенциали қуйидаги формула бўйича чиққан:

$$\varepsilon = t_{\text{к}} - t'_{\text{н}}$$

бу ерда  $t_{\text{к}}$  - қуруқ термометр бўйича ҳавонинг температураси;

$t'_{\text{н}}$  - нам термометр бўйича ҳавонинг температураси;

Ҳўл термометрнинг ҳақиқий температураси

$$t_w = t_n - \frac{\Delta \cdot (t_k - t_n)}{100}$$

$\Delta$  - ҳўл термометр кўрсаткичига киритиладиган тузатиш, %.

5. Нам ҳавонинг параметрлари  $x$ ,  $t$ ,  $\varphi$ ,  $\Gamma$  орасидаги боғлиқликлар Рамзинининг 1 - х диаграммаси оқ қали осон аниқланади (10-1 расм) ва уни т ёрдамида нам материални конвектив қуритиш масалалари ечилади.

6. Босим:  $P$ , температураси  $T$  бўлган нам ҳавонинг зичлиги қуйидагича аниқланади:

$$\rho_n = \rho_{hx} + \rho_b \quad (10.8)$$

бу ерда  $\rho_{hx}$  - қуруқ ҳаво зичлиги;  $\rho_b$  - с, в бугининг зичлиги, ўз парциал босими ёрдамида аниқланган:

$$\rho_n = \frac{M_x \cdot T_o \cdot (n \cdot \varphi \cdot P_{myu})}{22,4 \cdot T \cdot n_o} \quad (10.9)$$

$$\rho_b = \frac{M_o \cdot T_o \cdot \varphi \cdot P_{myu}}{22,4 \cdot T \cdot P_o} \quad (10.10)$$

яъни  $P$  - буғ-ҳаво аралашмасининг умумий босими,

$P_o$  - нормал босим (0,1013 МПа ёки 1 атм)

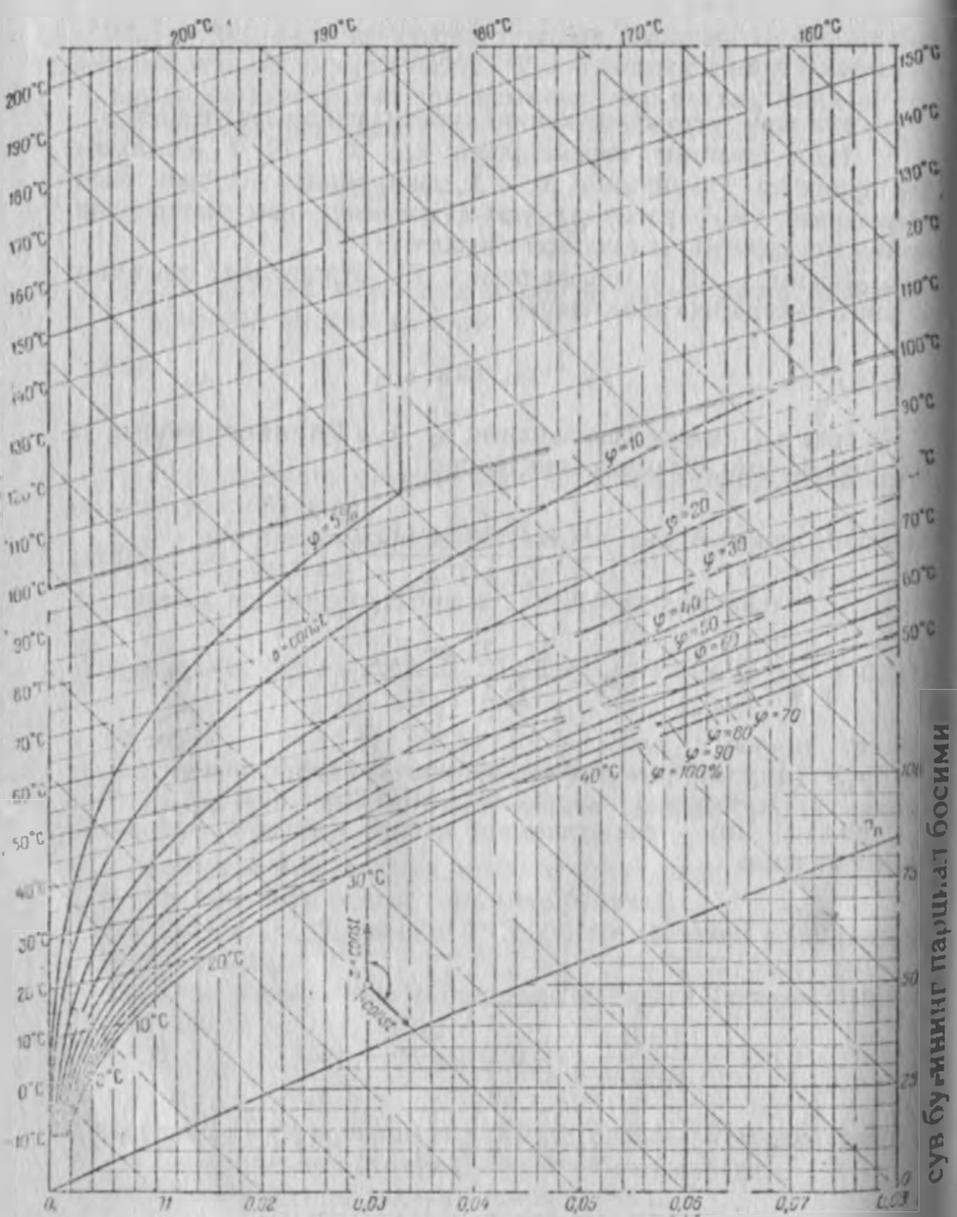
(10.8)-(10.10) - формулаларни қўшиб қуйидаги формулани ҳосил қиламиз:

$$\rho_n = \frac{M_x \cdot T_o \cdot P}{22,4 \cdot T \cdot n_o} \cdot \left[ 1 - \left( 1 - \frac{M_o}{M_x} \right) \cdot \frac{\varphi \cdot P_{myu}}{\Gamma} \right] =$$

$$1,293 \cdot \frac{27 \cdot P}{T \cdot 10^3 \cdot 300} \cdot \left( 1 - 0,378 \cdot \frac{\varphi \cdot P_{myu}}{P} \right) =$$

$$\frac{3,48 \cdot 10^{-3}}{T} \cdot (P - 0,378 \cdot \varphi \cdot P_{myu}) \quad (10.11)$$

Энтальпия I, кЖ/кг қуруқ ҳаво



сув буғининг парш.д.т. босими

Нам сақлаш x, кг/кг қуруқ ҳаво  
 10.1-расм. Нам ҳавонинг I-x диаграммаси.

8. Қуритгич орқал ўгадиг'н қуруқ ҳаво сарфи  $L$  (кг/с, ушбу тасгламалағ аниқланади:

$$L = W / I \quad (10.12)$$

бу ерда  $W$  - қуритгичнинг буг'лағилаётган (моддадан таралаётган) намлик буйича унумдорлиғи, кг/с;  $I$  - қуруқ ҳаво солиштирма сарфи, кг/кг бугланаётган намлик.

$$I = \frac{1}{x_2 - x_0} \quad (10.13)$$

$x_0$  ва  $x_2$  - қуритгичга кираётган ва ундан чиқарилган ҳавонинг нам сақлаши.

9. Қуритгич жараёни нормал шароитда олиб борилганда, калорифердағи иссиқлик сарфи  $Q$  (Вт),

$$Q = L (I_1 - I_0) \quad (10.14)$$

бу ерда  $I_1$  ва  $I_2$  - ҳавонинг калориферга кириш ва ундан чиқариладиги энтальпиялари, Ж/кг қуруқ ҳаво.

Қуритгичда жараён нормал қуритиш шароитида олиб борилганда иссиқлик баланси ушбу кўринишга эга:

$$Q = L (I_2 - I_0) + \sum Q \quad (10.15)$$

$I_2$  - қуритгичдан чиқарилган ҳаво энтальпияси;

$\sum Q$  - материални қиздириш учун сарф бўлган иссиқлик, транспорт қурилмасини иситиш учун ва а.роф муҳ.га йиқотилган иссиқликлар йиғиндисига тенг.

$L(I_2 - I_0)$  намликни буг'лағилиши, ҳаво ва буг'ни иситишга сарф бўлган асосий иссиқлик миқдориغا нисбатан  $\sum Q$  жуда кичик бўлгани учун ҳисобга олмаймиз. Унда, назарий қуритгич учун тасглама қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$Q_{\text{теор}} = L \cdot (I_2 - I_0) \quad (10.16)$$

$$\Delta x_1 = x_{\text{муд}} - x_1$$

$$\Delta x_2 = x_{\text{муд}} - x_2$$

I-давр қуритиш тезлиги  $N$  таъриба ўтказиш йўли билан ёки модда бериш коэффициентини орқали аниқланиши мумкин.

Нам материал юзасидан дўғлатилган намлик чикдори

$$W = \beta \cdot F \cdot \Delta x_{\text{ср}} \quad (10.26)$$

булса, қуритиш тезлиги  $N$  ушбу ифода ёрдамида топилади:

$$N = \frac{W}{G_s} = \frac{\beta \cdot F \cdot \Delta x_{\text{ср}}}{G_s} = \beta \cdot f \cdot \Delta x_{\text{ср}} \quad (10.27)$$

бу ерда,  $\beta$  - газ фазасидаги модда бериш коэффициентини,  $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{кг}/\text{кг})$ ;  $F$  - бугланиш юзаси,  $\text{м}^2$ ;  $f = F/G_{\text{ср}}$  - солишларма юза,  $\text{м}^2/\text{кг}$ ;  $\Delta x$  - ўртача ҳаракат келтирувчи куч,  $\text{кг буг}/\text{кг курук ҳаво}$ .

Модда бериш коэффициентини  $\beta$  ушбу критериял тенгламадан топилади:

$$Nu' = A \cdot Re^n \cdot (Pr'_r)^{0,33} \cdot Gu^{0,136} \quad (10.28)$$

бу ерда  $Nu' = \frac{\beta \cdot l}{D}$ ;  $Re = \frac{w \cdot l}{\nu}$ ;  $Pr'_r = \frac{\nu}{D}$

Гухман критерийси:

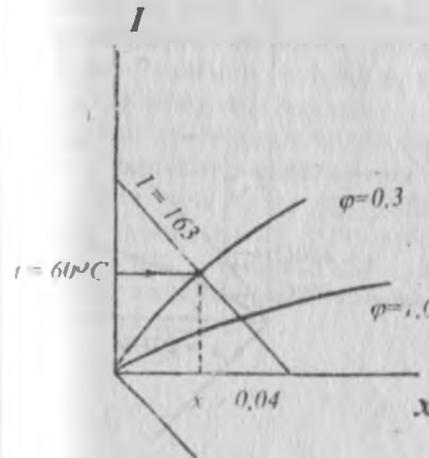
$$Nu = \frac{T_s - T_a}{T_s} \quad (10.29)$$

### МИСОЛЛАРНИ ИШЛАШ НАМУНАСИ

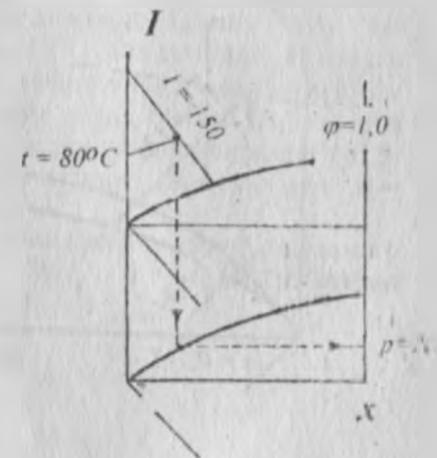
10-1. Иссибий намлиги  $\varphi = 0,3$  ва температураси  $60^\circ\text{C}$  булган ҳавонинг энтальпияси ва нам сақлаши Рамзиннинг 10-1-диаграммасидан тоғинг.

Ечиш:

10.2-рашда кўрсатилгандек, энтальпия  $I = 163 \text{ кЖ}/\text{кг курук ҳаво}$  нам сақлаши  $x = 0,04 \text{ кг}/\text{кг курук ҳаво}$ .



10.1-рasm. 10-1 масалага оид



10.3-рasm. 10-2 масалага оид

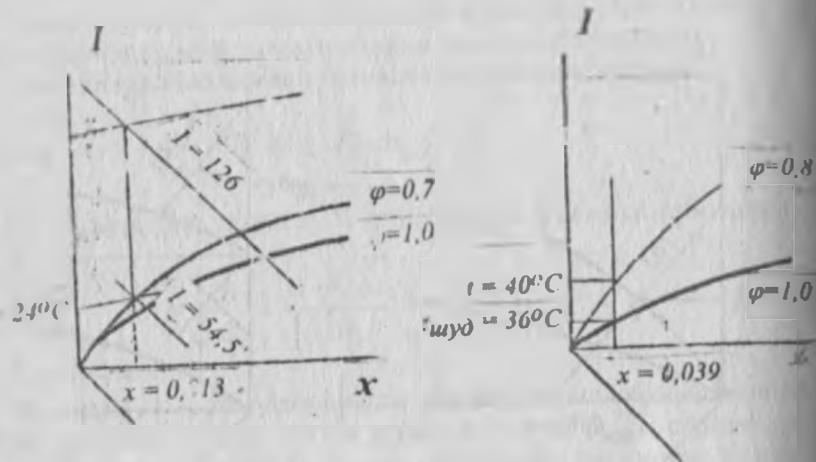
10.2. Температураси  $80^\circ\text{C}$  ва энтальпияси  $I = 150 \text{ кЖ}/\text{кг курук ҳаво}$  булган буг-ҳаво аралашмасидаги сув бугининг парциал босими аниқлансин.

Ечиш:

Рамзиннинг I-x (10.1-рasm) диаграммасидан  $80^\circ\text{C}$  ни изотерма ва  $I = 150 \text{ кЖ}/\text{кг курук ҳаво}$  чизикдафининг кесилиши нуқтасини топиб, уни сув бугининг парциал босими чизигига туширилади. Сунг эса абсцисса ўқиға параллел равишда ординатига чўзиб олинб борами.

Демак,  $t = 80^\circ\text{C}$  ва  $I = 150 \text{ кЖ}/\text{кг курук ҳаво}$  ушун парциал босим  $p_{\text{н}} = 28 \text{ мм.с.м.уст.га}$  тенг. Ечишнинг график схемаси 10.3-рasmда келтирилган.

10-3. Температураси  $24^{\circ}\text{C}$  ва  $\varphi = 0,7$  бўлган ҳаво калорифердан  $90^{\circ}\text{C}$  гача иситилмоқда. Калорифердан чиқаётган ҳавонинг энthalпияси ва нам сақлаши топилсин.



10.4-расм. 10-3 масаллага оид

10.5-расм. 10-4 масаллага оид

Е ч и ш :

I-x диаграммада ҳавонинг бошланғич ҳолати  $t = 24^{\circ}\text{C}$  ли изотерманинг  $\varphi = 0,7$  чизиги билан кесилган нуқтасига туғри келади (10.4-расм).

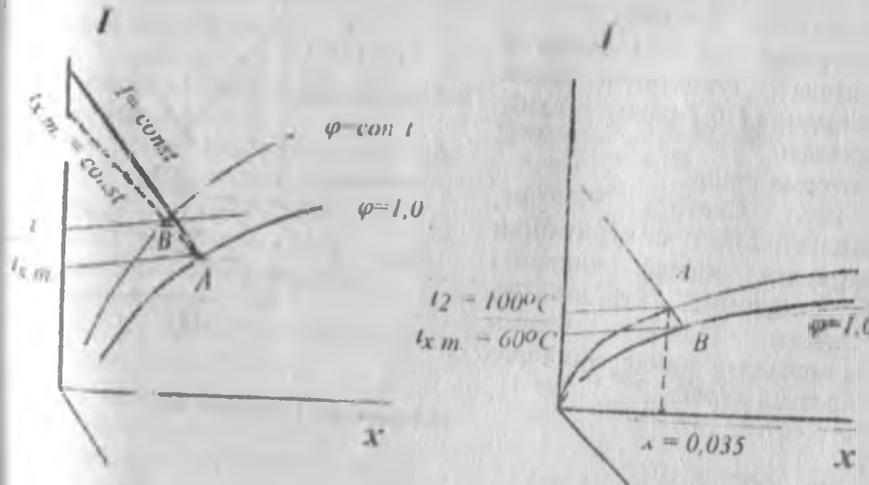
Ушбу нуқтага  $x = 0,013$  кг/кг қуруқ ҳаво ва  $I = 54,5$  кЖ/кг қуруқ ҳаво туғри келади. Иситиш пайтида ҳавонинг нам сақлаши ўзгармайди, шу сабабли ҳавони иситиш жараёни  $\varphi = 1,0$  чизиги билан рифодланади. Демак, ҳавонинг охириги ҳолати  $x = 0,013$  чизиги  $t = 90^{\circ}\text{C}$  ли изотерма билан тугашиган нуқта билан характерланади. Бу нуқтага энthalпиянинг  $I = 126$  кЖ/кг қуруқ ҳаво сон қиймати туғри келади.

10-4. Агар ҳавонинг температураси  $t = 40^{\circ}\text{C}$  ва нисбий намлиги  $\varphi = 0,8$  бўлса, унинг шуднинг нуқтаси топилсин.

Е ч и ш :

Нам ҳаво совитиш қуб борилса, маълум температурага пач, намлик шуднинг сифатида ажрати бошлайди. Намликнинг бундай ҳолатда ажратишга туғри келадиган температурага шуднинг нуқтаси деб аталади. Бу нуқтани топиш учун I-x диаграмманинг ордината ўқидаги  $40^{\circ}\text{C}$  га тегишли нуқтадан изотерма чизигини  $\varphi = 0,8$  билан кесилгунча давом эттирамиз. Тугашиган ушбу А нуқтадан  $x$  - сонни чиқариқ бўлиб дастга  $\varphi = 1,0$ , яъни тўлиқ нисбий намлик билан кесилгунча туширамиз (10.5-расм). Берилган параметрларга туғри келган нам сақлаши  $x = 0,039$  кг/кг ва шуднинг нуқтаси  $t = 36^{\circ}\text{C}$ .

10-5. Психрометр қурсатгани куйидагича. қуруқ термометр  $t_k = 10^{\circ}\text{C}$ , ҳуш термометр эса  $t_x = 36^{\circ}\text{C}$ . I-x диаграммадан ҳавонинг энthalпияси ва намлиги аниқлансин.



10.6-расм. 10-5 масаллага оид

10.7-расм. 10-6 масаллага оид

Қуритгичда буланган намлик (ёки материалдан чиқарилган сувнинг) микдорини қуйидаги тенгла орқали топилади:

$$W = \gamma_{\text{нам}} \cdot \frac{u_{\text{нам}} - u_{\text{ов}}}{100 - u_{\text{нам}}} = 350 \cdot \frac{42 - 11}{100 - 11} = 122 \text{ кг/ соат}$$

Сўнгра,  $x_0 = 0,0777$ ,  $x_2 = 0,038$ ,  $I_0 = 35 \text{ кЖ/кг}$ ,  $I_2 = 145 \text{ кЖ/кг}$  ларни аниқлаймиз.

Калориферга киришдан олдин  $t_1$  қуритгичдан чиққан пайтдаги ҳавонинг нам саклашини ва энтальпиясини 1-х диаграммалдан аниқлаймиз.

$W$  (кг/соат) микдордаги сувни (намликни) буллатиш учун ҳавонинг сарфи (қуруқ ҳаво ҳисобида) ушбу формула билан топиш мумкин:

$$L = \frac{W}{x_2 - x_0} = \frac{122}{0,3 - 0,0077} = 4030 \frac{\text{кг}}{\text{соат}} = 1,12 \text{ кг/ с}$$

Назарий қуритгичда иссиқликнинг сарфи

$$Q_n = L \cdot (I_2 - I_0) = 1,12 \cdot (145 \cdot 10^3 - 35 \cdot 10^3) = 123000 \text{ Вт}$$

Ҳақиқий қуритгичда материални иситиш учун қўшимча иссиқлик сарфланади:

$$G_{\text{ов}} \cdot c_{\text{ов}} \cdot (\theta_1 - \theta_2) = \frac{350 - 122}{3600} \cdot 2,35 \cdot 10^3 \cdot (47 - 1) = 4300 \text{ Вт}$$

Транспортёрни қиздириш учун кетган иссиқлик

$$G_{\text{тр}} \cdot c_{\text{тр}} \cdot (\theta_1 - \theta_2) = \frac{500 \cdot 0,5 \cdot 10^3 \cdot (47 - 18)}{3600} = 2420 \text{ Вт}$$

га тенг бўлади. Бу ерда  $0,5 \cdot 10^3$  - пўлатнинг солиштирма иссиқлик синими,  $\text{кДж/(кг} \cdot \text{К)}$  (иловадаги 42-ҳаддидан танланади).

Материал билан киратган иссиқлик микдорини айириб ташлаш керак ва унинг сон микдори ушбу йўл билан топилади:

$$W \cdot \theta_1 \cdot c_c = \frac{122}{3600} \cdot 18 \cdot 4,19 \cdot 10^3 = 2560 \text{ Вт}$$

Атроф муҳитга йўқотилишни ҳисобга олсак, умумий иссиқлик микдори қуйидагига тенг бўлади:

$$Q = (123000 + 4300 + 2420 - 2560) \cdot 1,12 = 142500 \text{ Вт}$$

Назарий ва ҳақиқий қуритгичлардаги иссиқлик сарфи микдорларини солиштирсак, ҳақиқий қуритгичдаги иссиқлик сарфи 15% юқорилиги кўринади, чунки  $12300 < 14250$  дан.

$$Q = L \cdot (I_1 - I_0) = 142500 \text{ Вт}$$

унда

$$I_1 - I_0 = \frac{Q}{L} = \frac{142500 \cdot 3600}{4030} = 127500 \frac{\text{Ж}}{\text{кг} \cdot \text{қуруқ ҳаво}}$$

Демак,

$$I_1 = 127,5 + I_0 = 127,5 + 35 = 162,5 \frac{\text{Ж}}{\text{кг} \cdot \text{қуруқ ҳаво}}$$

$I_1 = 162,5$  - калорифердан чиқётган ҳавонинг энтальпиясига 1-х диаграммада  $t_1 \approx 138^\circ\text{C}$  тўғри келади. Калорифердан чиқётган ҳавонинг ва иситувчи 1-бўс температураларининг фарқи

$$\Delta t = t_{\text{ов}} - t_1 = 10^\circ\text{C} = 10\text{K}$$

га тенг бўлади. Унда,  $t_{\text{ов}} = 138 + 10 = 148^\circ\text{C}$

Бу температурага  $P_{\text{абс}} \approx 0,461 \text{ МПа}$  ёки  $4,7 \text{ кгк/см}^2$  тўғри келади (34 - жалвал).

$t_x = 35^\circ\text{C}$  изотермани  $\varphi = 100\%$  билан кеси шгунча чузиб борамиз ва А нуқтани топамиз (10.6-расм). Ушбу нуқтадан изотерма буйича ( $t_x = \text{const}$ ) ҳаракат этиб В нуқтада  $t$  температура изотерма билан кесишгунча чузамиз ва бу нуқтага оид  $\varphi$  ни аниқлаб,миз.

Бизнинг мисолимиз учун  $t_x = 40^\circ\text{C}$  ва  $t_x = 35^\circ\text{C}$  бўлганда  $I = \text{const}$  чизиги буйича  $\varphi = 70\%$  л.гини топамиз.

10-6. Қуритгичдан чиқаятган ҳаво температураси  $t_2 = 100^\circ\text{C}$  ва нам сақлаши  $x_2 = 0,0135$  кг/кг ва материалнинг намлиги критик намлик юқори бўлса, материалнинг температураси топилсин.

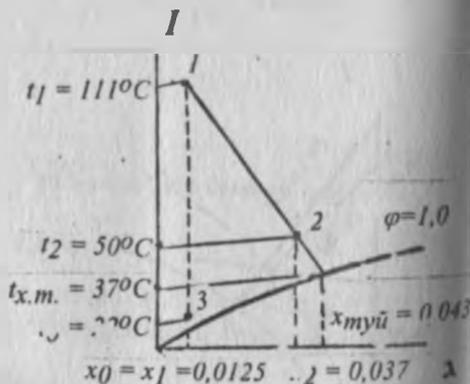
**Е ч и ш:**

Қуритиш жараёнининг I-даврига нам материалнинг температураси ҳў гермометрнинг температураси  $t_x$  тенг бўлади.

Бу температурани топиш учун А нуқтада.  $I = \text{const}$

чизигини  $\varphi = 1$  билан В нуқтада туташгунча давом эттирамиз (10.7-расм). Ушбу нуқтадан  $t_1 = 60^\circ\text{C}$  изотерма ўтади.

10-7. Соатига 550 кг, намлиги 23% гача қуритилган мармелад ишлаб чиқариш учун қуритиш қуролмасига намлиги 30% бўлган мармеладдан қанча миқдорда қуритиш керак.



10.8-расм. 10-7 масалага оид

**Е ч и ш:**

Нам материал буйича қуритгичнинг шумдорлигини ҳисоблаш учун (10.2) формуладан фойдаланамиз:

$$G = 550 \cdot \frac{100 - 23}{100 - 30} = 605 \text{ кг/ соат}$$

10-8. Ушбу шароитлар:  $t_0 = 22^\circ\text{C}$   $t_2 = 50^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_0 = 0,75$ .

$\varphi_2=0,45$  учун назарий қуритгичнинг ҳаракатга келтирувчи кучлари  $\Delta x_{\text{гр}}$  ва  $\Delta u_{\text{ур}}$  ларни ҳисоблаб топинг.

**Е ч и ш:**

I-х диаграммаси (10.8 расм) дан  $x_1 = 0,0125$  кг/кг;  $x_2=0,037$  кг/кг;  $x_{\text{тс}} = 0,043$  кг/кг;  $\theta = 37^\circ\text{C}$  ларни топамиз.

Демак,

$$\Delta x_{\text{гр}} = \frac{\Delta x_1 - \Delta x_2}{2,3 \cdot \lg \frac{\Delta x_1}{\Delta x_2}} = \frac{(0,043 - 0,0125) - (0,043 - 0,037)}{2,3 \cdot \lg \frac{0,043 - 0,0125}{0,043 - 0,037}} = 0,0152 \frac{\text{кг}}{\text{кг}}$$

$$\Delta x_{\text{ур}} = \frac{x_1 - x_2}{2,3 \cdot \lg \frac{x_1}{x_2}} = \frac{(111 - 37) - (50 - 37)}{2,3 \cdot \lg \frac{111 - 37}{50 - 37}} = 35^\circ\text{C} = 35\text{K}$$

10-9. Нормал қуритиш шароҳтида ишлаётган узлуксиз қуритгич учун ҳаво сарфи иситувчи буғнинг зарур босими ва сарфи ҳам аниқлансин:

- |  |   |
|--|---|
| нам материал бўйича қуритгичнинг иш унумдорлиги      | - $G_{\text{к}}$ = 350 кг/соат;                   |
| - материалнинг бошланғич намлиги                     | - $u_{\text{бo1}}$ = 42%;                         |
| - материалнинг охирги намлиги                        | - $u_{\text{ox}}$ = 11%;                          |
| - материалнинг бошланғич температураси               | - $\theta_1$ = 18°C;                              |
| - қуритгичдан чиқаётган ҳаво температураси           | - $\theta_2$ = 47°C;                              |
| ҳавонинг ҳолат характеристикалар:                    |   |
| - алорифторгача бўлган                               | - $t_0 = 15^\circ\text{C}$ ; $\varphi_0 = 70\%$ ; |
| - қуритгичда чиққандаги                              | - $t_2 = 45^\circ\text{C}$ ; $\varphi_2 = 60\%$ ; |
| - қуритилган материалнинг солиштирма иссиқлик сифими | - $c_{\text{ол}}$ = 2350 Ж/ТК;                    |
| - транспортёр массаси                                | - $G_{\text{тр}}$ = 600 кг;                       |
| - атроф муҳитга иссиқликнинг йўқотилиши              | - $Q_{\text{иук}}$ = 12%;                         |
| - иситувчи буғ намлиги                               | - 6%.   |

**Е ч и ш:**

Иситувчи буг сарфи куйидагича аниқланади:

$$G_{\text{ис}} = \frac{Q}{r \cdot x'} = \frac{142500}{2122 \cdot 10^3 \cdot 0,94} = 0,0715 \text{ кг/с} = 257 \text{ кг/соат}$$

бу ерда  $r = 2122 \text{ кЖ/кг} - 148^\circ\text{C}$  температурадаги иситувчи бугнинг солиштирма конденсацияланиш иссиқлиги.

Иситувчи бугнинг солиштирма сарфи

$$\alpha = \frac{G_{\text{ис}}}{W} = \frac{257}{122} = 2,1 \frac{\text{кг. иситувчи буг}}{\text{кг. буғлатилган суг}}$$

10-10. Барабанли қуритгичда 500 кг/соат сарфда узум турпи 65% бошланғич намликдан 8% гача қуритилмоқда. Жараён қарама-қарши йуналишда ташкил этилган қуритгичга кирётган иссиқ ҳаво температураси  $120^\circ\text{C}$ , чиқётганники эса  $60^\circ\text{C}$ . Атроф муҳитдаги ҳавонинг параметрлари:  $t = 20^\circ\text{C}$ , намлиги 30%, барометрик босим 0,1 МПа. Барабанли қуритгичдан чиқётган ҳаво намлиги 18%. Материалга берилаётган иссиқлик муқори, иссиқ ҳавонинг сарфи ва унинг солиштирма сарфи аниқлансин.

Е ч и ш :

$$L = \frac{W}{x_2 - x_0}$$

$$W = G_1 \cdot \frac{u_1 - u_2}{100 - u_2} = 500 \cdot \frac{65 - 8}{100 - 8} = 309,8 \text{ кг/соат} = 0,086 \text{ кг/с}$$

қуритгичга кирётган ҳавонинг нам сақлаши:

$$x_1 = 0,622 \cdot \frac{\varphi \cdot P_{\text{сат}}}{P - \varphi \cdot P_{\text{сат}}} = 0,622 \cdot \frac{0,6 \cdot 0,00238}{0,1 - 0,6 \cdot 0,00238} = 0,009 \text{ кг/кг}$$

Худай шундай, қуритгичдан чиқётган ҳавонинг нам сақлашини аниқлаймиз:

$$x_2 = 0,622 \cdot \frac{r \cdot 18 \cdot 0,02031}{0,1 - 0,18 \cdot 0,02031} = 0,0236 \text{ кг/кг}$$

қуритгичга кыраётган нам ҳавонинг энтальпияси:

$$I_1 = (1000 + 1,97 \cdot 10^3 \cdot x) \cdot t + 2493 \cdot 10^3 \cdot t = \\ = (1000 + 1,97 \cdot 10^3 \cdot 0,009) \cdot 60 + 2493 \cdot 10^3 \cdot 0,009 = 14,56 \cdot 10^4 \frac{\text{Ж}}{\text{кг}}$$

$$I_2 = (1000 + 1,97 \cdot 10^3 \cdot 0,0236) \cdot 60 + 2493 \cdot 10^3 \cdot 0,0236 = 12,26 \cdot 10^4 \frac{\text{Ж}}{\text{кг}}$$

Унда

$$L = \frac{0,086}{0,0236 - 0,009} = 5,61 \text{ кг/с} = 5 \cdot 205 \text{ кг/соат}$$

Ҳавонинг солиштирма сарфи

$$l = \frac{L}{W} = \frac{5,89}{0,086} = 68,5 \text{ кг/соат}$$

Материалга ҳаво элган брилган иссиқлик миқдори

$$Q = \frac{L \cdot (I_1 - I_2)}{0,5} = \frac{5,89 \cdot (14,56 - 12,26) \cdot 10^4}{0,5} = 27,1 \cdot 10^4 \text{ Б.л} = 271 \text{ кВт}$$

## МАВХУМ ҚАЙНАШ ҚАТЛАМЛИ ҚУРИТГИЧЛАРНИ ҲИСОБЛАШ

Иш унумдорлиги

(қуритиладиган материал бўйича)  $-G_{ox} = 0,556 \text{ кг/с}$   
 материал қуйидаги таркибдаги фракцияла дан иборат  
 диаметри 2,0 дан 1,5 мм гача  $- 25\%$   
 диаметри 1,5 д. 1,0 мм гача  $- 75\%$

Грануланган кунжара намлиги:

Бос танғич  $w_{osh} = 12\%$   
 охирғиси  $w_{ox} = 0,5\%$

Нам материалнинг температураси

$\theta_1 = 18^\circ\text{C}$

Тоза ҳаво параметрлари:

температураси  $t_0 = 18^\circ\text{C}$

нисбий намлиги  $\varphi_0 = 72\%$

Қуритгичдаги босим

$p_0 = 1 \text{ атм.}$

Калорифердан чиқаётган ҳаво

температураси  $t_1 = 130^\circ\text{C}$

Ик сулни буглатиш учун атроф муҳитга солиштирма  
 иссиқликнинг йўқотилиши  $q_{ух} = 22,6 \text{ кЖ/кг}$

Бугланган намликнинг (ёки материалдан чиқарилган сувнинг) миқдори қуйидаги тенглама орқали топиш мумкин:

$$w = G \cdot \frac{w_{osh} - w_{ox}}{100 - U_{ox}} = 0,556 \cdot \frac{12 - 0,5}{100 - 12} = 0,0726 \text{ кг/с}$$

Қуритгичдан чиқаётган нам ҳавонинг температурасини  $60^\circ\text{C}$  деб қабул қилиб, унинг асосий параметрларини аниқ-лаймиз. Одатда, мавҳум қайнаш қатламли қуритгичдаги материал температурасини чиқиб кетаётган иссиқ ҳавонинг температурасидан  $1-2^\circ\text{C}$  пастроқ деб ҳисобланади. Демак, қатламдаги материал температураси  $58^\circ\text{C}$  тенг бўлади, яъни  $\theta_2 = 58^\circ\text{C}$ .

Қуритгичнинг ички иссиқлик балансини ушбу тенглама орқали ҳисоблайми

$$\Delta = c \cdot \theta_1 + q_{\text{ух}} - (q_2 + q_m + q_{\text{ж}}) = 4,19 \cdot 18 -$$

$$\frac{0,556 \cdot 0,88 \cdot (58 - 18)}{0,0726} - 22,6 = -192 \text{ кЖ/кг намлик}$$

Рамзиннинг  $I-x$  диаграммасидан, маълум  $t_1 = 18^\circ\text{C}$  ва  $\varphi_0 = 72\%$   $x_0$ ,  $I_0$  н' топамиз:

$$x_0 = 0,0092 \text{ кг-намл / кг-курук хаво};$$

$$I_0 = 41,0 \text{ кЖ/кг-курук хаво.}$$

Ҳаво  $t_1 = 130^\circ\text{C}$  гача иситилганда, уни. энтальпияси  $I_1 = 157$  кЖ/кг гача ортади, чунки жараён  $x_c = x_1$  шароитда олиб берилади. Сунг, қуритгидан чиқаётган иссиқ ҳавонинг бошқа параметрларини топиш учун ихтиёрчй  $x = 0,04$  нам сақлаш миқдорини танлаб, қуйидаги формула орқали унинг энтальпиясини топамиз:

$$\text{Кейин, } I_1 \cdot x_0 = 0,0092 \text{ кг/кг, } I_1 = 157 \text{ кЖ/кг}$$

$$\text{ва } x = 0,04 \text{ кг/кг, } I = 151 \text{ кЖ/кг}$$

нуқталари орқали  $t_2 = 60^\circ\text{C}$  мос келадиган нуқта билан туташгунча чизик ўтказилад.

Қуритиш чизиги ва  $60^\circ\text{C}$  ли энтальпиясига кесилиш нуқтада қуритгидан чиқаётган ҳавонинг охириги нам сақлаши  $x_2 = 0,035$  кг/кг аниқланади.

Қуруқ ҳавонинг сарфи  $L$  ушбу тенгламадан топилади:

$$L = \frac{W}{x_2 - x_0} = \frac{0,0726}{0,035 - 0,0092} = 2,81 \text{ кг/с}$$

Қуритгичдаги иссиқ ҳавонинг ўртача температураси  $t_{\text{ср}}$  суйидаги формуладан аниқлаш мумкин:

$$t_{\text{ср}} = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{130 + 60}{2} = 95^\circ \text{C}$$

Бу иссиқ ҳавонинг ўртача нам сақлаш  $x_{\text{ср}}$  эса,

$$x_{\text{ср}} = \frac{x_1 + x_2}{2} = \frac{0,0092 + 0,035}{2} = 0,0221 \frac{\text{кг} \cdot \text{намлик}}{\text{кг} \cdot \text{қуруқ ҳаво}}$$

Ҳавонинг  $\rho_{\text{ср}}$  ва сув буғининг  $\rho_{\text{с}}$  ўртача зичликлари суйидагига тенг:

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{M}{V_0} \cdot \frac{T_0}{T_0 + t_{\text{ср}}} = \frac{29}{22,4} \cdot \frac{273}{273 + 95} = 0,16 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_{\text{с}} = \frac{18}{22,4} \cdot \frac{273}{273 + 95} = 0,596 \text{ кг/м}^3$$

Ҳаво бўйича ўрта ҳажмий  $V$  шубундорлик  $V$  ушбу тенглама орқали ҳисобланади:

$$V = \frac{r}{\rho_{\text{ср}}} \cdot \frac{x_{\text{ср}} \cdot L}{\rho_{\text{с}}} = \frac{2,81}{0,16} \cdot \frac{0,0221 \cdot 2,81}{0,536} = 3,04 \text{ м}^3/\text{с}$$

Қатламнинг мавҳум қайнашининг бошланиш тезлиги  $w_{\text{ср}}$  куйидагича топилади:

$$w_{\text{ср}} = \frac{Re \cdot \mu_{\text{ср}}}{\rho_{\text{ср}} \cdot d_s}$$

бу ерда .

$$Re_{\text{м}} = \frac{Ar}{1400 + 5,2 \cdot \sqrt{Ar}}$$

$$Ar = \frac{g \cdot d_s^3 \cdot \rho \cdot \rho_s}{\dots}$$

Полидисперс материал заррачаларининг эквивалентг диаметри ушбу формула ёрдамида хисобланади:

$$d_s = \frac{1}{\sum \frac{m_i}{d_i}} = \frac{1}{\frac{0,25}{\left(\frac{2,0-1,5}{2}\right) \cdot 10^{-3}} + \frac{0,25}{\left(\frac{2,0+1,5}{2}\right) \cdot 10^{-3}}} = 1,35 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Архимед критерийси эса

$$Ar = \frac{(1,35 \cdot 10^{-3})^3 \cdot 0,96 \cdot 9,8 \cdot 1500}{(2,2 \cdot 10^{-3})^3} = 7,17 \cdot 10^4$$

Рейнольдс критерийси

$$Re_{\text{м}} = \frac{7,17 \cdot 10^4}{1400 + 5,22 \cdot \sqrt{7,17 \cdot 10^4}} = 25,6$$

$$w_{\text{м}} = \frac{25,6 \cdot 2,2 \cdot 10^{-3}}{0,96 \cdot 1,35 \cdot 10^{-3}} = 0,435 \text{ м/с}$$

Мавҳум қайнаш қатламининг энг юқор: чегараси чиқиб кетиш тезлиги билан белгиланади.

Энг кичик заррачанинг диаметри 1 мм бўлса, унга мос Архимед критерийси қуйидагига тенгдир:

$$Ar = \frac{(10^{-3})^3 \cdot 0,96 \cdot 9,8 \cdot 1500}{(2,2 \cdot 10^{-3})^2} = 2,91 \cdot 10^4$$

Чиқиб кетиш тезлиги эса,

$$w_{\text{ч}} = \frac{2,2 \cdot 10^{-3}}{0,96 \cdot 10^{-3}} \left( \frac{2,91 \cdot 10^4}{18 + 0,575 \sqrt{2,91 \cdot 10^4}} \right) = 5,75 \text{ м/с}$$

Иситувчи агентнинг ишчи тезлиги  $w_{\text{мк}}$  ва  $w_{\text{ур}}$  оралиғида бўлади.

Агар

$$K_{\text{кч}} = \frac{w_{\text{ч}}}{w_{\text{мк}}} = 40 + 50 \text{ булса,} \quad K_y = \frac{w}{w_{\text{мк}}} = 3 \div 7$$

агарда

$$K_{\text{кч}} \leq 20 + 30 \text{ булса,} \quad K_y = 1,5 + 3$$

Бизнинг шароит учун  $K_y = 2,3$  деб қабул қиламиз. Ушбу иситувчи агентнинг ишчи тезлиги қуйидагига тенг бўлади:

$$w = k_y \cdot w_{\text{мк}} = 2,3 \cdot 0,435 = 1,0 \text{ м/с}$$

Қуритгичнинг диаметри  $d$  ушбу формуладан топилади:

$$d = \sqrt{\frac{1}{F \cdot w}} = \sqrt{\frac{3,04}{0,785 \cdot 1^2}} = 1,97 \approx 2 \text{ м/с}$$

Қуритилаётган материал учун мавҳум қайнаш қатлами-нинг баландлигини аниқлаш.

Мавҳум қайнаш қатламининг баландлигини иссиқлик ва модда алмашинуви кинетикаси асосида аниқлаш мумкин.

Модда бериш ва моддий баланс формулаларини тенглаштириб, қуйидаги тенгламани оламиз:

$$dM = w \cdot \rho_{sp} \cdot S \cdot dx = \beta_y \cdot (x^* - x) \cdot dF$$

$M$  - буглатилган намлик ҳисобида қуритгичнинг иш унумдорлиги, кг/с;  $S$  - қуритгичнинг қўндаланг кесими юзаси,  $\text{м}^2$ ;  $x$ ,  $x^*$  - ҳавонинг ишчи ва мувозанат нам сақлаши, кг намлик/кг қуруқ ҳаво;  $F$  - материал юзаси,  $\text{м}^2$ ;  $\rho_{sp}$  - қуритгичдаги қуруқ ҳавонинг ўртача температурадаги зичлиги  $\text{кг/м}^3$ .

Шарсимон заррачаларнинг юзаси

$$dF = \left[ \frac{6 \cdot (1 - \varepsilon)}{d_p} \right] \cdot S \cdot dh$$

бу ерда  $h$  - мавҳум қайнаш қатламининг баландлиги, м.

Ўзгаришчи параметрларни булиб, интегралласак ва қатлам баландлиги бўйича заррачаларнинг температураси ўзгармас деб ҳисобласак, қуйидаги қўрinishдаги тенгламани оламиз:

$$\frac{x^* - x_2}{x^* - x_0} = \exp \left[ - \frac{\beta_y}{w \cdot \rho_{sp}} \cdot \frac{6 \cdot (1 - \varepsilon)}{d_p} \cdot h \right]$$

Иситувчи агентнинг мувозанат нам сўқлаши  $x^*$  ни  $I - x$  диаграммидан ишчи қуритиш чизигини  $\varphi = 100\%$  чизиги билан кесилиш нуқтасининг абсцисса миқдори олинади, яъни  $x^* = 0,0438$  кг/кг га тенг эканлигини топамиз.

(А) Тенгламанинг чап т. мони қуйидаги миқдорга тенгдир:

$$\frac{x^* - x_2}{x^* - x_0} = \frac{0,0438 - 0,035}{0,0438 - 0,0092} = 0,224$$

Қатламнинг т. вақлиги  $\varepsilon$  ушбу формула билан аниқланади:

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

Рейнольдс критерийси

$$Re = \frac{w \cdot d \cdot \rho_{\text{г}}}{\mu_{\text{г}}} = \frac{1,0 \cdot 1,35 \cdot 10^{-3} \cdot 0,96}{2,2 \cdot 10^{-3}} = 58,5$$

$$\varepsilon = \left( \frac{18 \cdot 58,9 + 0,36 \cdot 58,9^2}{7,16 \cdot 10^{-4}} \right)^{0,21} = 0,4886 \text{ м}^2/\text{с}$$

Материал юзасидан намлик буғланаётган пайтидаги молекулаларнинг берилш коэффициентини  $\beta_y$  ушбу критериял тенглама билан топилади:

$$Nu' = 2 + 0,51 \cdot 1^{0,52} \cdot Pr_y^{0,33}$$

Қуритгичдаги қуритилган температура сув буғларининг ҳаводанги диффузия коэффициентини:

$$D = D_{20} \cdot \left( \frac{T + t_{\text{г}}}{T_0} \right)^{1,75}$$

бу ерда  $D_{20} = 21,9 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с. Унда,

$$D = 21,9 \cdot 10^{-6} \cdot \left( \frac{273 + 96}{273} \right)^{1,75} = 3,44 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$$

$$Pr_y' = \frac{2,2 \cdot 10^{-3}}{0,06 \cdot 3,4 \cdot 10^{-3}} = 0,67$$

Молекулаларнинг берилш коэффициентини ушбу формула билан аниқланади:

$$\beta_y = \frac{D}{d_s} \cdot \left( 2 + 0,51 \cdot Re^{0,52} \cdot Pr_y'^{0,33} \right) = \frac{3,44 \cdot 10^{-5}}{1,35 \cdot 10^{-3}} \cdot \left( 2 + 0,51 \cdot 58,9^{0,52} \cdot 0,67^{0,33} \right) = 0,145 \text{ м/с}$$

Қуритилган материалларнинг таълим қайнаш баландлигини

$$0,2 \leq 1 = \exp \left[ - \frac{0,145 \cdot 6 \cdot (1 - 0,48)}{1 \cdot 0,96 \cdot 1,35 \cdot 10^{-3}} \cdot h \right]$$

Бу тенглама  $h$  таълим қайнаш баландлигини, қуйидаги натижани олади:

$$h = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Мавҳум қайнаш қатламли қуритгичларни кимё ва бошқа саноат корхоналарида кўп йиллик ишлатиш шуни кўрсатдики, қуритманинг баландлиги

$$H \approx 4 \cdot H_{cm}$$

булиши керак экан. Бу ерда  $H_{cm}$  - қатламнинг гидродинамик розглаш соҳасининг баландлиги.

$$H = \delta \cdot d_0$$

бу ерда  $d_0$  - тўр парда тешикларининг диаметри. Диаметрлар ўзбў стандарт ўлчамлар қаторидан танланади:

$d_0, \text{ мм}$	2,0	2,2	2,5	2,8	3,2	3,6	4,0	4,5	5,0	5,6
-------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Агарда,  $d_0 = 2,5$  мм ни танласак, мавҳум қайнаш қатламини баландлиги

$$H = 80 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3} = 0,2 \text{ м}$$

Газ тақсимловчи тўр пардадаги тешиклар сонини  $n$  қуйидагича ҳисоблайди:

$$n = \frac{4 \cdot S \cdot F_{mn}}{\pi \cdot d_0^2} = \frac{d^2 \cdot F_{mn}}{d_0^2}$$

$S$  - тўр парда кўндаланг кесимининг сон қиймати қуритгич кўндаланг кесимига тенг;  $F_{mn}$  - тўр парда тешикларининг юзасининг қисми, бу ерда  $F_{mn} = 0,02-0,1$ .

Агарда  $F_{mn} = 0,05$  деб қабул қилсак, тўр пардадаги тешиклар сонини

$$n = \frac{2^2 \cdot 0,05}{0,0025^2} = 32000$$

Қурилманинг сепрация  $\epsilon$  қилими  $H_c$  ни маъхум қайнаш қатлам баландлигидан 4 - 6 марогаба катта қилиб қабул қилинади

$$H_c = 5 \cdot H = 5 \cdot 0,2 = 1 \text{ м}$$

### Қуритгичнинг гидравлик қаршилиги

Қуритгичнинг асосий гидравлик қаршилиги маъхум қайнаш қатлами  $\Delta P_{ма}$  ва тўр парда  $\Delta P_{тл}$  ларнинг қаршилиқларининг йиғиндисига тенг

$$\Delta P = \Delta P_{ма} + \Delta P_{тл}$$

$\Delta P_{ма}$  қиймати эса, ушбу формуладан ҳисобланади:

$$\Delta P_{ма} = \rho \cdot (1 - \epsilon) \cdot g \cdot H = 1500 \cdot (1 - 0,486) \cdot 9,8 \cdot 0,2 = 1511 \text{ П}$$

Тўр парданинг минимал гидравлик қаршилиги қуйидагича топилиши мумкин:

$\Delta P_{тл \text{ мин}}$

$$\Delta P_{тл \text{ мин}} = \Delta P_{ма} \cdot \frac{K_w^2 \cdot (\epsilon - \epsilon_0)}{(K_w^2 - 1) \cdot (1 - \epsilon_0)} = 1,511 \cdot$$

$$\frac{2,3^2}{(2,3^2 - 1)} \cdot \left( \frac{0,486 - 0,4}{1 - 0,486} \right) = 1,2 \text{ Па}$$

Танланган тур парданинг гидравлик қаршилиги ушбу теориядан аниқланади:

$$\Delta P_{mn} = r \cdot \left( \frac{w}{F_{mn}} \right)^2 \cdot \frac{\rho_{\text{гп}}}{2}$$

бу ерда  $r = 1,5$ .

Унда

$$\Delta P_{mn} = 1,75 \cdot \left( \frac{1}{0,05} \right)^2 \cdot \frac{0,96}{2} = 336 \text{ П}$$

$\Delta P_{mn} = 336 > \Delta P_{mn \text{ min}} = 312$ . Қурутгичнинг умуий гидравлик қаршилиги.

$$\Delta P = \Delta P_{mk} + \Delta P_{mn} = 1511 + 336 = 1847 \text{ Па}$$

га тенглигини аниқлаб, ҳамда газ тозалаш қурилмаларини (циклон, скруббер, фильтр ва ҳокказолар) билган ҳолда вентилятор ва турбогазодувкалар танланади.

## КОНТРОЛ МАСАЛАЛАР

10.1. 1 кг нам материалдан 50% дан 25% гача қурутганда, 1 кг нам материални 2% дан 1% гача қуритилишига қараганда неча баробар қўл намлик чиқарилади (умумий массага нисбатан ҳисобланганда).

10.2. Қурутгичдан чиқадиган ҳавонинг температураси  $t = 50^\circ\text{C}$  ва нисбий намлиги  $\varphi = 0,7$  бўлганда уни 1 г нам қуллаши, энтальпияси, ҳул термометр температураси ва шудринг нукталарини аниқлаш.

10.3. Ҳавонинг қурув термометрдаги ҳарорати  $50^\circ\text{C}$  ва ҳул термометрдаги температураси  $3^\circ\text{C}$  бўлганда, ҳавонинг қоллиги

ҳамма характерловчи параметрларини аниқлаб беринг.

10.4. Сув буғининг ҳаво билан аралашмасидаги парциал босими  $0,1 \text{ кгк/см}^2$  лиги маълум бўлганда,  $50^\circ\text{C}$  температурда бу аралашманинг нисбий намлиги ва нам сақлашини аниқлаб беринг.

10.5. Сув буғининг а) ҳаво билан; б) водород билан ва с) этан билан аралашмаларидаги температуралар  $t = 35^\circ\text{C}$  да ва нисбий намлиги  $\varphi = 0,45$  даги миқдорини аниқланг (газларнинг миқдорини  $1 \text{ кг}$  деб олинсин). Умумий абсолют босим  $P = 1,033 \text{ кгк/см}^2$ .

10.6. Агарда, қуритгичдан чиқаятган ҳавонинг температураси  $t_2 = 40^\circ\text{C}$  ва нисбий намлиги  $\varphi_2 = 0,6$  бўлса, ёз ва қиш фазлари (Тошкент шаҳри шароити) учун ҳавонинг солиштирма сарфи ва нисбий миқдори аниқлансин. Назарий қуритгичда нормал қуритиш жараёни ташкил этилган.

10.7. Ҳаво-буғ аралашмаси температураси  $150^\circ\text{C}$  да ва нисбий намлиги  $\varphi = 0,5$  га тенг бўлганда умумий (абсолют) босим миқдори  $745 \text{ мм.с.м.уст.ни}$  ташкил этади. Сув буғи ва ҳавонинг парциал босимини ва ҳавонинг нам сақлашини топинг.

10.8. Нам ҳаво температураси  $130^\circ\text{C}$ , нисбий намлиги  $\varphi = 0,3$  ва абсолют босими  $7 \text{ кгк/см}^2$  ( $0,7 \text{ МПа}$ ) га тенг. Ҳавонинг парциал босимини, зичлиги ва нам сақлашини аниқлаб беринг.

10.9. Қуритгичга кираётган ҳаво миқдори соатига  $200 \text{ кг}$  (абсолют қуруқ ҳаво деб ҳисобланганда) бўлиб, унинг температураси  $t_1 = 95^\circ\text{C}$  ва  $\varphi_1 = 5\%$  ни ташкил этади. Қуритгичдан чиқаятганда  $t = 50^\circ\text{C}$  ва  $\varphi = 6\%$  бўлса, қуритгичдаги материалдан чиқаятган намлик миқдори қанча? Ҳавонинг солиштирма сарфи ҳам аниқлансин.

10.10. Соатига  $800 \text{ кг}$  намлиги  $32\%$  тастилани қуритиш жараёнида  $14 \text{ кг/соат}$  миқдордаги намлик буғлантилган бўлса, элинган пастини неча фоиз намликда бўлади?

10.11. Қутидаги шароитларда, яъни  $t_0 = 15^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_0 = 0,8$ ,  $t_2 = 45^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_2 = 0,6$ ;  $P = 150 \text{ мм.с.м.уст.}$  да қуритилаётган материаллардан соатига  $100 \text{ кг}$  намлик ажралаётган бўлса, вентиляторнинг иш нумдорлигини аниқланг.

10.12. Ҳаво қуритгичга киришдан олдин калориферла  $113^\circ\text{C}$  гача иситилади. Қуритгичдан чиқаятганда ҳаво температураси  $50^\circ\text{C}$  ва нисбий намлиги  $0,3$ . Калориферга кираётган ҳавонинг иш нумдорини аниқлаб беринг. Қуритиш  $1 = \text{соат}$  қизиги

бўйлаб бормоқда деб ҳисоблансин.

10.13. Нон маҳсулотларини қу, гиш жараёнида чиқиб кетаётган иссиқ ҳавонинг бир қимини қуритгичга қайтариш шартлари жиғида ишламоқда:

Ҳавонинг параметрлари қуйидагича:  $t_0 = 30^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_0 = 19\%$ ;

Ишлатиб бўлинган иссиқ ҳаво параметрлари:  $t_2 = 52^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_2 = 55\%$ ;

Аралаштириш шартлари:  $n = 2$ ;

Калорифердан чиқаётган ҳаво температураси  $t_{\text{арал}} = 93^\circ\text{C}$ .

Ушбу жараёнлар учун қуйидагилар аниқлансин: ҳавонинг солиштирма энтальпияси ва намлиги; ишлатиб бўлинган иссиқ ҳавонинг солиштирма намлиги, энтальпияси, температураси ва нисбий намлиги; қуритгичга кириш ва чиқиб кетган ҳавонинг солиштирма намлиги, энтальпияси, температураси ва нисбий намлиги. Ҳисоблар аналитик ва график (I-x диаграммаси ёрдами) қилинсин ва бир-бирига таққослансин.

10.14. Иш унумдорлиги  $G_1 = 1600$  кг/соат булган қуритгич нонни нормал қуритиш жараёнида қуритмоқда. Ноннинг намлиги  $u_1 = 52\%$ , қуритилгандан кейин эса,  $u_2 = 9\%$

Қуритилма ўрнатилган цех ичидаги ҳавонинг температураси  $t_0 = 23^\circ\text{C}$ , калорифердан чиқаётган ишлатилиб бўлинган иссиқ ҳаво параметрлари қуйидагича:  $t_2 = 40^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_2 = 45\%$ . Қуритиш жараёнини утказиш учун ҳаво, калорифердан чиқаётган, ишлатиб бўлинган иссиқ ҳаво ҳажмлари ва калориферда сарфланган иссиқлик миқдори аниқлансин.

10.15. Намлиги  $52\%$  (умумий массага нисбатан) нон  $1600$  кг/соат сифда тоннелли қурилмада қуритилмоқда. Қуритилган нон намлиги  $9\%$ . Қуритилган нондаги абсолют қуруқ модданинг солиштирма иссиқлик сизими  $c_{\text{кк}} = 1,42$  кЖ/к. К.

Қурилма ўрнатилган бино ичидаги ҳавонинг температураси  $22^\circ\text{C}$ , калорифердан чиқаётганники эса  $105^\circ\text{C}$ , қуритгичда ишлатиб бўлинган ҳавоник эса  $55^\circ\text{C}$ .

Ҳаво ва материаллар қуритиш камерасидаги ҳаракати  $2$  хил йўналишда, яъни:

- тўғри йўлли;

- қарама-қарши йўлли булганда, материални иситиш учун сарф бўладиган иссиқлик миқдори ҳисоблансин.

## КОНТРОЛ ТОПШИРИҚ №20

Температураси  $t$  ва нисбий намлиги  $\varphi$  булган ҳавонинг нам сифатини, энтальпияси, параллел босқини, ҳўл та қуруқ термометр, ҳамда шуднинг нуқтасига мос температураларини  $I$ -x диаграмма ёрдамида аниқланг.

ар	Улч. з бирлиги	Цифрнинг охири рақами буйича вариантлар									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
T	°C	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
$\varphi$	-	0,7	0,5	0,3	0,05	0,1	0,2	0,5	0,6	0,8	1,0

## КОНТРОЛ ТОПШИРИҚ №21

Нормал қуритиш жараёнида ишлатган узлуксиз қуритгич ишбу шартларда асосида ҳисоблаб чиқилсин.

1. Нам материал ҳисобида қуритгичнинг иш унумдорлиги -  $G_1$ ;
2. Материалнинг босқин намлиги -  $U_1$ ;
3. Материалнинг охириги намлиги -  $U_2$ ;
4. Қуритилган материалнинг иссиқлик сизими -  $m$ ;
5. Транспорт қурилмасининг массаси -  $G_{\text{тпр}}$ ;
6. Транспорт қурилмасининг солиштирма иссиқлик сизими -  $c_{\text{тпр}}$ ;
7. Қуритгичга кираётган материал температураси -  $\theta_1$ ;
8. Калориферга кираётган ҳавонинг нисбий намлиги -  $\varphi_0$ ;
9. Қуритгичдан чиқаётган ҳавонинг температураси -  $\theta_2$ ;
10. Калорифердан чиқаётган ҳавонинг температураси -  $t_1$ ;
11. Қуритгичга кираётган транспорт қурилмасининг температураси -  $t'_{\text{тпр}}$ ;
12. Қуритгичдан чиқаётган транспорт қурилмасининг температураси -  $t'_{\text{тпр}}$ ;
13. Атроф муҳитга йўқотилаётган иссиқлик миқдори -  $q_{\text{а}}$ ;
14. Атроф муҳит температураси -  $t_{\text{а}}$ ;

Юқорида келтирилган маълумотлар асосида ҳавонинг ва иссиқлик сарфи, ҳамда иситувчи бугнинг сарфлари аниқлансин. Назарий ва ҳақиқий қуриштиш жараёни Рамзиннинг I - x диаграммасида тасвирлансин.

ара стр	лчо ирл ги	Шифрнинг охириги рақами бўйича вариантлар									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
G	г/с	1000	3000	2500	4000	1500	3500	5000	4500	2000	3000
U <sub>1</sub>	оат	30	34	31	33	35	32	30	34	31	30
U <sub>2</sub>	%	10	11	9	10	11	10	9	10	10	11
c <sub>н</sub>	%	2,14	2,25	2,18	2,22	2,37	2,20	2,12	2,26	2,19	2,15
G <sub>нор</sub>	Ж/	700	2000	1000	3100	1100	2000	4000	3700	1000	2100
c <sub>нр</sub>	кг-К	1,57	1,58	1,55	1,65	1,62	1,68	1,59	1,50	1,5	1,60
t <sub>ннн</sub>	г/с	20	18	22	19	21	23	17	21	24	16
t <sub>ох</sub>	оат	60	55	57	58	50	53	60	56	54	59
q <sub>ннн</sub>	Ж/	10	12	11	11	13	12	15	16	9	7
θ <sub>1</sub>	кг-К	20	18	22	19	21	23	17	21	24	16
θ <sub>2</sub>	°С	60	55	57	58	50	53	62	56	54	59
	°С										
	%										
	°С										
	°С										

ара стр	лчо ирл ги	Шифрнинг охиридан аввалги рақами бўйича вариантлар									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
θ <sub>н</sub>		68	60	65	69	57	65	70	78	55	60
t <sub>1</sub>	°С	110	115	100	95	105	120	112	100	117	99
t <sub>2</sub>	°С	20	22	18	20	19	21	20	18	22	20

## С О В И Т И Ш

## Ҳисоблаш формулалари ва асосий боғлиқликлар

1. Икки изотермик ва икки изоэнтропик жароенлардан ташкил топган Карнонинг совитиш цикли учун коэффициентини, қуйидагича аниқлангачи:

$$\epsilon_c = \frac{L}{L_c - L_d} = \frac{Q_c}{Q - Q_o} = \frac{T_c}{T - T_o} \quad (11.1)$$

$Q_c$  - совитгичнинг  $T_o$  температурада совитилаётган муҳитдан олган иссиқлик миқдори сарфи, Вт;  $Q$  - совитгичдан  $T_c$  температурада суғи бераётган иссиқлик миқдори сарфи, Вт;  $L_c$  - компрессорда ишчи муҳит буғлини сиқиб пайғида сарфланган қуввати, Вт;  $L_d$  - детандерда совитгични изоэнтропик кенгайтириш пайғида олаётган қувват миқдори, Вт;  $L = L_c - L_d = Q - Q_o$  - циклда сарфланаётган назарий қувват, Вт.

Юқорида келтирилган (11.1) формулаларни турибдики, назарий ҳисобдан  $\epsilon$  фақат  $T$  ва  $T_o$  температуралар қийматлари ва боғлиқдир. Лекин совитиш циклининг физик-кимёвий хоссаларига боғлиқ эмас.

2. Ҳақиқий нам цикли бўғ компрессион совитиш қурилмаси учун совитиш коэффициенти қуйидагича топилади:

$$\epsilon_c = \frac{Q_o}{L} = \frac{Q}{Q - Q_o} = \frac{i_1 - i_4}{i_2 - i_1} = \frac{i_1 - i_3}{i_2 - i_1} \quad (11.2)$$

1.  $L$  - совитувчи агентни компрессорда иқиб пайғида сарфланаётган қувват, Вт;  $i_1, i_2, i_3, i_4$  - циклниң 1, 2, 3 ва 4 нуқталаридаги совитувчи агентнинг энтальпияси.

3. Кўруқ цикли бир босқичли бўғ компрессион совитиш қурилмаси учун (11.1 расм).

а) суюқ совитувчи агентни, та совитилмаган (1-2-3-4-4) ҳол учун

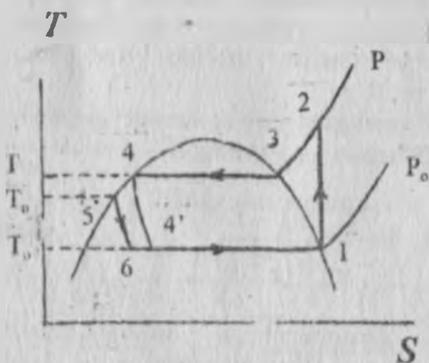
$$\varepsilon = \frac{Q_0}{L} = \frac{i_1 - i_1'}{i_2 - i_1} = \frac{i_1 - i_4}{i_2 - i_1} \quad (11.3)$$

б) сууқ совитувчи агентни ўта совитилмаган (1-2-3-4-5-6) ҳоли учун

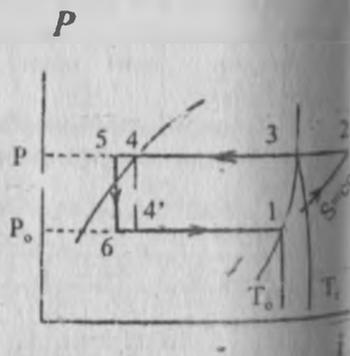
$$\varepsilon = \frac{Q_0}{L} = \frac{i_1 - i_0}{i_2 - i_1} = \frac{i_1 - i_5}{i_2 - i_1} \quad (11.4)$$

бу ерда, (11.4) формулада:  $\varepsilon$  - совитилиш коэффициенти;  $Q_0 = G_1(i_1 - i_5)$  - сууқ ошлаб чиқариш қобилияти, Гкал/с;  $L = Q - Q_0 = G(i_2 - i_1)$  - компрессор сарфлаётган назарий қувват Вт;  $Q = G(i_2 - i_5)$  - конденсатордаги сувга совитувчи агентдан берилётган иссиқлик сарфи, кг/с;  $i_1, i_2, \dots$  - совитувчи агентнинг тегишли нуқталардаги солиштирма энтальпиялари, Ж/кг.

11.2-расмда қуруқ, бир поғоналы компрессион қурилманин қуруқ цикли  $p - i$  координатларда тасвирланган.



11.1-расм. Қуруқ цикл.



11.2-расм.  $p - i$  координатларда қуруқ цикл тасвири

11.1-расмдаги компрессион совитиш қурилмасининг ҳақиқий қуввати қуйидаги формула билан аниқланади:

$$N = \frac{L}{1000 \cdot \eta} \quad (11.5)$$

бу ерда  $\eta$  - умумий фойдали иш коэффициенти ва у пастда элтирилган тегиликдан топилади:

$$\eta = \eta_n \cdot \eta_{\text{мех}} \cdot \eta_{\text{уз}} \cdot \eta_{\text{ав}} \quad (11.6)$$

$\eta_n$  - компрессорнинг индикатор ф.и.к.;  $\eta_{\text{мех}}$  - компрессорнинг механик ф.и.к. ишқаланишга сарфланаётган қўқотилишни ҳисобга олади (11.3 расм);  $\eta_{\text{уз}}$  - узатиш механизми ф.и.к.;  $\eta_{\text{ав}}$  - компрессор электродвигалининг ф.и.к..

Таҳминий ҳисоблар учун  $\eta_{\text{мех}} = 0,8 - 0,9$ ,  $\eta_{\text{уз}} = \eta_{\text{ав}} = 0,95$ .

5. Компрессорнинг совуқлик ишлаб чиқариш қобилияти  $Q$  (Вт) ушбу формуладан ҳисоблаб чиқарилади:

$$Q_0 = \lambda \cdot V_2 \cdot q_v \quad (11.7)$$

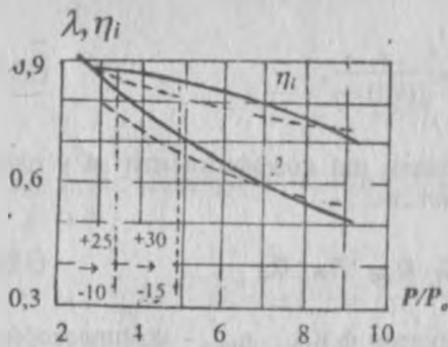
бу ерда  $\lambda$  - компрессорнинг узатиш коэффициенти (11.3 - расмдан топиш мумкин);  $q_v$  - совитувчи агентнинг ҳажмий совуқлик ишлаб чиқариш коэффициенти ва у

$$q_v = \rho_1 \cdot (i_1 - i_3) \quad (11.8)$$

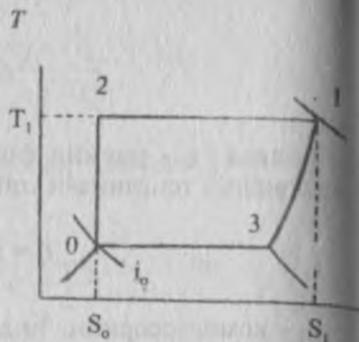
формула ёрдамида аниқланади.  $i_1$  ва  $i_3$  - буғлатгичга кириш ва чиқиш пайтида совитувчи агентнинг солишгирма энтальпиялари, Ж/кг;  $\rho_1$  - компрессор сўриб олаётган буғ зичлиги, кг/м<sup>3</sup>.

6. Компрессорнинг совуқлик ишлаб чиқариш қобилияти  $Q_0$  (айланмиш сони  $n = \text{const}$ ) ни бошқа  $Q'_0$  дароит устун ушбу формуладан фойдаланилади:

$$\frac{Q_0}{Q'_0} = \frac{q_v \cdot \lambda}{q'_v \cdot \lambda'} \quad (11.9)$$



11.3-расм. Тўғри йўли вертикал ва икки босқичли горизонтал амалли компрессорлари учун (—) ва (-----) коэффициентларининг қийматлари.



11.4-расм. Газларнинг суюлтиришнинг идеал жараёни

Бутаниш температураси - 10°C, конденсациялашиш температураси - 25°C, ўта совитилган суюқ агентнинг температураси - 15°C. Ҳа параметрлар бир босқичли бут компрессорли совитиш қурилмалари учун нормал иш шартини деб ҳисобланади.

7. Идеал суюлтириш жараёнида, 1 кг газни суюлтириш учун сарфланадиган минимал иш (11.4-расм):

$$L_{\min} = T_1 \cdot (S_1 - S_0) - (i_1 - i_0) \quad (11.10)$$

бу ерда  $T_1$ ,  $S_1$  ва  $i_1$  - газнинг бошланғич (1 нукта) ҳолатдаги температураси, солиштирма энтропияси ва эн.альпиялари;  $S_0$ ,  $i_0$  - 0 нуктадаги суюқликнинг солиштирма энтропия ва энтальпиялари.

Идеал суюлтириш жараёни ҳақда амалга ошириб бўлмаганига қарамасдан,  $L_{\min}$  ни аниқлаш катта аҳамиятга эга, чунки идеал шартдаги  $L_{\min}$  реал цикллар учун олинган  $L_{\min}$  аниқлашда масштаб вазифасини ўтади.

10. Совуқликнинг йўқотилиши ишбу формула ёрдамида ҳисобланади:

$$q_{\text{отх}} = q_{\text{об}} + q_{\text{отв}} \quad (11.11)$$

Рекуперация бўлмаганлиги сабабли совуқликни йўқотилиши

ишбу формуладан топилади.

$$c_{\text{об}} = c_p \cdot \Delta t \quad (11.12)$$

Бу ерда  $c_p$  - газнинг иссиқлик алмашинуш қурилмасидан чиққан пайтдаги температурага мос солиштирма иссиқлик сони, Ж/(кг·К);  $\Delta t$  - иссиқлик алмашинуш қурилмасига кирган ва ундан чиққан сиққан газ температураларининг фарқи, К.

Нормал шароитда 1 м<sup>3</sup> ҳаво қайта ишланганда атроф муҳитга қўйлама орқали йўқотилаётган совуқлик миқдори  $q_{\text{отх}} = 4 + 12$  К.Кни таъкил этади.

### МИСОЛЛАРНИ ИШЛАШ НАЛУНАСИ

11-1. Карно циклида ишлайдиган компрессион совитиш қурилмасининг совитиш коэффициентини топинг.

Ечиш:

(11.1) формула орқали талаб қилинаётган коэффициент ҳисоблаб топилади:

$$\varepsilon_0 = \frac{T_0}{T - T_0} = \frac{273 - 23}{(273 + 27) - (273 - 23)} = 5$$

11-2. -19°C температурада 1740 Дж и.к. циклик олаётган ва Карно циклида ишлайдиган совитиш қурилмасига сарфланаётган назарий қувват миқдори аниқлансин. Конденсациялашиш температураси 15°C.

Ечиш:

Совитиш коэффициенти ишбу формуладан топилади:

$$\epsilon_e = \frac{T_o}{T - T_o} = \frac{254}{263 - 254} = 7,2$$

Назарни қувват эса,

$$N_n = \frac{L}{1000} = \frac{Q}{\epsilon_{ax} \cdot 10^3} = \frac{17400}{7,5 \cdot 10^3} = 2,32 \text{ кВт}$$

11-3. Ҳар бир картон қутичага 500 г ан олхўри солинган бўлса, 400 кг олхўрини музлатиш учун қутича миқдорда совуқлик сарфлаш зарур. Олхўрининг бошланғич температураси  $t_{\text{бош}} = 19^\circ\text{C}$ , жараёни тугатгандан кейинги картон қутичадаги ан олхўрининг охириги температураларининг ўртача қийматири  $t_{\text{охир}} = -18^\circ\text{C}$ .

Е ч и ш : Маҳсулотни совитиш учун (музлатиш бошлангунга қадар) совуқлик миқдорининг сарфи ушбу тенглача орқали юқори аниқликда топилади:

$$Q_1 = G \cdot c \cdot \rho_1 \cdot (t_{\text{бош}} - t_{\text{охир}}) = 400 \cdot 3,352 \cdot [19 - (-2)] = 28156,8 \text{ кВт}$$

бу ерда  $t_{\text{охир}} = -2^\circ\text{C}$  олхўрининг криоскопик температураси 11-1 жадвалдан олинди;  $c = 3,352 \text{ кЖ/кг}\cdot\text{К}$  олхўрининг солиштирма иссиқлик сизими.

11-1 жадвал:

Маҳсулот	Криоскопик температура, $t_{\text{кр}}$ , $^\circ\text{C}$	Маҳсулот	Криоскопик температура, $t_{\text{кр}}$ , $^\circ\text{C}$
Узум	-2,2 + -5	Қисмда и мев	-5 + 7
Олча	-2,4 + -3,5	Балиқ (денгизники)	
Нок	-2,0	Балиқ (д рёники)	-0,8 + -2
Қўк нўхат	-1,1	Олхўри	
Пиёз	-1,1	Томат	-0,5 + -1
Малина	-0,9	Олма	-2,0
Гушт	-0,6 + -1,2		-0,9
Ёнғоқ	-6 + 7		-2,0

2. Олхўри таркибидаги сувни музлатиш учун зарур сонувқли миқдори ушбу формуладан аниқланади:

$$Q_2 = G \cdot W \cdot \omega \cdot r_{\text{св}}$$

бу ерда  $W = 0,812$  кг/кг. 1 кг олхўри таркибидаги сувнинг миқдори, 11-2 жадвалдан топилади.

11-2 жадвал

Маҳсулот	Нисбий сув миқдори, кг/кг	Маҳсулот	Нисбий сув миқдори, кг/кг
Ёғлиқ қўй гўшти	0,533	Сабзи	0,868
Узум	0,782	Шафтоли	0,600
Олча	0,798	Олхўри	0,812
Ёғлиқ мол гўшти	0,530	Зариф ёғ	0,136
Ёғсиз мол гўшти	0,764	Ёғлиқ чўчқа гўшти	0,474
Нок	0,830	Ёғсиз чўчқа гўшти	0,725
Камбала	0,940	Сиродина	0,784
Карам	0,900	Треска	0,815
Сут (сиир)	0,872	Чўтон балиқ	0,796
Натъматак	0,876	Тухум (товуқ)	0,736
Посаб	0,515	Олма	0,848
Пилёз	0,862	Гилос	0,735
Ўрик	0,850	Беҳи	0,825

$\omega$  - музлатилган сув миқдорининг 1 кг олхўри таркибидаги сув миқдорига нисбати ва ушбу формуладан ҳисоблаб топилади:

$$\omega = \frac{110,5}{1 + \frac{0,31}{\lg[18 + (t_{\text{св}} - 18)]}} = \frac{110,5}{1 + \frac{0,31}{\lg[18 + (1 + 2)]}} = 88\% = 0,88$$

$r_{\text{св}} = 335,2$  к.К. г сувнинг музлаш иссиқлиги.

$$Q_2 = 400 \cdot 0,812 \cdot 0,88 \cdot 335,2 = 94400 \text{ кВт}$$

3. Маҳсулот таркибидаги қуғуқ моддалар, м; 1 ва музламган сувларни криоскопик нуқтадан пастки температурагача совитиш учун сарф булаётган совуқлик миқдори ушбу тасгламадан топиш мумкин:

$$Q_3 = G \cdot c_m \cdot (t_{кр} - t_{излур})$$

бу ерда  $c_m$  - музлатилган маҳсулотнинг солиштирма иссиқлик сифими. Уни қуйи даги формулада аниқласа бўлади:

$$\begin{aligned} c_m &= (1-W) \cdot c_{сир} + \omega \cdot W \cdot c_{сж} + (1-\omega) \cdot c_{св} = \\ &+ (1-0,812) \cdot 1,257 + 0,88 \cdot 0,812 \cdot 2,095 + (1-0,88) \cdot 0,8 \cdot 2,419 = \\ &= 0,236 + 1,497 + 0,408 = 2,141 \text{ кЖ/}^\circ\text{К} \end{aligned}$$

Олинган  $c_m$  нинг сон қийматини  $Q_3$  формуласига қуйиб ҳисобланса, ушбу қийматни олинш мумкин:

$$Q_3 = 400 \cdot 2,141 \cdot [-2 - (-18)] = 13702,4 \text{ кВт}$$

4. Картон қутиларни совитиш учун сарф булган иссиқлик миқдори:

$$Q_4 = G_k \cdot c_k \cdot (t_{сору} - t_{излур})$$

бу ерда

$$G_k = \frac{400}{0,5} \cdot 0,03 = 24 \text{ кг}$$

Ҳитта картон қутининг массаси - 0,03 кг;  $c_k$  - картоннинг солиштирма иссиқлик сифими  $c_k = 1,341 \text{ кЖ/кг}^\circ\text{К}$ .

$$Q_4 = 24 \cdot 1,341 \cdot [(19 - (-18))] = 1190,8 \text{ кВт}$$

5. Зарур бўлган совуқликнинг умумий сарфи қуйидагича ҳисоб аниқланади:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = \\ = 28156,8 + 94400 + 13702,4 + 1190,8 = 137450 \text{ кВт}$$

## КОНТРОЛ МАСАЛАЛАР

11.1.  $-10^\circ\text{C}$  температурада буғлатувчи совитиш бўйича унумдорлиги 6400 Вт бўлган Карно циклида ишловчи совитиш қурилмасининг талаб этувчи қуввати ва совитиш коэффициентининг ҳисоблаб топинг. Конденсацияланиш температураси  $22^\circ\text{C}$ .

11.2.  $0^\circ\text{C}$  температурага эга бўлган, сундан соатига 100 кг муз (яъ) ишлаб берувчи конденсаторда сарфланувчи сувни ва (Карно цикли бўйича) минимал ажарилган эшнинг миқдорини топинг. Совуқлик ташувчи (агент)  $-5^\circ\text{C}$  да буғланиб,  $25^\circ\text{C}$  да конденсацияланади. Конденсаторга сув  $17^\circ\text{C}$  да киритилиб,  $20^\circ\text{C}$  да чиқарилиб юборилади. Сувнинг солиштирма музлашнинг иссиқлиги  $335 \text{ кЖ/т}$ .

11.3. а) аммиак; б) углерод диоксиди; в) дифтордихлорметан  $\text{CF}_2\text{Cl}_2$  ларнинг цикллари учун совитиш коэффициентини ва совуқлик ташувчи агентларнинг солиштирма совитиш унумдорлигини аниқлаб беринг. Агар буғланиш температураси  $-15^\circ\text{C}$ , конденсацияланиш температураси  $30^\circ\text{C}$  бўлса, циклни қуруқ ҳисоблаб, дросселлашдан олдин суюқлик қайта совитилмайди. (Совитувчи агент керагидан ортиқча совитилмайди).

11.4. Агар конденсацияланиш температураси  $20^\circ\text{C}$  ва буғланиш температураси  $-40^\circ\text{C}$  бўлганда, углекислотали совитиш қурилмасининг назарий совитиш коэффициентини ҳисоблаб топинг. Цикл қуруқ бўлиб, суюқлик дросселланишдан олдин керагидан ортиқча совитилмайди.

11.5. Буғланиш температураси  $-20^\circ\text{C}$  ва конденсацияланиш температураси  $30^\circ\text{C}$  да ишловчи аммиакли компрессор совитиш қурилмасининг қуйидаги бир нечта цикллари бўйича назарий

совитиш коэффициентларини солиштириб кўринг: а) Карно цикли бўйича; б) реал нам цикли бўйича; в) суюқ аммиакни керагидан ортиқча совутилмаган қуруқ цикл бўйича; г) суюқ аммиакни конденсациядан сўнг  $25^{\circ}\text{C}$  гача совитилганда қуруқ цикл бўйича.

11.7. Соатига  $20 \text{ м}^3$  совитилми аммиакли қурилма конденсаторида сув  $6 \text{ К}$  га совитилади. Компрессор сарфлайдиган назарий қувват  $23,5 \text{ кВт}$ . Қурилманинг соғ'қлик бўйича унумдорлиги ва совутиш коэффициентини аниқланг.

11.8. Совуқлик унумдорлиги  $58,10 \text{ кВт}$  бўлган, конденсацияланиш температураси  $25^{\circ}\text{C}$ , совитилмайдигич, буғланиш температураси  $-15^{\circ}\text{C}$ , қуруқ циклда ишловчи қурилманинг компрессорга келадиган аммиакнинг бир соатдаги ҳажмий сарфини аниқланг.

11.9. Соатига  $1000 \text{ кг}$  сарфланувчи этил спирги  $20^{\circ}\text{C}$  дан  $-15^{\circ}\text{C}$  гача совутиш керак.  $-25^{\circ}\text{C}$  да қайнайдиغان аммиак ёрдамида совитилмоқда. Компрессор сарфлаётган назарий қувватни миқдорини аниқлаш керак.  $25^{\circ}\text{C}$  температурада конденсацияланмоқда. Цикл қуруқ бўлиб, дросселлашдан олдин суюқлик керагидан ортиқча совитилмайди (ўта совитилмайди).

11.10. Буғланиш температураси  $-15^{\circ}\text{C}$  ва конденсацияланиш температураси  $25^{\circ}\text{C}$  бўлган (горизонтал, ГД типидagi аммиакли компрессор совутиш бўйича самарадорлиги  $697800 \text{ Вт}$  ни ташкил этади. Агарда буғланиш температураси  $-5^{\circ}\text{C}$  ва конденсацияланиш температураси  $30^{\circ}\text{C}$  бўлса, ушбу компрессорнинг совуқлик бўйича самарадорлигини аниқланг.

11.11. Углекислотали совитиш қурилмасининг самарадорлиги  $116300 \text{ Вт}$  бўлиб,  $-15^{\circ}\text{C}$  да буғлатиш температураси ишлайди. Конденсаторнинг абсолют босими  $75 \text{ кгк/см}^2$  ва  $25^{\circ}\text{C}$  гача ўта совутилади (қайта совутилади) компрессор иш йўли қуруқ цикл. Совитиш коэффициенти ва назарий талаб этиладиган қувватни аниқлаш керак.

11.12. Соатига  $1000 \text{ л}$  узум шарбати  $30^{\circ}\text{C}$  дан  $-10^{\circ}\text{C}$  гача совитиш машинасида совитилмоқда. Буғлатгичда совитувчи агент  $-12^{\circ}\text{C}$  да қайнамоқда ва конденсаторда  $30^{\circ}\text{C}$  да конденсацияланмоқда. Совитиш машинаси Карно циклида иш айди. Конденсаторда сув  $20$  дан  $25^{\circ}\text{C}$  гача ҳсийди. Назарий энергия сарфи  $N$  ва совитувчи сув сарфи  $G$  аниқлашсин.

11.13. Кондитер маҳсулотларини совитиш учун температураси  $t_2 = 5^{\circ}\text{C}$  бўлган соатига  $5000 \text{ м}^3$ /соатига ҳаво керак. Бунинг учун

атроф муҳитдан ҳаво  $t_1 = 15^\circ\text{C}$ ,  $\phi = 70\%$  вентилятор ёрламида трубади ҳаво совитгичга юборилади ва у ерда қайнаётган фреон ҳисобига зарур температурагача пасайтирилади. Совитгич трубадининг ташқариси қовурғачи юза қилиб ясалган. Қайнаётган фреон ва ҳаво орасидаги температуралар фарқи  $8^\circ\text{C}$  ни ташкил этади.

Ҳаво совитгич трубаларининг юзаси  $F$  ва ҳаводан конденсацияланаётган буғнинг миқдори топилинсин.

### КОДИ РО.1 ТОПШИРИҚ №22

Ҳар бир картон қутичага  $M_1$  миқдорда ҳўл мева солинган бўлса,  $M_2$  наҳсулотни музлатиш учун қанча миқдорда совуқлик сарфлаш керак. Ҳўл меванинг бошланғич температураси  $t_{\text{бош}}$  жараён тугагандан кейинги картои қутичалар ва ҳўл меванинг охириги температураларининг ўрта қийматлари  $t_{\text{ох.ур}}$  аниқлансин.

Параметр	Ўлчов бирлиги	Шифрнинг охириги рақами бўйича вариантлар									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$M_1$	кг	0,8	0,3	0,7	0,1	0,2	0,4	0,9	1,0	0,6	2,0
$M_2$	кг	960	750	840	700	400	800	900	500	300	600
$t_{\text{бош}}$	$^\circ\text{C}$	15	20	17	14	22	16	18	19	21	24
$t_{\text{ох.ур}}$	$^\circ\text{C}$	-18	15	-20	-24	-17	-19	-21	-22	-30	-27

Параметр	Шифрнинг охиридан аввалги рақами бўйича вариантлар									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Ҳўл мева	олча	гилс	узум	олма	олхўри	ўрик	малина	нок		

## АДАБИЁТЛАР

1. Каримов И.А. Баркамол авлод - Ўзбекистон тараққиётининг пойдевори. - Тошкент: Шарк, 1997. - 636.
2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия, 1973. - 750 с.
3. Плановский А.И., Рамм В.М., Каган С.З. Процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия, 1967. - 847 с.
4. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия, 1981. - кн.1-2. - 847 с.
5. Дыгнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия, 1995. - кн.1-2. - 768 с.
6. Салимов З., Тўйчиев И.С. Кичёвий технология процесслари ва аппаратлари. - Т.: Ўқитувчи, 1987. - 48 б.
7. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия, 1981. - 576 с.
8. Основные процессы и аппараты химической технологии / Под ред. Ю.И.Дыгнерского. - М.: Химия, 1991. - 494 с.
9. Романков П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк Э.М., Курочкина М.И. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии. - СПб.: Химия, 1987. - 540 с.
10. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. - М.: Химия, 1987. - 540 с.
11. Руководство к практическим занятиям в лаборатории процессов и аппаратов химической технологии / Под рук. П.Г.Романкова. - Л.: Химия, 1979. - 256 с.
12. Рудобашта С.П. Массоперенос в системах с твердой фазой. - М.: Химия, 1980. - 248 с.
13. Сажин Б.С. Основы техники сушки. - М.: Химия, 1984. - 319 с.
14. Липатов Н.Н. Руководство к лабораторным и практическим занятиям по курсу оборудования предприятий молочной промышленности. М.: Пищевая промышленность, 1978. - 287 с.

15. Козулин Н.А., Соколов В.Н., Шапиро А.Э. Примеры и задачи по курсу оборудования заводов химической промышленности. - М.-Л.: 1963. - 484 с.

16. Расчеты и задачи по процессам и аппаратам пищевых производств / С.М.Гребенюк, Н.С.Михеева, Ю.П.Грачев и др. - М.: Агропромиздат, 1987. - 304 с.

17. Зичиц, Ц.Р. Сборник задач по расчетам оборудования винодельческого производства. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. - 200 с.

17. Твердохлеб Г.В., Дилалян Э.Х. и др. Технология молока и молочных продуктов. - М.: Агропромиздат, 1991. - 463 с.

19. Белобородов И.В. Методы расчета процесса экстракции растительных масел. - М.: Пищепромиздат, 1960. - 116 с.

20. Силин П.М. Технология сахара. - М.: Пишпром, 1967. - 624 с.

21. Чубик И.А., Маслов А.М. Справочник по теплофизическим характеристикам пищевых продуктов и полуфабрикатов. - М.: Пищевая промышленность, 1976. - 120 с.

22. Николаев А.И. Процессы и аппараты пищевых производств. Примеры и задачи. - Киев, Высшая школа, 1992. - 232 с.

23. Инихов Г.С. Химия молока и молочных продуктов. - М.: Пищепромиздат, 1951. - 207 с.

24. Руководство по методам исследования, технохимическому контролю и учету производства в масложировом производстве / Под ред. Ржекина В.П., Сергеева А.Г. - Л.: ВНИИЖ, 1969. - т.V. - 502 с.

25. Гинзбург А.С., Громоз А.А. Теплофизические характеристики картофеля, овощей и плодов. - М.: Агропромиздат, 1987. - 272 с.

26. Гинзбург А.С. Расчет и проектирование сушильных установок пищевой промышленности. - М.: Агропромиздат, 1985. - 336 с.

27. Расчеты и аппараты кипящего слоя: Справочник / Под ред. И.П.Муленова, Б.С.Сажина, В.Ф.Фролова. - Л.: Химия, 1986. - 352 с.

28. Процессы и аппараты пищевых производств. Примеры и задачи / А.И.Николаев, А.С.Марценюк, Л.В.Зоткина. - Киев: Высшая школа, 1992. - 232 с.

29. Бажан П.И., Каневец Г.Е., Селиверстов В.М. Справочник по теплообменным аппаратам. - М.: Машиностроение, 1989. - 366 с.

30. Нурмухамедов Х.С. Научные основы разработки процессов и аппаратов для сушки и гранулирования зернисто-волокнистых материалов. Дисс. докт.техн.наук, Ташкент, ТашХТИ, 1993. - 440 с.

31. Кувшинский М.Н., Соболева А.П. Курсовое проектирование по процессам и аппаратам химической промышленности. - М.: Высшая школа, 1980. - 223 с.

32. Стахеев И.В. Пособие по курсовому проектированию процессов и аппаратов пищевых производств. - Минск, Высшая школа, 1975. - 280 с.

33. Матиков В.А. Примеры расчетов оборудования производства растительных масел. - М.: Пищепромиздат, 1954. - 226 с.

## **И Л О В А Л А Р**

**БАЪЗИ КИМӨВИЙ ЭЛЕМЕНТЛАРНИНГ АТОМ ОҒИРЛИГИ**

Номи	Белгиси	Атом оғирлиги	Номи	Белгиси	Атом оғирлиги
Азот	N	14,007	Марганец	Mn	54,938
Алюминий	Al	26,982	Мис	Cu	63,546
Аргон	Ar	39,94	Молибден	Mo	95,94
Барий	Ba	137,33	Арсен	As	74,9216
Бериллий	Be	9,012	Натрий	Na	22,989769
Бор	B	10,81	Никель	Ni	58,708
Бром	Br	79,904	Қалай	Sn	118,710
Ванадий	V	50,9415	Плагина	Pt	195,084
Висмут	Pb	208,980	Радий	Ra	226,0254
Водород	H	1,008	Симоб	Hg	200,59
Гелий	He	4,003	Кургошин	Pb	207,2
Темир	Fe	55,84	Кумуш	Ag	107,8682
Олтин	Au	196,967	Олтингугурт	S	32,06
Йод	I	125,905	Стронций	Sr	87,62
Кадмий	Cd	112,41	Сурьма	Sb	121,757
Калий	K	39,098	Титан	Ti	47,88
Кальций	Ca	40,08	Углерод	C	12,011
Кислород	O	15,999	Уран	U	238,02891
Кобальт	Co	58,933	Фосфор	P	30,974
Кремний	Si	28,085	Фтор	F	18,998
Криптогон	Kr	83,80	Хлор	Cl	35,453
Ксенон	Xe	131,30	Хром	Cr	51,996
Литий	Li	6,94	Цинк	Zn	65,38
Магний	Mg	24,305			

**АЙРИМ МОДДАЛАРНИНГ АТОМ ВА МОЛЬ ҲАЖМИ, ҲАМДА МОЛЬ МАССАСИ**

Модда	том ёки моль ҳажми, см <sup>3</sup> /моль	Моль масса	Модда	том ёки моль ҳажми, см <sup>3</sup> /моль	Моль масса
Углерод	14,8	12	Азот	31,2	28
Хлор	24,6	35	Углерод диоксид	34	44
Водород (атомар)	3,7	1	Аммиак	25,8	17
Водород	14,3	2	Сув	18,8	18
Ҳаво	29,9	29	Бром	53,2	100
Кислород	25,6	32			
Кислород (иқкит қўйинган бог билан)	7,4	16			

3- жадыл

Атом ҳажми, см <sup>3</sup> /атом		Моль ҳажми, см <sup>3</sup> /моль	
B	27,0	H <sub>2</sub>	14,3
C	14,7	C <sub>2</sub>	25,6
Cl	24,6	N <sub>2</sub>	31,2
H	3,7	Ҳаво	29,9
N бърламчи аминда	10,5	CO	30,7
N иқкиламчи аминда	12,0	CO <sub>2</sub>	34,0
O 2 та қўйинган бог	7,4	SO <sub>2</sub>	44,8
O альдегидларда	7,4	NO	23,6
O мураккаб эфирча	9,1	N <sub>2</sub> O	36,4
O кислоталарда	12,0	NH <sub>3</sub>	25,8
S	25,6	H <sub>2</sub> O	18,9
I	37,0	COS	51,5
Cl <sub>2</sub>	28,4	I <sub>2</sub>	71,5
Br <sub>2</sub>	53,2	H <sub>2</sub> S	32,9

**Таркибий константалар**

- Бензол халқаси - 15
- Нафталин халқаси - 30
- Антрацен халқаси - 47,5

КАТТИҚ ЖИСЛАРНИНГ ЗИЧЛИГИ

Материал	Зичлиги кг/м <sup>3</sup>	Сочилувч ли ҳолдаги зичлиги, кг/м <sup>3</sup>	Материал	Зичлиги кг/м <sup>3</sup>	Сочилувч ли ҳолдаги зичлиги, кг/м <sup>3</sup>
Алебастр	2500	-	Бетон	2300	-
Антрацит	1800	-	Рчинпласт	1380	-
Апатит	3190	1850	Гипс	2240	1300
Асбест	2600	-	Сода	1450	800
Қуруқ лой	-	1380	Туз	2350	1020
Гранит	2700	-	Қағаз	500	-
Кул	2200	680	Шиша	2500	-
Қуруқ ер	1800	1300	Текстолит	1380	-
Киолин	2200	-	Писта кўмир	1450	200
Каучук	930	-	Тоғ кўмир	1350	800
Кварц	2600	1500	Фаолит	1730	-
Сопол оддий	1500	-	Фосфорит	-	1600
Кокс	1300	500	Цемент	2900	-
Колчедан (кул ранг)	5000	3300	Эмаль	2350	-
Чарм	860	-	<b>М Е Т А Л Л А Р</b>		
Мел	2200	1300	Пулат	7850	-
Мармар	2600	-	Чугун	7250	-
Парафин	900	-	Мис	8000	-
Паронит	1200	-	Л тунь	8500	-
Хум	1500	1200	Алюминий	2700	-
Поташ	2260	-	Курғошин	11400	-
Пушқак	240	-	<b>О Л О З Б А Р Д О Ш Л А Р</b>		
Резина	1500	-	Динас	1900	-
Селитра (натрийли)	2260	1260	Магnezит	2900	-
			Шамот	1900	-

БАЪЗИ БИР СУУҚЛИКЛАРНИНГ 0-20°C  
ТЕМПЕРАТУРАДАГИ ЗИЧЛИГИ

Суюклик.	Зичлик, кг/м <sup>3</sup>	Суюклик	Зичлик, кг/м <sup>3</sup>
Азот кислотаси, 92%	1500	Сульфат кислотаси, 30%	1220
Аммиак, 26%	910	Хлорид кислотаси, (тутайдиган)	1110
Бензин	760	Сирка кислотаси, 70%	1070
Глицерин, 100%	1270	Хлороформ	1530
Изтил эфир	710	Карбон IV хлорид	1630
Керосин	850	Этилен хлорид	1280
Маут	890-950	Этил спирти, 100%	790
Метил спирти, 90%	820	70%	850
	950	10%	920
30%	1100		
Нафталин (кристалл)	790-950	Симоб	13600
Нефть			

СУВ-СПИРТ АРАЛАШМАЛАРИНИНГ ЗИЧЛИГИ,  
ҲАЖМИЙ ВА МАССАВИЙ % ЛАРАҚИСБАТИ

Ҳ	Ҳ	Зичлик	Ҳ	Ҳ	Зичлик	Ҳ	Ҳ	Зичлик
ҳажми	масс.	кг/м <sup>3</sup>	ҳажми	масс.	кг/м <sup>3</sup>	ҳажми	масс.	кг/м <sup>3</sup>
0	0,00	998	10	8,01	985	20	16,21	973
1	0,79	996	11	8,83	983	21	17,04	972
2	1,57	995	12	9,64	982	22	17,88	971
3	2,38	993	13	10,46	981	23	18,71	970
4	3,19	992	14	11,27	980	24	19,54	969
5	3,98	991	15	12,09	978	25	20,37	968
6	4,78	990	16	12,91	977	26	21,22	966
7	5,59	989	17	13,74	976	27	22,06	965
8	6,40	987	18	14,56	975	28	22,91	964
9	7,20	986	19	15,37	974	29	23,76	963

## КАТТИҚ ЖИСЛАРНИНГ ЗИЧЛИГИ

Материал	Зичлиги кг/м <sup>3</sup>	Сочилувчан халдаги зичлиги, кг/м <sup>3</sup>	Материал	Зичлиги кг/м <sup>3</sup>	Сочилувчан халдаги зичлиги кг/м <sup>3</sup>
Алебастр	2500	-	Бетон	2300	-
Антрацит	1800	-	Рчипласт	1380	-
Апатит	3190	1850	Гипс	2240	1300
Асбест	2600	-	Сода	1750	800
Куруқ лой	-	1380	Туз	2350	1020
Гршит	2700	-	Кальцай	500	-
Кул	2200	680	Шиша	2500	-
Куруқ ер	1800	1300	Текстолит	1380	-
Киолин	2200	-	Писта кумир	1450	200
Каучук	930	-	Тог кумир	1350	800
Кварц	2600	1500	Фаолит	1730	-
Сопол шшт оддий	1500	-	Фосфорит	-	1600
			Цемент	2900	-
Кокс	1300	500	Эмаль	2350	-
Колчедан (кул ранг)	5000	3300	<b>МЕТАЛЛАР</b>		
			Пулат	7850	-
Чарм	860	-	Чугун	7250	-
Мел	2200	1300	Мис	8000	-
Мармар	2600	-	Л тунь	8500	-
Парафин	900	-	Алюминий	2700	-
Паронит	1200	-	Кургошин	11400	-
Кум	1500	1200	<b>ОЛОВБАРДОШЛАР</b>		
Поташ	2260	-	Динас	1900	-
Пукак	240	-	Магнесит	2900	-
Резина	1500	-	Шамот	1900	-
Селитра (г трилли)	2260	1260			

БАЪЗИ ЁИР СУЮҚЛИКЛАРНИНГ 0-20°C  
ТЕМПЕРАТУРАДАГИ ЗИЧЛИГИ

Суюклик	З. злик, кг/м <sup>3</sup>	Суюклик	Зичлик, кг/м <sup>3</sup>
Азот кислотаси, 92%	1500	Сульфат кислотаси, 30%	1220
Аммиак, 26%	910	Хлорид кислотаси, (тутайдиган)	1110
Бензин	760	Сирка кислотаси, 70%	1070
Глицерин, 100%	1270	Хлороформ	1530
Изтил эфири	710	Карбон IV хлорид	1630
Керосин	850	Этилен хлориди	1280
Мазут	890-950	Этил спирти, 100%	790
Метил спирти, 90%	820	Этил спирти, 70%	850
	950	Этил спирти, 10%	920
30%	1100	Симоб	13600
Нафталин (эритисси)	790-950		
Нефть			

6 - жидык

СУВ-СПИРТ АРАЛАШМАЛАРИНИНГ ЗИЧЛИГИ,  
ХАЖМИЙ ВА МАССАВИЙ % ЛАР НИСБАТИ.

% хажм	% масс.	Зичлик кг/м <sup>3</sup>	% хажм	% масс.	Зичлик кг/м <sup>3</sup>	% хажм	% масс.	Зичлик кг/м <sup>3</sup>
0	0,00	998	10	8,01	985	20	16,21	973
1	0,79	996	11	8,83	983	21	17,04	972
2	1,59	995	12	9,64	982	22	17,88	971
3	2,38	993	13	10,46	981	23	18,71	970
4	3,19	992	14	11,27	980	24	19,54	969
5	3,98	991	15	12,09	978	25	20,37	968
6	4,78	990	16	12,91	977	26	21,22	966
7	5,59	989	17	13,74	976	27	22,06	965
8	6,40	987	18	14,56	975	28	22,91	964
9	7,20	986	19	15,37	974	29	23,76	963

Модда	Т <sub>г</sub> температура, °С				
	-20	0	40	60	120
Ацетон	835	813	761	719	665
Дихлорэтан	1310	1282	1224	1163	1102
Этил спирти концентрацияси, %мас. 1°0	823	806	772	735	683
	-	904	878	849	820
60	-	977	957	934	910
20	-	1000	992	972	943
Сув					

8 - ЖАД. 11.

## СУВ-БУҒИ ТҮЙИНГАН ХОЛДА (босим бўйича)

$R_{10}'$ , га	$t$ , °С	$I$ , кЖ/кг	$G$ , кЖ/кг	$I'$ , кЖ/кг
10	45,83	2584,4	2392,6	191,84
20	60,09	2609,6	2351,1	251,46
30	70,12	2625,3	2336,7	269,81
40	75,89	2636,8	2292,2	317,65
50	81,35	2646,0	2305,4	340,57
60	85,95	2653,6	2293,7	359,93
100	99,53	2657,7	2258,2	417,51
150	111,7	2693,9	2226,8	467,13
200	120,23	2706,9	2202,2	504,7
250	127,43	2717,2	2181,0	535,4
300	133,54	2725	2164,1	561,4
350	138,88	2732,5	2148,2	584,3
400	143,62	2738,5	2137,8	604,7
450	147,92	2743,8	2120,6	623,2
470	149,93	2745,8	2115,7	630,1

## ПИСАНИНГ ҲАЖМИЙ МАССАСИ ВА ЗИЧЛИГИ [24]

Навнинг номи	Уртача ҳажмий масса, кг/м <sup>3</sup>	Уртача зичлик, кг/м <sup>3</sup>
ВНИИМК - 1646	404	-
- 8931	423	-
- 6540	407	-
Передовик	422	-
Аржавирский 3497	438	-
Смена	425	708,5
Стенник	433	676,9
Зеленка	423	678,7
Завод иралашмаси:		
Краснодар ЕМК	405	749,8
Хволинск ЕМК	380	656,0
Россоши ЕМК	396	705,0
Николаев ЕМК	418	712,1
турли жойларники	392-462	

## ПАХТА ЧИГИТИ, ЯДРОСИ ВА ШУЛҲАСИНИНГ ЗИЧЛИГИ [24]

Материал номи:	Зичлик, кг/м <sup>3</sup>	
	Золчрвй	Ҳадиқли
Пахта чигити:		
108-ф нави	1,05 - 1,06	1,11 - 1,16
153-ф нави	1,03 - ,06	1,11 - 1,13
5904-и ингичга толали	1,06 - 1,07	1,11 - 1,12
Ядро	-	1,04 - 1,05
Шулха	-	1,34 - 1,36

ТАРҚИБИДА ЁҒ БОР УРУҒЛАРНИНГ  
ФИЗИК-МЕХАНИК ХОССАЛАРИ

Номч	Ҳажми масса кг/м <sup>3</sup>	Зичлиги, кг/м <sup>3</sup>	Шакли
Ёр ёнғок	430-450	-	-
Тарвуз	460-470	-	-
Бук ёнғоғи	460-470	-	учбурчак
Узум данағи	446-558	1041-1060	-
Горчица	666-712	1040-1100	-
Жўт	680-690	1000-1350	учбурчак
Кедр ёнғоғи	520-560	-	-
Крамбе	230-350	1030	кўпбурчак
Кунжут (U=4,5%)	598-616,-	1250	-
Мак (U = 5,5%)	732	1140	эллипс
Рапс	636	1134-1143	-
Тамаки	709	-	эллипс
Хурмо	680-690	-	чўзинчок
Писга	457	730	чўзинчок
Соя	700	1240	шарсимон

12 - жадвал

С. СПИРТНИНГ ТУРЛИ ТЕМПЕРАТУРАДА КОНЦЕНТРАЦИЯЛАРДА  
УВ-СПИРТ АРАЛАШМАСИНИНГ СОЛЫШТИРМА ИССИКТИК  
СИЎИМИ (кЖ/кг·К).

спирт Конц. %	Температура, °С							
	40	50	60	70	80	90	100	110
5	4,23	4,27	4,27	4,27	4,27	4,27	4,27	4,27
10	4,27	4,27	4,31	4,31	4,31	4,31	4,35	4,31
20	4,31	4,31	4,31	4,31	4,31	4,31	4,31	4,31
30	4,27	4,29	4,38	4,48	4,52	4,56	4,60	4,65
40	4,10	4,19	4,20	4,35	4,39	4,4	4,48	4,52
50	3,89	4,02	4,10	4,23	4,31	4,40	4,48	4,56
60	3,60	3,64	3,93	4,10	4,23	4,35	4,48	4,60
70	3,39	3,68	3,77	3,93	4,10	4,27	4,43	4,60
80	3,14	3,22	3,43	3,64	3,85	4,06	4,27	4,48
90	2,85	2,93	3,14	3,34	3,56	3,77	3,98	4,19
100	2,59	2,72	2,85	2,97	3,10	3,26	3,43	3,60

$t, ^\circ\text{C}$	20	30	40	50	60	70	80
<b>Пахта ёғи</b>							
$\mu \cdot 10^3$ , Па·с	140	100	75	56	42	32	25
$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	850	840	835	830	825	820	815
<b>Пилга ёғи</b>							
$\mu \cdot 10^3$ , Па·с	73.4	55	56	47	39	30	21
$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	920	910	905	900	895	890	885

### ҚАНД ҚИЁМНІНІНГ ЗІЧЛІГІ ВА ҚОВУШОҚЛИК КОЭФФИЦИЕНТЛАРИ

Со-иштирма иссиқлик сифими  $C = 2^{\circ}14$  Ж/кг·К

$t, ^\circ\text{C}$	30	40	50	60	70	80	90
$\mu \cdot 10^3$ , Па·с	90	53,2	34,1	21,0	11,0	10,5	7,3
$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	1310	1205	1299	1293	1288	1282	1276

### УЗУМ СУСЛОСІНІНІНГ КҮРСАТКИЧЛАРИ [17]

Уму- мий эк- трак- ми дори, %	Зичлик			алишт ирма иссиқ- лик сифими КЖ / (кг·К)	Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти Вт/м·К		Қишечлик қовушодык коэффициенти 10 <sup>3</sup> м <sup>2</sup>		
					20	60	10	30	50
	10	30	50						
10	1038	1054	1027	3,92	0,570	0,648	1,83	1,5009	0,78
15	1058	1054	1049	3,8	0,546	0,615	2,10	1,36	0,68
20	1080	1075	1076	3,72	0,535	0,592	2,44	1,46	1,01
25	1102	1099	1093	3,64	0,522	0,582	2,84	1,65	1,11
30	1125	1123	1116	3,60	0,500	0,570	3,14	1,87	1,29

УЗУМ ВА МЕВАЛАР ВИНОЛАРИНИНГИ  
БАЪЗИ БИР КУЇ САТКИЧЛАРИ [17,

Вино тури	Параметр	Урғача кўрсаткичлар			
		0	20	40	60
<i>Нордон</i>	$\rho$	978	973	966	955
	$\sigma$	3843	3765	3712	3787
	$\lambda$	0,422	0,493	0,538	0,557
	$\mu \cdot 10^4$	29,7	15,2	10,3	8,84
	$\mu \cdot 10^6$	3,01	1,52	1,04	0,90
<i>Кувватинган</i>	$\rho$	1014	1005	994	982
	$\sigma$	3682	3730	3730	3730
	$\lambda$	0,366	0,407	0,418	0,421
	$\mu \cdot 10^4$	54,3	23,6	13,0	10,3
	$\mu \cdot 10^6$	5,76	2,30	1,29	1,03
<i>Мена-резивор</i>	$\rho$	998	992	983	973
	$\sigma$	4060	4100	4100	4100
	$\lambda$	0,336	0,383	0,429	0,465
	$\mu \cdot 10^4$	46,6	20,8	12,1	10,3
	$\mu \cdot 10^6$	4,58	2,04	1,20	1,04
<i>Ок мускат</i>	$\rho$	1072	1066	1057	1045
	$\sigma$	3600	3610	3610	3610
	$\lambda$	0,354	0,390	0,429	0,473
	$\mu \cdot 10^4$	72,5	31,3	17,6	13,4
	$\mu \cdot 10^6$	6,75	2,88	1,64	1,26

**БУҒЛАТТИШ ЖАРАЁНДАН КЕЙИНГИ  
ҚУЮҚЛАШТИРИЛГАН МАҲСУЛОТНИҢ ФИЗИК  
КЎРСАТКИЧЛАРИ**

<i>Қурук модделятниниң моль луши</i>	<i>Қовушоқлик мПа·с</i>	<i>Зичлик кг/м³</i>
<i>Нормал аралашма</i>		
1,8	2,3	1027
<i>Сут-шакл аралашмасы (30 минут буғлатылгандан сўнг)</i>		
20,9	4,0	1054
57,3	436,0	1231
<i>Сут-ш кар аралашмасы буғлатылгандан чыккан пайи %</i>		
63,5	530,0	1281
88,4	1090,0	1276
<i>Қуюқлаштирилган маҳсулот ссруттичга берилгандан аявал</i>		
70,5	3320,0	1283

**СУТ ЁҒЛИКЛИГІНИНГ ЗИЧЛИККА ТАЪСИРИ**

<i>Сүтнинг ёғликлги, %</i>	<i>20°С даги зичлик, кг/м³</i>	<i>Сүтнинг ёғликлги, %</i>	<i>20°С даги зичлик, кг/м³</i>
0,5	1034	6,0	1027
1,0	1033	7,0	1026
2,0	1032	8,0	1025
3,0	1030,5	9,0	1024
4,0	1029	10,0	1023
5,0	1028		
<i>Қовушоқтик коэффициенти - 0,02 пуаз.</i>			

ТЕМПЕРАТУРА 20°C БЎЛГАНДА  
СУЮҚЛИКЛАРНИНГ ҲАЖМИЙ КЕНГАЙИШ  
КОЭФФИЦИЕНТЛАРИ, (1/К)

Суюқлик	$\beta \cdot 10^4$	Суюқлик	$\beta \cdot 10^4$
Бензин	12,5	Пентан	159
Глицерин	53	CaCl <sub>2</sub> эритмаси, 6%	25
Керосин	107	CaCl <sub>2</sub> эритмаси, 41%	46
М-Ксилол	101	NaCl эритмаси, 26%	44
Оливка мойи	70		
Парафин мойи			

БАЪЗИ ПАСТЕРИЗАЦИЯ ҚИЛИНГАН  
СУТЛАРНИНГ ХАРАКТЕРИСТИКАЛАРИ

Сут	Массавий улуш		Зичлик, кг/м <sup>3</sup>
	ЛС	СОМО	
Табиий	3,2 - 3,5	8,1	1027
Қам ёғли	2,5	8,7	1027
Зичлиги			
Нормалан юқори	4,0	8,0	1025
	6,0	8,0	102
Оксилли	2,5	10,5	1036
	1,0	11,0	1037
Пастерлаштирилган	-	8,1	1030

СУЮҚ МОДДАЛАР ВА СУВЛИ ЭРИТМАЛАР  
ЗИЧЛИКЛАРИНИНГ ТЕМПЕРАТУРАГА БОҒЛИҚЛИГИ

Модда	Зичлиги, кг/м <sup>3</sup>					
	-20 °C	0 °C	20 °C	60 °C	100 °C	120 °C
Азот кислотаси, 100%	1582	1547	1513	1443	1373	1338
50	-	1334	1310	1263	1212	1186
Аммиак (суяқ)	665	639	610	545	462	390
Аммиакли сув, 25%	-	918	907	887	866	856
Анилин	1039	1022	987	952	933	-
Ацетон	835	813	791	746	693	665
Бензол	-	900	879	836	793	769
Бутил спирти	338	824	810	781	751	735
Сув	-	1000	998	983	958	943
Гексан	693	677	660	622	581	559
Глицерин, 50%	-	1136	1126	1106	996	986
Олтингурут диоксида (суяқ)	1484	1434	1483	1264	1111	1010
Дихлорэтан	1310	1282	1254	1194	1133	1102
Диэтил эфири	758	736	714	666	611	576
Изопропил спирти	817	801	785	752	718	700
Кальций хлорид, 25%	1248	1239	1230	1210	1190	1180
М-Ксилол	-	882	865	831	796	77
Метил спирти, 100%	828	810	792	756	714	-
40	-	946	935	913	891	880
Нормоли кислотаси	-	1244	1220	1171	1121	1096
Нисқорий натрий, 50%	-	1540	1525	1497	1469	1454
40	-	1443	1430	1403	1375	1360
30	-	1340	1328	1303	1276	1261
20	-	1230	1219	1196	1170	1155
10	-	1117	1109	1089	1064	1049
Хлорли натрий, 20%	-	1157	1148	1130	1110	1100
Триробензол	-	1223	1203	1163	1123	1103
Этан	734	718	702	669	635	617

Олеум,	20%	-	1922	1896	844	1792	1766
Пропил спирти.		-	819	804	770	735	711
Сульфат кислотаси,	98%	-	1857	1837	1798	1761	1742
	2	1866	1845	1824	1785	1744	1727
	75	1729	1689	1669	1632	1597	1588
	60	1532	1515	1498	1466	1434	1418
Олтингугурт углерод		1323	1293	1263	1200	1125	1082
Хлорид кислотаси,	30%	1173	1161	1149	1126	1103	1090
Толуол		902	884	866	828	788	766
Сирка кислотаси,	100%	-	1072	1048	1004	958	922
	50		1074	1058	1026	994	978
Фенол суюлтирилган		-	-	1075	1040	1005	987
Хлорбензол		1150	1128	1107	1065	1021	995
Хлороформ		1563	1520	1489	1411	1336	1280
Карбон IV хлорид		167	163	1594	1517	1454	1400
Этилацетат		947	924	901	851	797	766
Этил спирти,	100%	823	806	789	751	716	693
	80	-	857	843	813	783	768
	60	-	904	891	864	835	820
	40	-	947	935	910	885	872
	20	-	977	969	949	922	910

22-жадвал

УРУФ РА УНИ КАЙТА ИШЛАНИДА  
 ХОСЧИ БЎЛАДИГАН МАҲСУЛОТЛАРИНИНГ  
 ТЎКМА ЭФИЛИНИ

Номи	γ, кг/м <sup>3</sup>	Номи	γ, кг/м <sup>3</sup>
Писта	400-440	Писта чақилмаси	328
Зигир	600-700	Писта пучоғи	168
Наша	490-550	Писта я. шилмаси	450
Канақунжут	450-550	Соя япроғи	418
Пахта чигити	500-515	Пахта чигити япроғи	380
Соя	600-700	Пахта чигити йирик уни	425
Ер ёнғок	240	Писта йирик уни	425

0°C ТЕМПЕРАТУРАДА  
АБСОЛЮТ ҚУРУҚ  
УРУҒЛАРНИНГ  
ИССИҚЛИК  
СИҒИМИ

УРУҒ ВА ҒИЧИМАЛАР  
ТАРҚИБИЙ  
ҚИСМАЛАРИНИНГ  
ИССИҚЛИК СИҒИМИ

Номи	$C_p$ кЖ/кг К
Писта	0,356
Элир	0,370
Ша	0,363
Канакунжу	0,434

Номи	$C_p$ кЖ/ кг К
Ёғ	0,490
Клетчатка	0 320
Протеин ва азотсыз экстрактив моддалар	0,340

25-жадвал

26 - жадвал

БАЪЗИ ЁҒЛАРНИНГ  
МОЛЕКУЛЯР  
ОҒИРЛИГИ

БАЪЗИ СУЎҚЛАРНИНГ  
ҲАЖМИЙ КЕНГАЙИШ  
КОЭФФИЦИЕНТЛАРИ

Ёғ номи	$M$
Писта	873
Шахта	863-905
Кастор	938
Элир	875-902

Суюқлик номи	$\beta$
Ўсимлик ёғи	0,00070
Бензи	0,00085
Дихлорэтан	0,00142
Сув	0,00018

## БАЪЗИ ЁҒЛАРНИНГ ФИЗИК ХОССАЛАРИ [33]

Тем- пера- тура, °С	соли шти рма огир лик, кг/м <sup>3</sup>	Динам ик қовуш қлик коэфф ициент и, кг/с/м <sup>2</sup> 10 <sup>4</sup>	Солли тирма иссиқл ик си ғими ккал/ кг °С	Иссиқл ик утказув чанлик ккал/м соат °С	Солн шпир -ма огир лик, кг/м <sup>3</sup>	Динам ик қовуш оқлик коэфф ициен ти кг/с/м <sup>2</sup> 10 <sup>4</sup>	Солн шпир а иссиқ- лик сигн- ми, ккал/ кг °С	Иссиқ- лик утказув чанлик ккал/ м-соат °С
Писта ёғи					Пахта ёғи			
25	921	0,474	0,430	0,142	-	-	-	-
30	919	0,387	0,435	0,143	919	0,455	0,425	0,141
35	914	0,303	0,440	0,142	-	-	-	-
40	909	0,272	0,445	0,141	912	0,366	0,435	0,141
45	908	0,231	0,450	0,140	-	-	-	-
50	904	0,212	0,455	0,140	904	0,218	0,445	0,140
55	901	0,179	0,460	0,140	-	-	-	-
60	898	0,156	0,465	0,140	898	0,162	0,455	0,140
65	894	-	0,470	0,139	-	-	-	-
70	891	0,116	0,475	0,138	891	0,125	0,465	0,138
75	887	-	0,480	0,137	-	-	-	-
80	884	0,870	0,485	0,137	884	0,950	0,475	0,137
85	881	-	0,490	0,136	-	-	-	-
90	878	0,740	0,495	0,135	871	0,770	0,485	0,135
95	874	-	0,500	0,135	-	-	-	-
100	871	0,600	0,505	0,134	871	0,610	0,495	0,134
110	864	0,520	0,515	0,133	864	0,510	0,505	0,133
120	857	0,420	0,525	0,132	857	0,440	0,515	0,132
130	850	0,360	0,535	0,131	850	0,370	0,525	0,131
140	845	0,310	0,545	0,130	843	0,320	0,535	0,130

## СУВНИНГ ФИЗИК ХОССАЛАРИ

$t$ , °C	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$\gamma \cdot 10^3$ Ж/кг	$c \cdot 10^3$ /кг·К	$\lambda \cdot 10^3$ Вт/м·К	$\mu \cdot 10^6$ Па·с	$\nu \cdot 10^6$ м <sup>2</sup> /с	$\beta \cdot 10^4$ 1/К	$\nu_T$
0	1000	0	4,23	55,1	1790	1,70	-0,63	13,7
10	1000	41,9	4,19	57,5	1316	1,31	-0,70	9,52
20	998	83,8	4,19	59,9	1000	1,01	-1,82	7,02
30	996	126	4,18	61,8	804	0,81	-3,21	5,42
40	992	168	4,18	63,4	657	0,66	-3,87	4,31
50	988	210	4,18	64,8	549	0,556	-4,49	3,54
60	983	251	4,18	65,9	470	0,478	-5,11	2,98
70	978	293	4,19	66,8	406	0,415	-5,70	2,55
80	972	335	4,19	67,6	355	0,365	-6,32	2,21
90	965	376	4,19	68,0	314	0,326	-6,95	1,95
100	958	419	4,23	68,2	283	0,295	-7,52	1,75
120	943	502	4,27	68,5	238	0,252	-8,84	1,47
140	926	590	4,27	86,5	201	0,217	-9,72	1,26

29 - ЖАЛГАЛ

## АЙРИМ СУЮҚЛИКЛАРИНИНГ ФИЗИК ХОССАЛАРИ

Модда	Моль массаси, кг/кмоль	20°C температурада тўйинган буғ босими		$p = 0,098$ МПа босимдаги кайини температура си, °C
		мм.с.м.в.с.	кПа	
Ацетон	58,08	136	24,73	56,6
Дихлорэтан	98,97	65	8,61	83,7
Этил спирти	46,07	41	5,85	78,3
Сув	18,02	17	2,33	99,0

БАЪЗИ БИР ГАЗЛАРНИНГ АСОСИЙ ФИЗИК ХОССАЛАРИ  
 СИ системасида: 1 мм.уст.=133,3 Па; 1 кгк/см<sup>2</sup> =9,81·10<sup>4</sup> Па.

Номи	Формула	θС ва 760 мм с.м. уст. даги зичлик, кг/м <sup>3</sup>	Молекуляр оғирлиги	20°С ва P <sub>абс</sub> ≈0,1 МПа Ж/(кг·К)		k=с/с	760 мм с.м. уст. даги айна температураси °С	760мм с.м. уст. Бугланмиш нинг соништирма сикл к сифмига кЖ/кг	Критик нукталар		θС ва P <sub>абс</sub> =1 кгк/см <sup>2</sup> даги қовшоқлик	
				с	с				смп. температура, °С	осим(эб-алк.), кгк/см <sup>2</sup>	К Па с	Константа, С
Азот	N <sub>2</sub>	1,25	28	1,05	0,75	1,40	-195,8	124	-147,1	33,39	17	114
Аммиак	NH <sub>3</sub>	0,77	17	2,22	1,68	1,29	-33,4	1374	+132	111,5	9,18	626
Аргон	Ar	1,78	39,9	0,53	0,33	1,66	-185,9	163	-122,4	48,00	20,9	142
Ацетилен	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	1,171	26,0	1,58	1,36	1,24	-83,7	830	+35,7	61,6	9,35	198
Гвозол	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	-	78,1	1,25	1,14	1,1	+80,2	304	+228	47,7	7,2	-
Бутан	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	2,873	58,1	1,92	1,80	1,08	-0,5	387	+152	37,5	9,1	322

Ҳаво	-	1,293	(29,0)	1,01	0,72	0,40	-195	197	-140,7	37,2	17,3	124
Водород	H <sub>2</sub>	0,0899	2,02	1,43	10,1	0,41	-252,8	455	239,9	12,80	8,42	73
Гелий	He	0,179	4,0	5,28	3,18	1,66	-69,9	19,5	-268,0	2,26	18,8	78
Азот диоксида	NO <sub>2</sub>	-	46,0	0,80	0,62	1,3	+21,2	112	+158	100,00	-	-
Олтингурут	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Диоксида	SO <sub>2</sub>	2,93	64,1	0,53	0,40	1,25	-10,8	394	+158	17,78	11,7	396
Углерод	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Диоксида	CO <sub>2</sub>	1,98	44,0	0,84	0,65	1,30	-78,2	574,0	+31,1	72,9	13,7	254
Кислород	O <sub>2</sub>	1,429	32	0,91	0,65	1,40	-183,0	213	-118,8	99,71	20,3	131
Метан	CH <sub>4</sub>	0,72	16,0	2,23	1,70	1,31	-161,6	511	-82,15	45,6	10,3	107
Углерод оксиди	CO	1,25	28,0	1,05	0,75	0,40	-191,5	212	-140,2	34,53	16,6	100
Пентан	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	-	72,0	1,72	1,58	1,09	+36,1	360	197,1	33,0	9,74	-
Пропан	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	2,02	44,1	1,87	1,65	1,1	-421	427	95,6	43	7,95	278
Пропилен	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	1,91	42,1	1,63	1,44	1,17	-47,7	440	91,4	45,4	8,35	377
Водород сульфид	H <sub>2</sub> S	1,54	34,1	1,06	0,80	1,30	-60,2	549	100,4	188,9	11,6	-
Хлор	Cl <sub>2</sub>	3,22	70,9	0,48	0,56	1,36	-33,8	306	144,0	16,1	12,9	351
Хлорли ацетил	CH <sub>2</sub> Cl	2,3	50,5	0,4	0,58	1,25	-21,4	406	148	66,0	9,89	454
Этан	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	1,36	30,1	1,73	1,45	1,20	-88,50	486	32	48,85	8,5	287
Этилен	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	1,26	28,1	1,53	1,26	1,20	-103,7	482	9,7	50,2	9,85	241

СУВ БУГИНИНГ КОНДЕНСАЦИЯЛАНАЁТГАН ПАЙТИДАГИ  
КОНДЕНСАТИНИНГ ФИЗИК ХОССАЛАРИ  
(СУЙШНИН ЧИЗИГИДА)

$\rho$ , кг/см <sup>3</sup>	$t$ , °C	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$i$ кЖ/кг	$c$ , кЖ/кг К	$\lambda 10^2$ Вт/м К	$\alpha 10^3$ м <sup>2</sup> /с	$\mu 10^4$ Па с	$\nu 10^6$ м/с	$\beta 10^4$ К <sup>-1</sup>	$\sigma 10^4$ кг/с <sup>2</sup>	$\rho_f$
1	0	1000	0	4,23	55,1	1,31	790	1,79	-0,63	756	13,7
1	10	1000	41,9	4,19	57,5	1,37	310	1,31	+0,7	762	9,52
1	20	998	83,8	4,19	59,9	1,43	000	1,01	1,82	727	7,02
1	20	996	126	4,18	61,8	1,49	804	0,81	3,21	712	5,42
1	40	992	168	4,18	63,4	1,53	657	0,66	3,87	697	4,31
1	50	988	210	4,18	64,8	1,57	549	0,56	4,49	677	3,54
1	60	983	251	4,18	65,9	1,61	470	0,48	5,11	662	2,98
1	70	978	293	4,19	66,8	1,63	406	0,42	5,70	643	2,55
1	80	972	335	4,19	67,5	1,66	355	0,37	6,32	626	2,21
1	90	965	377	4,19	68,0	1,68	315	0,33	6,95	607	1,95
1,03	100	958	419	4,23	68,3	1,69	282	0,30	7,5	589	1,75
1,46	110	951	461	4,23	68,5	1,69	256	0,27	8,0	569	1,58
2,02	120	943	503	4,23	68,6	1,72	231	0,24	8,6	549	1,43
2,75	130	935	545	4,27	68,6	1,72	212	0,23	9,2	529	1,32
3,68	140	926	587	4,27	68,5	1,72	196	0,22	9,7	507	1,23
4,85	150	917	629	4,32	68,4	1,72	185	0,20	10,3	487	1,17
6,30	160	907	671	4,36	68,3	1,72	174	0,19	10,8	466	1,10
8,08	170	897	713	4,40	67,9	1,72	163	0,18	11,5	444	1,05
10,2	180	887	755	4,44	67,5	1,72	153	0,17	12,2	424	1,01

## 32-жадвал

## ЭРИТМАЛАРНИНГ СИРТИЙ ТОРТИЛИШ КОЭФФИЦИЕНТЛАРИ

Эритилган модда	Темпера- тура, °C	Турли концентрацияларда [масс % да] / $\sigma 10^4$ (Н/м) сон шиматлари			
		5	10	20	50
		Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	18	73,8	75,2
NaNO <sub>3</sub>	30	72,1	72,8	74,4	74,8
KCl	18	73,6	74,8	77,3	-
KNO <sub>3</sub>	18	73,0	73,6	75,0	-
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	19	75,8	77,0	79,2	106,4
NH <sub>4</sub> OH	18	66,5	63,5	59,3	-
NH <sub>4</sub> Cl	18	73,3	74,5	-	-
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	100	59,2	60,1	61,6	67,5
MgCl <sub>2</sub>	18	73,8	-	-	-

СУУҚЛИК ВА СУВЛИ ЭРИТМАЛАРНИНГ СИРТИЙ  
ТОРТИЛИШИНИНГ ТЕМПЕРА' УРАГА БОҒЛИҚЛИГИ

Модда		Сиртий тортилиш, $\sigma 10^4$ (Н/м)							
		-20 °C	0 °C	20 °C	40 °C	60 °C	80 °C	100° C	120 °C
Дзот кисл-си,	100%	48,3	44,8	41,4	38,2	35,2	32,4	29,8	27,4
	50	-	68,2	65,2	62,2	58,8	55,2	51,5	47,
Аммиак (суь)		38	27	21,2	16,8	12,8	-	-	-
Аммиакли сув,	25	-	65,7	62,9	59,7	56,3	52,7	49	45
Ацетон		28,7	26,2	22,7	21,2	18,6	16,2	13,8	11,4
Бензол		-	31,7	29	26,3	23,7	21,3	17,8	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
Диэтил эфири		22,	19,5	17	14,6	12,4	10,2	8	6,1
Дихлорэтан		37,8	35	32,2	29,5	26,7	24	21,3	18,6
Метил спирт,	100%	26,6	24,5	22,6	20,9	19,3	17,6	15,7	13,6
Чумоли кислотаси		-	39,8	37,6	35,5	33,3	31,2	29	26,8
Ишқорий натр,	50%	-	-	130	130	129	129	128	128
	30%	-	-	97	96,4	95,8	95,3	94,4	93,6
	10%	-	-	77,3	76,1	75	73	70,7	69
Нитробензол		-	46,4	43,9	41,4	39	36,7	34,4	32,2
Сульфат кисл-в,	98%	-	55,9	55,1	54,3	53,7	53,1	52,5	51,7
	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,	74,5	7,6	72,7	71,8
Воловод хлорид	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	21,8	19,8	18
Сирка кислотси,	100%	-	29,7	27,8	25,8	23,8	21,8	19,8	18
	50%	-	43	40	37	33	30	27	24
Фенол (эритилган)		-	43,1	40,9	38,8	36,6	34,4	32,2	30
Хлороформ		32,8	30	27,2	24,4	21,7	19	16,3	13,6
Этил сии, ги,	100%	25,7	24	22,3	20,6	19	17,3	15,5	13,4
	60%	-	28	27	25	23	22	20	18
	20%	-	40	38	36	33	31	29	27

ТУЙИНГАН СУВ Б'ҒИНИНИНГ  
ТЕМПЕРАТУРАГА БОҒЛИҚЛИГИ

СИ сис. емаси бирлигинг х. доблаш:  $1 \text{ кг/см}^3 = 9,81 \cdot 10^4 \text{ Г}^3$ .

Температура, °С	Босим (абсолют) кг/см <sup>2</sup>	Салиш-гирма г/см <sup>3</sup> , м <sup>3</sup> /к <sup>3</sup>	Зичлик, кг/м <sup>3</sup>	Суюк-ликнинг олиштирмалыгы, кЖ/кг	Бутиниң олиштирмалыгы, кЖ/кг	Олиштирмалыгы, кЖ/кг
0	0,0062	206,5	0,00484	0	2403,1	2493,1
10	0,0125	106,4	0,00940	41,90	2512,3	2470,4
20	0,0238	57,8	0,01729	83,80	2532,0	2448,2
30	0,0433	32,93	0,03036	125,70	2551,3	2425,6
40	0,0752	19,55	0,05114	167,60	2570,6	2403,0
50	0,1258	12,054	0,0830	209,50	2589,5	2380,0
60	0,2031	6,67	0,1301	251,40	2608,3	2356,7
70	0,3177	5,052	0,1979	293,30	2626,3	2333,0
80	0,483	3,414	0,2929	335,2	2644	2310
90	0,715	2,365	0,4229	377,1	2662	2285
100	1,033	1,675	0,5970	419,0	2679	2260
110	1,461	1,212	0,8254	461,3	2696	2234
120	2,023	0,893	1,1199	504,1	2711	2207
130	2,755	0,6693	1,474	546,8	2726	2179
140	3,685	0,5096	1,962	589,5	2740	2150
150	4,855	0,3933	2,543	632,7	2753	2120
200	15,85	0,1276	7,840	852,7	2798	1945
250	40,55	0,0499	20,01	1082	2792	1710
300	87,6	0,0213	47,93	137	2710	1364
350	168,6	0,0088	113,2	1638	2519	881,2
37	225	0,00313	22,6	2100	2100	0

БАЪЗИ ЁҒЛАРНИНГ СОЛИШТИРМА ИССИҚЛИК СИҒИМИ ВА  
УТКАЗУВЧАНЛИК КОЭФФИЦИЕНТЛАРИ [24]

Температура, °С	Солштирма иссиқлик сиғими кЖ/кг·К	Иссиқлик утказувчанлик коэффициенти, Вт·м·К
Писта ёғи		
15 - 25	1,76	0,169
15 - 50	1,80	0,166
15 - 100	1,93	0,163
50 - 100	2,01	0,159
50 - 150	2,10	0,156
50 - 200	2,2	0,152
50 - 250 ва 70 - 200	2,30	0,149
100 - 150	2,22	0,152
120 - 200	2,35	0,148
150 - 200	2,30	0,149
100 - 250	2,43	0,145
Пахта ёғи		
15 - 50	1,80	-
15 - 100	1,93	-
50 - 100	2,01	-
70 - 100	2,05	0,157
120 - 200	2,35	0,482

ГЛИЦЕРИННИНГ ДИНАМИК ҚОВУШОҚЛИК  
КОЭФФИЦИЕНТЛАРИ

Температура, °С	Динамик қовушқоқлик коэффициенти мПа·с (сП)	Температура, °С	Динамик қовушқоқлик коэффициен- ти мПа·с(сП)	Температура, °С	Динамик қовушқоқлик коэффициенти мПа·с(сП)
0	12100	40	330	100	13
5	7500	50	180	120	5,2
10	3950	60	102	140	1,8
15	2350	70	59	160	1,0
20	1480	80	35	180	0,45
30	600	90	21	200	0,22

БАЪЗИ ЭРИТМАЛАР ДИНАМИК КОВУШОКЛИК  
КОЭФФИЦИЕНТЛАРИ

37-жадвал

Эритилган молда	Қолган трация, %	Динамик қовушқоқлик коэффициенти, мПа·с (сП)				
		0°C	20°C	30°C	40°C	60°C
NaOH	5	-	1,3	1,05	0,85	-
	15	-	2,78	2,10	1,65	-
N <sub>2</sub> Cl	5	1,86	1,07	0,8	0,71	0,51
	15	2,27	1,36	1,07	0,89	0,64
	25	3,31	1,89	-	-	-
NaNO <sub>2</sub>	10	-	1,07	0,88	0,72	0,54
	20	-	1,18	1,03	0,86	0,62
	30	-	1,33	1,3	1,0	0,79
	10	-	1,74	1,38	1,1	-
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	20	-	4,02	2,91	2,25	-
	10	-	1,23	1,0	0,83	-
КОН	20	-	1,63	1,3	1,11	-
	5	1,7	0,99	0,8	0,66	0,48
КCl	15	1,58	1,0	0,83	0,69	0,52
	20	-	1,02	0,85	0,72	0,5
	5	1,68	0,98	0,8	0,5	0,49
	15	-	0,98	0,8	0,69	0,51
KNO <sub>3</sub>	30	-	-	0,89	-	-
	10	1,58	0,96	0,66	0,5	0,57
	30	1,51	1,0	0,84	0,73	0,57
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	50	-	1,33	1,14	0,99	0,77
	10	2,8	1,5	-	-	-
MgCl <sub>2</sub>	20	5,3	2,7	-	-	-
	10	2,17	1,27	-	-	-
	20	3,14	1,89	-	-	-
CaCl <sub>2</sub>	35	8,9	5,1	-	-	-

308

БАЪЗИ СУЮҚЛИКЛАР ВА ЭРИТМАЛАРНИНГ ТУРЛИ ТЕМПЕРАТУРАЛАРДА  
ДИНАМИК КОВУШОҚЛИК КОЭФФИЦИЕНТЛАРИ

38-жадвал

Динамик қовушқоқлик коэффициенти, мПа·с (сП)

Молда		Динамик қовушқоқлик коэффициенти, мПа·с (сП)							
		-10°C	0°C	10°C	30°C	50°C	80°C	100°C	120°C
Азот қ-таси	100%	1,24	1,0	0,92	0,72	0,57	0,39	0,35	0,31
	50%	-	3,05	2,4	1,55	1,7	0,6	0,53	0,44
Суюқ аммиак		0,251	0,244	0,23	0,217	0,199	-	-	-
Аммиакли сув	25%	-	-	1,2	1,05	0,71	0,4	0,32	0,23
Анилин		-	10,2	6,5	3,12	1,8	1,1	0,8	0,59
Ацетон		0,42	0,395	0,356	0,293	0,246	0,2	0,17	0,15
Бензол		7,4	0,91	0,76	0,56	0,436	0,316	0,261	0,219
Бутил спирти		-	5,19	3,87	2,28	1,41	0,76	0,54	0,38
Сув		-	1,79	1,31	0,801	0,549	0,357	0,284	0,232
Гексан		0,426	0,397	0,355	0,9	0,241	0,19	0,158	0,132
Глицерин	50%	-	12	8,5	4,25	2,6	1,2	0,73	0,45
Олтингувурт		-	-	-	-	-	-	-	-
Диоксида (суво)		0,41	0,368	0,34	0,28	-	-	-	-
Дихлорэтан		1,24	1,08	0,95	0,74	0,565	0,4	0,36	0,31
Диэтил эфири		0,328	0,296	0,268	0,22	0,182	0,14	0,118	0,1
Изопропил спирти		6,8	4,6	3,26	1,76	1,03	0,52	0,38	0,29
Кальций хлорид		-	-	-	-	-	-	-	-
25% ҳаствор		7	4,47	3,36	2,25	1,55	-	-	-
Метил спирти	100%	0,97	0,817	0,68	0,51	0,396	0,29	0,24	0,21
	40%	-	3,65	2,54	1,37	-	-	-	-
Чумоли диэтил-аси		-	-	2,25	1,46	1,03	0,68	0,54	0,4
Ишқорий натр.	50%	-	-	-	4,6	1,6	5,54	3,97	3,42

100

КОРДОН ВИНОЛАР КОВУШОКЛИК КОЭФФИЦИЕНТЛАРИ (С/В)

	Температура, °С							
	7	8	9	10	11	12	13	14
23	9,2	3,62	2,72	2,37	2,07	1,82	1,51	1,08
9	4,6	2,16	1,82	1,51	1,08	0,65	0,38	0,58
3,3	2	1,27	1,15	1,08	0,65	0,38	0,58	0,208
1,45	0,98	0,7	0,65	0,6	0,38	0,38	0,3	0,3
Хлорли натрий								
20% эритма	4,08	2,67	1,99	1,24	0,87	0,57	0,46	0,38
Нитробензол	-	3,09	2,46	1,69	1,24	0,87	0,7	0,58
Октан	0,829	0,703	0,61	0,479	0,376	0,29	0,245	0,208
Олеин, 20%	-	95	67	28,8	12,8	5,3	-	-
Сульфат кислота, 98%	-	55	37	17,1	9,46	4,1	2,7	2
92%	90	48	32	15,6	8,4	3,8	2,5	1,95
75%	50	30	20	10,6	5,9	2,3	1,9	1,45
60%	15	10,5	7,7	4,08	2,8	1,5	1,07	0,9
Углерод сульфид	0,488	0,433	0,396	0,319	0,27	0,21	0,19	0,17
Хлорид кислота, 30%	-	-	2,1	1,48	-	-	-	-
Толуол	0,9	0,768	0,667	0,522	0,42	0,319	0,27	0,231
Сирка кислота, 100%	-	-	-	1,04	0,79	0,56	0,46	0,37
50%	-	4,5	3,03	1,7	1,11	0,65	0,5	0,4
Фенол (сух)	-	-	-	7	3,43	1,55	1,05	0,78
Хлорбензол	1,24	1,06	0,91	0,71	0,57	0,435	0,37	0,32
Хлоро эрм	0,79	0,7	0,63	0,51	0,426	0,33	0,29	0,26
Карбон IV хлорид	1,68	1,35	1,13	0,84	0,65	0,472	0,387	0,323
Этилацетат	0,67	0,578	0,507	0,4	0,326	0,248	0,21	0,178
Этил спирти, 100%	2,23	1,78	1,46	1,0	0,71	0,435	0,326	0,248
80%	-	3,69	2,71	1,53	0,97	0,57	0,52	0,43
70%	-	5,25	3,77	1,93	1,13	0,6	0,45	0,34
40%	-	7,14	4,39	2,02	1,13	0,6	0,44	0,34
20%	-	5,32	3,17	1,55	0,97	0,51	0,38	0,3

ТАРКИБИДА ШАКАР БОР ВИНОЛАР КОВУШОКЛИГИ, (С/В)

Температура, °С	Спирт миклори, % (кажний)					
	Шакар миклори, % (кажний)					
	8	12	18	23	28	33
-10	-	13,47	-	15,75	-	17,90
0	4,45	8,40	5,2	9,80	5,76	11,80
10	2,96	5,33	3,39	6,31	3,65	7,28
20	2,77	3,77	2,35	4,00	2,50	4,62
30	1,53	2,52	1,69	2,76	1,75	3,13
40	1,16	1,87	1,25	2,06	1,30	2,23
50	0,91	1,43	0,97	1,56	1,02	1,67
60	0,73	1,12	0,77	1,20	0,81	1,30

БАЪЗИ СУЮҚЛИК ВА СУВЛИ  
АРАЛАШИМЛАРИНИНГ СОЛИДТИРМА  
ИССИҚЛИК СЎФИ. И, кЖ/кг·К.

Модда	оши чтра ция %	Температура, °С					
		-20	0	20	60	100	120
Азот кислотаси	100	1,74	1,75	1,76	1,80	1,84	1,86
	50	-	2,79	2,83	3,01	3,10	3,18
Глицерин	50	-	3,55	3,56	3,52	-	-
Метиол спирти	100	2,38	2,47	2,57	2,76	2,96	3,07
	40	-	3,52	3,56	3,6	3,86	3,72
Этил спирти	100	2,12	2,29	2,48	2,96	3,5	3,80
	80	-	2,68	2,83	3,22	3,64	3,90
	60	-	3,00	3,14	3,48	3,77	3,98
	40	-	3,44	3,51	3,69	3,94	4,02
	20	-	3,81	3,85	3,93	4,06	4,10
Натрий гидро- ксиди эритмаси	50	-	-	3,23	3,21	3,19	3,18
	40	-	3,38	3,41	3,8	3,49	3,49
	30	-	3,45	3,52	3,62	3,64	3,7
	20	-	3,53	3,56	3,60	3,72	3,72
	10	-	3,69	3,77	3,84	3,88	3,89
Натрий хлориди эритмаси	20	-	3,94	3,92	3,9	3,86	3,86
	98	-	1,41	1,46	1,57	1,68	1,73
	92	1,47	1,53	1,58	1,67	1,78	1,83
Сульфат кислотаси	75	1,80	1,87	1,94	2,07	2,21	2,27
	60	2,11	2,20	2,28	2,45	2,61	2,70
Хлорид к-таси	30	-	2,3	2,47	2,80	3,18	3,35
Сирка кислотаси	100	-	1,88	1,99	1,21	2,42	2,53
	50	-	3,06	3,10	3,18	3,30	3,45

ТЕМПЕРАТУРА 0-100 °С да ҚАТТИҚ МАТЕРИАЛДЫҢҒ  
 ҰРТАҚ СОЛЫШҒЫН МАССАНЫҢ СИҒИМІ, кг/(кг·К)

Материал номи	С	Материал номи	С
Алюминий	0,92	Тош кумир	1,30
Асбест	0,84	Кварц	0,80
Бетон	1,13	Ғишт (сизил)	0,92
Кумуш	0,385	Ғишт (оловбардош)	0,88-1,01
Винипласт	1,76	Кокс	0,84
Лой	0,92	Латунь	0,394
Ёғоч (қарағай)	2,72	Муз	2,14
Темир	0,50	Куйма (тош)	0,84
Оҳак	0,92	Магнезия	0,92
Чолин	0,92	Мис	0,385
Пүлат	0,50	Шиша	0,42-0,84
Нафталин	1,30	Текстолит	1,47
Парафин	2,72	Целлюлоза	1,55
Пукак	1,68	Чүйн	0,50
Резина	1,68	Жун	1,63
Күргошнн	0,13	Шлак	0,75

ЭТИЛ СПИРТИ-СУВ АРАЛАШМАСЫНЫҢ ҚАЙНАШ  
 ТЕМПЕРАТУРАСЫ

Сутқлик эги спирт микдори		ағча ш температура-сы, °С	Бұғдаги спирт микдори		Сутқликдаги спирт микдори		айна ш температура-сы, °С	Бұғдаги спирт микдори	
мас	% мол		% мас	% мол	% мас	% мол		% мас	% мол
0,01	0,004	99,9	0,13	0,053	25,00	11,53	85,7	68,6	5,08
0,50	0,19	99,3	6,1	2,48	31,00	14,90	84,5	71,7	49,77
1,00	0,39	98,75	10,75	4,51	36,00	18,03	83,7	73,5	50,04
5,00	2,01	94,96	37,0	18,68	40,00	20,68	83,1	74,6	53,46
10,00	4,16	91,3	52,2	29,92	45,00	24,25	82,45	75,9	55,82
15,00	6,46	89,0	60,0	36,98	50,00	28,12	81,9	77,0	56,71
20,00	8,92	87,0	65,0	42,60	55,00	32,34	81,4	78,2	58,39
60,00	36,98	81,0	79,5	60,29	78,00	58,11	79,65	84,9	68,76
65,00	42,09	80,6	80,8	62,22	83,00	65,64	79,2	87,2	72,71
70,00	47,72	80,2	82,1	64,21	87,00	74,15	78,65	90,1	78,00
75,00	54,00	79,75	82,8	66,93	93,00	83,87	78,27	92,4	4,70

СУТ ВА СУТ МАҲСУЛОТЛАРИНИНГ СОЛИШТИРМА  
ИССИҚЛИК СИФИМЛАРИНИНГ ҚИМАТЛАРИ [18].

Сут ва сут Маҳсулоатлари	Температура, °С			
	0	15	40	60
Зардоб	0,978	0,976	0,974	0,972
Ёғсилантирилган сут	0,940	0,943	0,952	0,963
Ёғли сут	0,929	0,938	0,930	0,918
Каймоқ 15 %	0,750	0,923	0,899	0,9
60 %	0,560	1,053	0,721	0,737
Ёғ	0,512	0,527	0,556	0,580
Ёғ дончалари	0,445	0,407	0,500	0,530

ГАЗЛАРИНИНГ МОЛЯР ИССИҚЛИК СИФИМИ

[кЖ/кмоль·К]

Босим p = 1 атм

Газ	Температура, °С			
	0	100	300	600
N, O, C оксиди	29,0	29,3	30,0	31,0
Аммиак	35,3	37,9	43,2	51
Водород	29,1	29,3	29,7	30,4
Сув буғи	35,0	35,5	36,7	39,3
С ва S диоксиди	38,6	41,1	47	54,33
Ме II	35,7	39,7	46,8	59,8
Олтинугурт (H <sub>2</sub> )	34,3	35,8	38,8	43,3
Хлор	36,3	36,4	36,7	37,0

МЕВАЛАРИНИНГ АБСОЛЮТ ҚУРУҚ МОДДАТРИНИНГ  
СОЛИШТИРМА ИССИҚЛИК СИФИМИ [25].

Маҳсулот	$\rho$ , кг/л	$c$ , К/кг·К
Олма	804 - 889	1395
Беҳи	950 - 1092	1376
Нок	850 - 1130	1380
Олхури	932 - 1089	1391
Ўчк	886 - 1109	1385
Шафтоли	933 - 1081	1397
Олча	970 - 1092	1390
Гилос	970 - 1050	1404
Ушум	1036 - 1100	1412
Малина	950 - 1020	1380
Рябина	960 - 1010	1380
Смородина	1000 - 1070	1375

ТЕМПЕРАТУРА 0-100°C да БАЪЗИ МАТЕРИАЛЛАРНИНГ  
ИССИКЛИК УТКАЗУВЧАНЛИК КОЭФФИЦИЕНТЛАРИ

Материал	Зичлик, кг/м <sup>3</sup>	Иссиклик утказувчанлик коэффициенти, Вт/(м·К)
Асбест	600	0,151
Бетон	2500	1,28
Винипласт	1380	0,163
Войлок (жузли)	300	0,047
Қарағай (кундаланг)	600	0,140-1,174
Қарғай (толалар буйлаб)	600	0,384
Оддий ғиштли девор	1700	0,698-0,814
Повбардош ғиштли девор	1800	0,65
Поляцион ғиштли девор	600	0,116-0,209
Мойли буюк	-	0,233
Муз	920	2,33
Куйма (гошдан)	3300	0,698
Магнезия (85% кукунда)	216	0,070
Накипь қатлами	-	0,163-3,49
Порч қишиғи	230	0,070-0,93
Пенопласт	30	0,6-7
Курук қум	1500	0,349-0,814
Пукак кукуни	160	0,047
Занг	-	1,16
Совелит	450	0,98
Шиша	2500	0,698-0,814
Шиша пахтаси	200	0,035-0,170
Текстолит	1380	0,244
Горфплиталари	220	0,064
Фаолит	1730	0,419
Шлак пахтаси	250	0,076
Сыпал	2350	0,872-1,163
<b>Металлар</b>		
Алюминий	2700	203,5
Бронза	7000	64,0
Латунь	8500	93,0
Мис	8800	384
Курғоштин	11400	34,9
Сталь	7850	46,5
Гламидиган пулат	7900	17,5
Чугун	7500	46,5-93,0

ЭРИТМАЛАР ВА СУЎҚИЛИКЛАРНИНГ  
 ИССИҚЛИК УТКАЗУВЧАНИК КОЭФФИЦИЕНТЛАРИ

Модда	Концентрация, % (масс)	Температура, °С	Иссиқлик утказ. вчанлиги, Вт/(м·К)
BaCl <sub>2</sub>	21	32	0,58
KBr	40	32	0,50
KOH	21	32	0,58
	42	32	0,55
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	10	32	0,61
KCl	15	32	0,58
	30	32	0,57
MgSO	22	32	0,59
MgCl <sub>2</sub>	11	32	0,58
	29	32	0,57
CuSO <sub>4</sub>	18	32	0,58
NaF	20	32	0,57
	40	32	0,54
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	10	32	0,58
NaCl	12,5	32	0,58
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	30	32	0,52
	70	32	0,35
HCl	12,5	32	0,52
	38	32	0,44
Аммиак (суюк)	100	0	0,541
	100	100	0,314
Дихлорэтан	100	0	0,1396
Сирка	50	0	0,314
кислотаси	50	100	0,477
Хлорбензол	100	0	0,132
	100	100	0,1128
	100	0	0,142
Хлороформ	100	100	0,0919

БОСИМ  $P_{абс} = 1 \text{ атм}$  БУЛГАДА ГАЗЛАРНИНГ  
ИССИҚЛИК ҮТКАЗУВЧАНИК К ОЭФФИЦИЕНТЛАРИ,  $Вт/(м \cdot К)$

Газ	Температура, $С$			
	0	50	100	200
Азот	0,0233	0,0247	0,0314	0,0384
Аммиак	0,0209	0,0256	0,0314	-
Водород	0,1628	0,1861	0,2210	0,0259
Сув буги	0,0163	0,0198	0,0244	0,0326
Хал	0,0244	0,0279	0,0326	0,0395
Кислород	0,0244	0,0279	0,0326	0,0407
Метан	0,0302	0,0361	0,0465	-
Углерод оксиди	0,0221	0,0274	-	-
Углерод диоксиди	0,0140	0,0186	0,0233	0,0314
Этан	0,0174	0,0233	0,0314	-
Этилен	0,0163	0,0209	0,0267	-

50-жидвал

ИФЛОСЛАНГАН ДЕВОРЛАРНИНГ ИССИҚЛИК  
ҮТКАЗУВЧАНИК КОЭФФИЦИЕНТЛАРИНИНГ  
ЎРТАГА ҚИЙМАТЛАРИ

Иссиқлик ташувчи агент	Ифлосланган деворларни иссиқлик ўтказувчанлиги, $Вт/(м \cdot К)$
Ифлосланган сув	1400-1860*
Ўртача сифатли сув	1860-2900*
Юқори сифатли сув	2900-5800*
Тоза анган сув	2900-5800*
Дистилланган сув	11600
Нефть маҳсулотлари, мой, совитувчи агент буғлачи	2900
Хом нефть маҳсулотлари	1160
Органик сувоқликлар	5800
Сув буғи	5800
Органик сувоқлик буғлари	11600
Хаво	2800

### АТМОСФЕРА БОСИМИНИНГ ДЕНГИЗ САТҲИ БАЛАНДЛИГИГА БОҒЛИҚЛИГИ

1 м.сув.уст. = 9810 Па

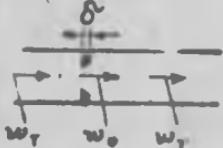
Денгиз сатҳидан баландлиги, м	-600	0	+100	200	300	400	500	600	800	1000	1500
Атмосфера босими А, мм.сув.уст.	11,3	0,3	10,2	10,1	10,0	9,8	9,7	9,6	9,4	9,2	8,6

52-к. дивал

### ТРУБА ДЕВОРИ ҒАДИР-БУДУРЛИКЛАРИНИНГ ЎРТАЧА ҚИЙМАТЛАРИ

Труба қувурлари	с, мм
Пулатдан қалган қисман коррозияга учраган трубага;	0,2
Эски занглаган трубалар.	0,67 ва ювори
Ллакка эга бўлган туңука трубалар.	0,125
Чўяндан ясалган, ишлатилган трубалар.	1,4
Алюминийдан тайёрланган силлик трубалар.	0,015 - 0,06
Латунидан, мисдан, сурғошнингдан ясалган трубалар;	
Шишадан ясалган трубалар	0,0015 - 0,01
Бетондан ясалган, сирти жилвирланган труба тар.	0,2 - 0,8
Бетондан ясалган ғадир-будир сиртга эга бўлган трубалар.	3 - 9
Нефть узатувчи ўртача шарафитда ишлатилган ва қўйилган бутни узатиб берувчи қувурлар.	0,2
Узукли ишлайдиган қувурлар.	0,5
Хаво узатиб берувчи қувурлар.	0,8
Конденсат узатувчи қувурлар, узукли ишловчи.	1,0

МАХАЛЛИЙ ҚАРШИТ. К КОЭФФИЦИЕНТЛАРИ

Қарш: шиклар тури	Маҳаллий қаршиллик коэффи. лентларини кийматлари																												
<p>Трубага кириш</p> 	<p>Ўткир кир, ли: <math>\zeta = 0,5</math>                  силликланган киррали: <math>\zeta = 0,2</math></p>																												
<p>Трубадан чиқиш</p> 	<p>1.49) формула ердамида <math>\Delta p</math> лисобланса                  шбу <math>\zeta</math> қаршиллик киймати хисобга                  линмайди</p> <p style="text-align: right;"><math>\zeta = 1</math></p>																												
<p>Тугри трубада уткир киррали диафрагма</p>  <p><math>d</math> - диафрагма тешиги, м;  <math>\delta</math> - диафрагма каллилиги,                  м; <math>w</math> - оқимнинг                  тешиктаги ўртача тезлиги,                  м/с;  <math>w_0</math> - оқимнинг трубадаги                  ўртача тезлиги, м/с</p> <p><math>m = (d/D)^2</math>; <math>D</math>                  трубаини диаметри, м.</p>	<p><math>\frac{\delta}{d_0} = \nu - 0,015</math> булганда, босимнинг                  йуқотилиши <math>\Delta p = \zeta \cdot \frac{\rho w^2}{2}</math> га                  тенг булади.</p> <p><math>\zeta</math> инг киймати ушбу жадвалдан  <math>\zeta</math> топилади.</p>																												
	<table border="1"> <tbody> <tr> <td><math>m</math></td> <td>0,2</td> <td>0,06</td> <td>0,1</td> <td>0,15</td> <td>0,18</td> <td>0,22</td> </tr> <tr> <td><math>\zeta</math></td> <td>7000</td> <td>730</td> <td>245</td> <td>117</td> <td>65,5</td> <td>40,0</td> </tr> <tr> <td><math>m</math></td> <td>0,24</td> <td>0,2</td> <td>0,34</td> <td>0,5</td> <td>0,7</td> <td>0,9</td> </tr> <tr> <td><math>\zeta</math></td> <td>370</td> <td>22,3</td> <td>13,1</td> <td>4,00</td> <td>0,97</td> <td>0,15</td> </tr> </tbody> </table>	$m$	0,2	0,06	0,1	0,15	0,18	0,22	$\zeta$	7000	730	245	117	65,5	40,0	$m$	0,24	0,2	0,34	0,5	0,7	0,9	$\zeta$	370	22,3	13,1	4,00	0,97	0,15
$m$	0,2	0,06	0,1	0,15	0,18	0,22																							
$\zeta$	7000	730	245	117	65,5	40,0																							
$m$	0,24	0,2	0,34	0,5	0,7	0,9																							
$\zeta$	370	22,3	13,1	4,00	0,97	0,15																							

<p>Диалок ёки тўртбурча қўндаланг кесилиш тирсак</p> 	<p>Қаршилик коэффициентлари куйидаги жадвалдан топилади</p> <p style="text-align: center;"><math>\zeta = AB</math></p> <table border="1" data-bbox="505 232 982 329"> <tr> <td>Ф бурчаги град.</td> <td>20</td> <td>45</td> <td>90</td> <td>130</td> <td>180</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>0,31</td> <td>0,6</td> <td>1,0</td> <td>1,120</td> <td>1,40</td> </tr> </table>	Ф бурчаги град.	20	45	90	130	180	A	0,31	0,6	1,0	1,120	1,40								
Ф бурчаги град.	20	45	90	130	180																
A	0,31	0,6	1,0	1,120	1,40																
<p>d - трубаинг чки диаметри, м; <math>R_0</math> - трубаинг бугланиш радиуси</p>	<table border="1" data-bbox="505 411 982 480"> <tr> <td>R/d</td> <td>1,0</td> <td>2,0</td> <td>4,0</td> <td>6,0</td> <td>15</td> <td>30</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>0,21</td> <td>0,15</td> <td>0,11</td> <td>0,09</td> <td>0,06</td> <td>0,04</td> <td>0,03</td> </tr> </table>	R/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				
R/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														
<p>90° ли стандарт чуян тирсак</p>	<table border="1" data-bbox="505 562 982 662"> <tr> <td>Шартли ўтиш, мм</td> <td>12,5</td> <td>25</td> <td>37</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td><math>\zeta</math></td> <td>2,2</td> <td>2</td> <td>1,6</td> <td>1,1</td> </tr> </table>	Шартли ўтиш, мм	12,5	25	37	50	$\zeta$	2,2	2	1,6	1,1										
Шартли ўтиш, мм	12,5	25	37	50																	
$\zeta$	2,2	2	1,6	1,1																	
<p>Нормал вентиль</p>	<p>Вентиль тулик очик булганда кийматлари:</p> <table border="1" data-bbox="505 828 982 895"> <tr> <td>D, мм</td> <td>13</td> <td>20</td> <td>40</td> <td>80</td> <td>100</td> <td>150</td> <td>200</td> <td>250</td> <td>350</td> </tr> <tr> <td></td> <td>10,8</td> <td>6,0</td> <td>4,9</td> <td>4,0</td> <td>4,1</td> <td>4,1</td> <td>4,7</td> <td>5,1</td> <td>5,5</td> </tr> </table>	D, мм	13	20	40	80	100	150	200	250	350		10,8	6,0	4,9	4,0	4,1	4,1	4,7	5,1	5,5
D, мм	13	20	40	80	100	150	200	250	350												
	10,8	6,0	4,9	4,0	4,1	4,1	4,7	5,1	5,5												
<p>T, три йулли</p>	<p><math>Re \geq 3 \cdot 10^3</math> булганда <math>\zeta</math> куйидаги жадвалдан аникланади:</p> <table border="1" data-bbox="505 1061 982 1137"> <tr> <td>D, мм</td> <td>25</td> <td>50</td> <td>76</td> <td>150</td> <td>250</td> </tr> <tr> <td><math>\zeta</math></td> <td>1,04</td> <td>0,79</td> <td>0,60</td> <td>0,42</td> <td>0,32</td> </tr> </table>	D, мм	25	50	76	150	250	$\zeta$	1,04	0,79	0,60	0,42	0,32								
D, мм	25	50	76	150	250																
$\zeta$	1,04	0,79	0,60	0,42	0,32																
	<p><math>Re &lt; 3 \cdot 10^3</math> булганда, каршилик коэффициент <math>\zeta = \zeta_1 \cdot K</math>  <math>\zeta</math> киймати <math>Re &gt; 3 \cdot 10^3</math> дагидек топилади,  <math>K</math> киймати эса ушбу жадвалдан берилган:</p>																				

	Re	5000	20000	100000	300000		
	K	1,40	0,94	0,91	1		
Кран	Шартли утиш диаметри, мм	13 4	19 2	25 ?	32 2	38 2	50 ва юқори 2
Завивка	Шартли утиш Диаметри, мм $\zeta$		15-10 0,5	175-200 0,25	300 ва юқор 0,15		
Трубага б дан кенгайиш 	$Re = \frac{w \cdot d_0}{\nu}$	$F_2 / F_1$					
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
$F_2$ - кичик кундаланг кесим юзаси, м <sup>2</sup> ; w - кичик кундаланг кесимли юзада оқим тезлиги, м/с; $F_1$ - катта кундаланг кесим юзаси, м.	10	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
	100	1,70	1,40	1,20	1,10	0,90	0,80
	1000	2,0	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
		ва ундан юқори					
Трубага б дан тарайиш 	$Re = \frac{w \cdot d_0}{\nu}$	$F_2 / F_1$					
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
$F_2$ - кичик кундаланг кесим юзаси, м <sup>2</sup> ; w - кичик кундаланг кесимли юзада оқим тезлиги, м/с; $F_1$ - катта кундаланг кесим юзаси, м.	10	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
	100	1,30	1,20	1,10	1,00	0,9	0,80
	1000	0,64	1,60	1,4	1,35	0,30	0,24
	3000	0,50	0,4	0,35	0,30	0,25	0,20
	3500	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
		ва ундан юқори					

ЛАМИН. Р РЕЖИМДА ТҮРЛИ КҮНДАЛАНГ  
КЕСИМЛАР УЧУН ЭКВИВАЛЕНТ ДИАМЕТР LA  
A КОЭФФИЦИЕНТ ҚИЙМАТЛАРИ

Кўндаланг кесим шакли	d	A
d – диаметри айлана	d	64
a – томонли квадрат	a	57
a – томонли тенг ёнили учбурчак	0,58a	53
a – кенга кка тга халса	2a	96
a и b томонли тугри туртбурчак		
a/b=0	2a	96
a/b=0,1	,81a	85
a/b=0,25	1,6a	73
a/b=0,5	1,3a	62
Эллипс ( a - кичик ярим ук, b - катта ярим ук):		
a/b=0,1	155a	73
a/b=0,3	1,4a	68
a/b=0,5	1,3a	78

ДИАФРАГМАНИНГ САРФ  
КОЭФФИЦИЕНТЛАРИНИНГ ҚИЙМАТЛАР

Re	m=0,05	m=0,1	m=0,2	m=0,3	m=0,4	m=0,5	m=0,7
5000	0,6032	0,6110	0,6341				
10000	0,6026	0,6092	0,6261	0,6530	0,6890	0,7367	
20000	0,5996	0,6050	0,6212	0,6454	0,6765	0,7186	0,7540
30000	0,5990	0,6038	0,6187	0,6403	0,6719	0,7124	0,8404
50000	0,5984	0,6032	0,6168	0,6384	0,6666	0,7047	0,8276
100000	0,5980	0,6026	0,6162	0,6359	0,6626	0,6992	0,8155
400000	0,5978	0,6020	0,6150	0,6340	0,6600	0,6950	0,8019

d - диафрагма тешигининг диаметри, м; m = (d<sub>0</sub>/d)<sup>2</sup>.

ТУЗАТИШ КОЭФФИЦИЕНТИНИНГ ҚИЙМАТЛАРИ

Труба диаметри, м	m=0,1	m=0,2	m=0,3	m=0,4	m=0,5	m=0,6	m=0,7
0,05	1,0037	1,0063	1,0082	1,0118	1,0144	1,017	1,02
0,10	1,0024	1,0045	1,0064	1,0065	1,0108	1,013	1,014
0,20	1,0017	1,0023	1,0034	1,004	1,0052	1,006	1,007
0,30	1,0005	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001

m=(d<sub>0</sub>/d)<sup>2</sup>.

БҮЛАК МАТЕРИАЛ ХАЛҚАЛРИДАН ТАШКИЛИ ТОПГАН  
СКРУББЕР НАСАДКАЛАРИНИНГ ТАВСИФИ

Насадкалар тури	Насадка элементи нинг улчамлари, мм	1 м насадка ли хажм- даги эле- ментлар сони	Бўш ҳажми, м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	Силиш тирма юза, м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	1 м <sup>3</sup> ҳажм даги на- садка оғирли- ги, кг
Фарфор халқалар	8 3x1,5	140000	0,64	570	600
Керамик халқалар	15x15x2	25000	0,70	330	690
"	35x35x4	20200	0,78	140	505
"	50x50x5	6000	0,785	87,5	530
Пулат халқалар	35x35x2,5	19000	0,83	147	-
"	50x50x1	6000	0,95	110	430
Шағал (дучалок)	42	14400	0,388	80,5	-
Анцезит (булаклари)	43,2	12600	0,505	68	1200
Кокс (булаклари)	42,6	14000	0,56	77	455
"	24,4	64800	0,532	20	1600
Аммиак синтези Катализаторлари	6,1	500000	0,465	90	2420
CO конверсияси ката- лизатор. тафичеткаси	d=11,5 h=6	1080000	0,33	460	1100

ПОРШУНЛИ НАСОСЛАР ЁРДАМИДА  
СУВНИ УЗАТИШ ДАВРИДАГИ СЎРИШ БАЛАНДЛИГИ

Насоснинг айлан- иш частотаси, айл/мин	Сув темп. таъсири, °С						
	0	20	30	40	50	60	70
50	7	6,5	6	5,5	4	2,5	0
60	6,5	6	5,5	5	3,5	2	0
90	5,5	5	4,5	4	2,5	1	0
120	4,5	4	3,5	3	1,5	0,5	0
150	3,5	3	2,5	2	0,5	0	0
180	2,5	2	1,5	1	0	0	0

ТУРЛИ ХИДАГИ АРАЛАШТИРГИЧЛАР УЧУН  
C ва m КОНСТАНТАЛАР ҚИЙМАТЛАРИ

Аралаштиргичла р тур.и	Геометрик таъсири			Константала р сон қиймати		Элатма
	H/d	D/d	h/d	c	m	
Икки парракли	2	2	0,36	111,0	1,0	Re < 20 Re=100+5 · 10 <sup>4</sup>
"	3	3	0,33	1,35	0,31	
2 парракли, парра ги 45° остида	3	3	0,33	6,8	0,2	аррак шакли думалок
4 парракли	3	3	0,33	4,05	0,2	
парраги 45° остида	3	3	0,33	3,52	0,2	
4 парракли, парра ги 60° остида	3	3	0,33	5,05	0,2	
Якорли 2 парракли	3	3	0,33	6,20	0,18	
Турт парракли	1,11	1,11	0,11	6,2	0,25	
	1,11	1,11	0,11	6,0	0,25	
Пропеллерли уч ла; ракли, 22,5°	3	3	0,33	0,98	0,15	
Пропеллерли, уч парракли	3,5	3,8	1	230	1,67	
				4,63	0,35	
				1,19	0,15	
Турбинкали уч пар- ракли	3	3	0,33	3,90	0,2	Re < 80 Re < 5 · 10 <sup>3</sup> Re < 3 · 10 <sup>3</sup>

## СУЮКЛИКЛАР СИРГИЙ ТОРТИЛИШ КОЭФФИЦИЕНТИ

Суюклик	Температура	Сиргий тортилиш, $\sigma \cdot 10^4, \text{Н/м}$
Азот (суюк)	-196	8,5
Кислорс (суюк)	-183	13,2
Оливка мойи	+20	32,0
Парафин мойи	+25	26,1
Скиндар	+15	27,3

61 - жала

ТРУБА ҚУВУРИНИНГ 1 м УЗУНЛИГИДА БОСМАЛИНГ  
ИҶҚОТИЛИШИ, кПа/м

Ҳажмий сарф, м <sup>3</sup> /с	Трубалар диаметри, м.						
	0,032	0,04	0,05	0,08	0,100	0,150	0,200
<i>Томат - паста</i>				<i>Температура 10°С</i>			
0,00139	69,0	54,0	35,6	16,6	11,6	6,34	4,40
0,00278	74,0	55,6	41,0	20,0	13,9	7,01	4,50
0,00444	80,0	58,0	43,0	22,3	15,5	7,65	5,00
<i>Температура 33°С</i>							
0,00139	52,0	38,0	26,4	11,0	8,03	3,56	2,06
0,00278	59,0	44,5	31,5	13,5	9,50	4,50	2,56
0,00444	64,0	48,0	34,0	15,3	0,41	5,25	3,00
<i>Температура 72°С</i>							
0,00139	36,2	26,6	18,2	6,90	4,65	2,00	1,20
0,00278	43,0	32,0	20,0	8,80	5,50	2,60	1,50
<i>Олма пюреси</i>				<i>Температура -1°С</i>			
0,00139	-	6,65	4,20	1,60	1,09	-	-
0,00278	-	8,55	5,40	2,04	1,32	-	-
<i>Температура 30°С</i>							
0,00139	3,3	3,2	1,90	0,73	-	-	-
0,00278	7,3	4,3	2,60	0,90	-	-	-

БИНАР АРАЛАШМАЛАРНИНГИ СУЮКЛИК ВА  
БУҒЛАРИНИНГИ МУВОЗАНАТ ТАРКИБИ

$P_{\text{жк}} = 160$  мм. с.ш. . т.

Метил спирт ч - сув			Хлороформ - бензол		
t, °C	% (мол) метил спирти		t, °C	% (мол) хлороформ	
	суюкликда	буғда		Суюкликда	буғда
100,0	0	0	80,6	0	0
96,4	2	13,4	79,	8	10
93,5	4	23,0	79,0	15	20
87,7	10	41,8	77,3	29	40
81,7	20	57,9	76,4	36	50
78,0	30	65,5	75,3	44	60
73,1	50	77,9	71,9	66	80
64,5	100	100,0	61,4	100	100

Сув - сирка кислота			Азот - кислород		
t, °C	% (мол) сув		t, °C	% (мо.) азот	
	суюкликда	буғда		суюк. кда	буғда
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	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	62,2	85	27,7	55,7
103,2	60	71,6	84	33,8	63,1
101,3	80	86,4	82	47,8	76,4
100,0	100	100	77,3	100,0	100,0

СЪВ-СПИРТ БУЕЛАРИНИНН КОНДЕНСАЦИЈАНИНН  
ТЕМПЕРАТУРАСИ ВА 10<sup>5</sup> Па БОСИМДАГН ЭНТАЛПИЈАСИ

Буг аркиби аги спирт тажми, % мас.	ондент цияла- а. штем- ера рас и, °С	Суюслик нтальпияс i, кЖ/кг	Буг хэилт китини лесситини г, кЖ/кг	Бугнииг эн- тальпияси i, кЖ/кг	Бугнииг зичлнги, ρ, кг/м <sup>3</sup>
0	100	418,70	2256,7	2675	0,589
	99,4	424,56	2185,6	2610	0,620
10	98,8	426,24	2114, .	2540	0,645
15	98, .	423,3	2045,0	2466,5	0,667
20	97,6	429,79	1972,1	2392,9	0,694
25	97,0	423,37	1902,9	2383,4	0,722
30	96,0	417,86	1832,9	225 .5	0,750
35	95,3	406,97	1762,7	2169,7	0,785
40	94,0	397,3	169 .5	2087,2	0,817
45	93,2	382,27	1624,5	2006,8	0,754
50	91,9	369,29	1553, .	1922, .	0,881
55	90,5	356,73	1484,3	1841 0	0,933
60	89,0	342,91	1415,2	1758,1	0,976
65	87,0	322,81	1334,0	1668,9	1,025
70	85, .	306,48	1277,0	1585,2	1,075
75	82,8	284,29	1210,0	1494,3	1,145
80	80,8	260,01	1143,0	1403,0	1,214
85	89,6	249,96	1071,8	1321,8	1,295
90	78,7	237,40	996,5	1233,9	1,380
95	78,2	222,74	925,3	1148,0	1,480
100	78,3	209,76	854,1	1063,9	1,598

Кожу диаме три, мм	Рубан ниг намет ри, мм	Шар арниг узунд соши	Трубалар узундуги күйкөлгүч бөлгүчтө, мм							Трубалар ро булгит окмонунг эң тор күйкөлгүч кесим юзөгү, м <sup>2</sup>	Труба бер илиниг күйкөлгүч кесим юзөгү, м <sup>2</sup>
			1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	6,0	9,0		
159	20x2	19	1,0	2,0	2,5	3,5	-	-	-	0,003	0,004
273	25x2	13	1,0	1,56,0	2,0	3,0	-	-	-	0,004	0,005
	20x2	61	4,0	4,5	7,5	11,5	-	-	-	0,007	0,012
325	25x2	37	0	9,5	6,0	9	-	-	-	0,009	0,013
	20x2	100	-	8,5	12,5	19	25,0	-	-	0,011	0,020
400	25x2	62	-	7,5	11,0	17	22,5	-	-	0,011	0,009
	20x2	56	-	5,5	10,0	14,5	19,5	-	-	0,013	0,021
600	25x2	181	-	-	9,0	13	17,5	-	-	0,013	0,010
	20x2	166	-	-	23,0	34	46,0	68	-	0,017	0,036
600	25x2	111	-	-	21,0	31	42,0	63	-	0,017	0,017
	20x2	100	-	-	17,0	26	35,0	52	-	0,020	0,038
600	25x2	389	-	-	16,0	24	31,0	47	-	0,020	0,017
	20x2	370	-	-	49	70	98	147	-	0,041	0,078
600	25x2	334	-	-	42	63	93	139	-	0,041	0,037
	20x2	316	-	-	40	60	79	119	-	0,041	0,016
600	25x2	257	-	-	40	61	81	121	-	0,037	0,009
600	25x2	257	-	-	40	61	81	121	-	0,040	0,089

800	20x2	240	-	-	38	57	75	113	-	0,040	0,042
800	20x2	206	-	-	32	49	65	97	-	0,040	0,018
	20x2	196	-	-	30	46	61	91	-	0,037	0,011
800	20x2	717	-	-	90	135	180	270	405	0,069	0,144
	20x2	690	-	-	87	130	173	260	390	0,069	0,069
800	25x2	638	-	-	80	120	160	240	361	0,065	0,030
	25x2	609	-	-	78	116	155	233	349	0,065	0,020
800	25x2	466	-	-	73	109	144	219	329	0,070	0,161
	25x2	442	-	-	69	104	139	208	312	0,070	0,077
800	25x2	404	-	-	63	95	127	191	285	0,065	0,030
	25x2	386	-	-	60	90	121	181	270	0,065	0,022
800	25x2	1173	-	-	60	90	121	181	270	0,101	0,236
	25x2	1138	-	-	60	90	121	181	270	0,101	0,114
800	25x2	1072	-	-	60	90	121	181	270	0,101	0,051
	25x2	1044	-	-	60	90	121	181	270	0,096	0,034
800	25x2	747	-	-	60	90	121	181	270	0,106	0,259
	25x2	718	-	-	60	90	121	181	270	0,106	0,124
800	25x2	666	-	-	60	90	121	181	270	0,106	0,055
	25x2	642	-	-	60	90	121	181	270	0,102	0,036
800	25x2	1701	-	-	60	90	121	181	270	0,145	0,342
	25x2	1658	-	-	60	90	121	181	270	0,145	0,165
800	25x2	1580	-	-	60	90	121	181	270	0,145	0,079
	25x2	1544	-	-	60	90	121	181	270	0,131	0,049
800	25x2	1087	-	-	60	90	121	181	270	0,164	0,375
	25x2	1048	-	-	60	90	121	181	270	0,164	0,179
800	25x2	986	-	-	60	90	121	181	270	0,164	0,084
	25x2	958	-	-	60	90	121	181	270	0,142	0,052

Босим, МПа	Кожух диаметри мм	Нуллар сони	Диаметри 20x2 мм бўлган трубалар узунлиги, м						
			1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	6,0	9,0
<i>Кожух трубалари совуткичлар массаси, кг</i>									
1,6	159	1	174	196	217	263	-	-	-
1,6	273	1	320	388	435	590	-	-	-
1,6	325	1	-	495	575	735	895	-	-
1,6	325	2	-	510	575	740	890	-	-
1,0	400	1	-	-	860	1130	1400	1850	-
1,0	400	2	-	-	870	1090	1370	1890	-
1,0	600	1	-	-	1540	1980	2480	3450	-
1,0	600	2,4,6	-	-	1650	2100	2500	3380	-
1,0	800	1	-	-	2560	3520	4150	5800	6000
1,0	800	2,4,6	-	-	2750	3550	4350	5950	8500
0,6	1000	1	-	-	-	5000	6520	9030	12000
0,6	1000	2,4,6	-	-	-	5450	6700	9250	12850
0,6	1200	1	-	-	-	-	9000	12800	18400
0,6	1200	2,4,6	-	-	-	-	9750	13000	18900

Босим, МПа	Кожух ди аметри, мм	Нуллар сони	Диаметри 25x2 мм бўлган трубалар узунлиги, м						
			1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	6,0	9,0
<i>Кожух-трубалари совуткичлар массаси, кг</i>									
1,6	159	1	174	192	211	255	-	-	-
1,6	273	1	400	465	527	649	-	-	-
1,6	325	1	-	485	540	680	820	-	-
1,6	325	2	-	485	550	610	820	-	-
1,0	400	1	-	-	780	1035	1290	1750	-
1,0	400	2	-	-	820	1040	1260	1600	-
1,0	600	1	-	-	1350	1810	2410	3150	-
1,0	600	2,4,6	-	-	1480	1890	2290	3130	-
1,0	800	1	-	-	2280	3130	3720	5360	7400
1,0	800	2,4,6	-	-	2520	3200	3950	5360	7488
0,6	1000	1	-	-	-	4500	5600	7850	11200
0,6	1000	2,4,6	-	-	-	4850	6100	8100	11400
0,6	1200	1	-	-	-	-	8000	11250	16000
0,6	1200	2,4,6	-	-	-	-	8700	11850	16550

65 жадвал давоми

Боси м. МПа	Кожух диамет- ри, мм	Иўлар сони	Диаметри 20x2 мм бўлган трубалар узунлиги, м						
			1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	6,0	9,0
<i>Буелатич ва конденсаторлар массаси, кг</i>									
1,0	600	1	-	-	-	-	-	-	-
1,0		2,4,6	-	-	-	1970	420	3320	-
1,6		1	-	-	-	-	-	-	-
1,6		2,4,6	-	-	-	2050	2510	3450	-
1,0	800	1	-	-	-	-	-	-	-
1,0		2,4,6	-	-	-	3600	4400	5900	-
1,6		1	-	-	-	-	-	-	-
1,6		2,4,6	-	-	-	3850	4500	6100	-
1,0	1000	1	-	-	-	-	-	-	-
1,0		2,4,6	-	-	-	5450	6700	9250	-
1,6		1	-	-	-	-	-	-	-
1,6		2,4,6	-	-	-	5750	7100	9700	-
1,0	1200	1	-	-	-	-	-	-	-
1,0		2,4,6	-	-	-	-	10100	13450	-
1,6		1	-	-	-	-	-	-	-
1,6		2,4,6	-	-	-	-	10400	13700	-
1,0	140	1	-	-	-	-	-	-	-
1,0		2,4,6	-	-	-	-	-	18390	-
1,6		1	-	-	-	-	-	-	-
1,6		2,4,6	-	-	-	-	-	18790	-

65 жадвал давоми

Боси м. МПа	Кожух диамет- ри, мм	Иўлар сони	Диаметри 25x2 мм бўлган трубалар узунлиги, м						
			1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	6,0	9,0
<i>Буелатич ва конденсаторлар массаси, кг</i>									
1,0	600	1	-	-	1340	-	-	-	-
1,0		2,4,6	-	-	-	1970	2420	3320	-
1,6		1	-	-	-	-	-	-	-
1,6		2,4,6	-	-	-	2050	2510	3450	-
1,0	800	1	-	-	-	-	-	-	-
1,0		2,4,6	-	-	-	3600	4400	5900	-
1,6		1	-	-	-	-	-	-	-
1,6		2,4,6	-	-	-	3850	4500	6100	-
1,0	1000	1	-	-	-	-	-	-	-
1,0		2,4,6	-	-	-	5450	6700	9250	-
1,6		1	-	-	-	-	-	-	-
1,6		2,4,6	-	-	-	5750	7100	9700	-
1,0	1200	1	-	-	-	-	-	-	-
1,0		2,4,6	-	-	-	-	10100	13450	-
1,6		1	-	-	-	-	-	-	-
1,6		2,4,6	-	-	-	-	10400	13700	-
1,0	1400	1	-	-	-	-	-	-	-
1,0		2,4,6	-	-	-	-	-	18390	-
1,6		1	-	-	-	-	-	-	-
1,6		2,4,6	-	-	-	-	-	18790	-

Кожух диаметри, мм	Труба бушлиғи учун гүгүцлерларининг шартли ўти диаметри, мм				Трубалараро бушлиғи учун гүгүцлерларни. г шартли ўтин диаметрлари, мм
	Иудлар 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	-

Кожух диаметри, мм	Қўядяг. трубаларнинг уз.ликларида (м) сегмент түсиқляг сони						
	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	6,0	9,0
159	6	10	14	26	-	-	-
273	4	9	12	18	-	-	-
325	-	0	8	14(16)	18	36(38)	-
400	-	-	6	10	14	22(24)	(24)
600	-	-	4	8	10	18(16)	22(20)
800	-	-	4	6	8	14(12)	16(18)
1000	-	-	-	4	6	10	14(12)
1200	-	-	-	-	6	8	-

**25X<sub>2</sub> мм ЛН ТРУБАЛАРДАН ЯСАЛГАН КОЖУХ-ТРУБАЛЫ  
КОНДЕНАТОР ВА ИСПИТЧЛАРНЫҢ ИССИҚЛИК  
АЛМАШИНЫШ ЮЗАСИ**

Кожух ички радиус мм, мм	Труба диаметри		Труба диаметри, м				Курит ма тури
	дүңий	бийик	2	3	4	6	
			Иссиқлик алмашыныш юзаси, м (ташкы диаметри)				
<b>Бир йўлли</b>							
600	216	261	40	61	81	-	Исп итч лар ны ң
800	473	473	74	112	150	-	
1000	783	783	121	182	244	-	
1200	1125	1125	-	260	348	-	
1400	1549	1549	-	358	480	-	
<b>Икки йўлли</b>							
600	244	122	-	57	76	114	
800	450	225	-	106	142	212	
1000	754	377	-	175	234	353	
1200	1090	545	-	-	338	509	
1400	1508	754	-	-	-	706	
<b>Тўрт йўлли</b>							
600	210	52,5	-	49	65	98	КП, КК конденс аторлар
800	408	102	-	96	128	193	
1000	702	175,5	-	163	218	329	
1200	928	257	-	-	318	479	
1400	1434	58,5	-	-	-	672	
<b>Олти йўлли</b>							
600	198	33	-	46	62	93	
800	392	65,3	-	93	123	185	
1000	678	113	-	160	213	319	
1200	1000	166,6	-	-	314	471	
1400	1400	225,3	-	-	-	559	

**АТМОСФЕРА БОСИМИДА ҚАЙНАЙДИГАН БАЎЗ  
ЭРИТМАЛАР КОНЦЕНТРАЦИЯСИ**  
масс. %

Эри- ган молда	Қ. таъи температураси, °С.							
	101	102	103	104	105	107	110	115
	5,66	10,31	14,16	17,36	20,00	24,24	29,33	35,68
	4,49	8,51	11,97	14,82	17,01	20,88	25,65	31,97
	8,42	14,31	18,96	23,02	26,57	32,62	-	-
	10,31	18,31	24,24	27,57	32,24	37,69	43,97	50,86
	13,19	23,66	32,23	39,20	45,77	54,65	61,34	79,5
	4,67	8,42	11,66	14,31	16,59	20,32	24,41	29,48
	14,31	22,78	28,81	32,23	35,32	42,66	-	-
	4,12	7,40	10,15	12,51	14,53	18,32	23,08	26,21
	6,19	11,03	14,67	17,69	20,32	25,09	-	-
	8,26	15,61	21,87	27,53	32,43	40,47	49,87	60,94
	15,26	24,81	30,73	-	-	-	-	-
	9,42	17,22	23,72	29,18	33,86	-	-	-
	26,95	39,98	40,88	44,47	-	-	-	-
	20,00	31,77	37,89	42,92	46,15	-	-	-
	6,10	11,55	15,96	19,30	22,89	28,37	35,90	46,95
Эриган молда	Температура, °С							
	125	140	160	180	200	220	240	260
HCl <sub>2</sub>	45,80	57,89	68,94	75,8	-	-	-	-
Cl <sub>2</sub>	40,23	48,05	54,89	60,41	64,91	68,73	72,46	75,76
HCl	36,02	38,61	-	-	-	-	-	-
H <sub>2</sub> O	37,68	48,32	60,13	69,97	77,53	84,03	88,89	93,02

## ТУРЛИ ХИЛДАГИ ТАРЕЛКАЛАРНИНГ ЎРТАЧА Ф.И.К.

Қурилма	Тарелкалар хили	п
Брага ҳайдаш		
брага колоннаси	Икки марта қайнатадиган	0,6
	Бир марта қайнатадиган	0,5
спирт колоннаси	Икки марта қайнатадиган	0,5
лютер колоннаси	Икки марта қайнатадиган	0,6
Куб ректификацион	Кўп қалп қачали	0,5
Брага ректификацион		
брага колоннаси	Икки марта қайнатадиган, Ғалвирсимон	0,5
эпюрацион	кўп қалпоқчли	0,7
ректификацион	кўп қалпоқчли	0,5

БАЪЗИ ОРГАНИК МОДЛАРНИНГ СОЛИШТИРМА  
АДСОРБЦИЯ ИССИКЛИГИ

Модда	Формула	Адсорбция иссиқлиги	
		кЖ/ кмоль	кЖ/кг
Бензин	-	50280	628,5
Бензол	$C_6H_6$	61590	789,8
Бутил хлорид	$CH_3(C_2H_5)_2Cl$	65360	706,4
Бутил хлорид - сикламчи	$CH_3CHClC_2H_5$	62340	652,4
Бутил хлорид - учламчи	$(CH_3)_2CCl$	56980	615,9
Дихлорметан	$CH_2Cl_2$	51960	511,3
Изопропил хлорид	$CH_3CHClCH_3$	54890	699,3
Метан	$CH_4$	18860	1230
Метил хлорид	$CH_3Cl$	38550	165,4
Пропил хлорид	$CH_3(CH_2)_2Cl$	61170	779,3
Оқтин гурт углерод	$CS_2$	52380	689,3
Метил спирти	$CH_3OH$	54890	1715
Пропил спирти	$C_3H_7OH$	68720	1145
Этил спирти	$C_2H_5OH$	62850	1366
Гурт хлорли углерод	$CCl_4$	64110	15,2
Хлороформ	$CHCl_3$	60760	508,2
Этил бромид	$C_2H_5Br$	58240	534,6
Этил йодид	$C_2H_5I$	58660	37,3
Этил хлорид	$C_2H_5Cl$	50280	79,3
Этилформиат	$HC_2OOC_2H_5$	60760	8820,8
Этил эфир	$(C_2H_5)_2O$	64950	877,8

**АТМОСФЕРА БОСИМИДА ҚАЙНАЙДИГАН БАЎЗ  
ЭРИТМАЛАР КОНЦЕНТРАЦИЯСИ**  
масс. %

Эриган модда	Қ. таяқ температураси, °С.							
	101	102	103	104	105	107	110	115
	5,66	10,31	14,16	17,36	20,00	24,24	29,33	35,68
	4,49	8,51	11,97	14,82	17,01	20,88	25,65	31,97
	8,42	14,31	18,96	23,02	26,57	32,62	-	-
	10,31	18,31	24,24	27,57	32,24	37,69	43,97	50,86
	13,19	23,61	32,23	39,20	45,17	54,65	63,34	79,5
	4,67	8,42	11,66	14,31	16,59	20,32	24,41	29,48
	14,31	22,78	28,81	32,23	35,32	42,66	-	-
	4,12	7,40	10,15	12,51	14,53	18,32	23,08	26,21
	6,19	11,03	14,67	17,69	20,32	25,09	-	-
	8,26	15,61	21,87	27,53	32,43	40,47	49,87	60,94
	15,26	24,81	30,73	-	-	-	-	-
	9,42	17,22	23,72	29,18	33,86	-	-	-
	26,95	39,98	49,88	44,47	-	-	-	-
	20,00	31,77	37,89	42,92	46,15	-	-	-
	6,16	11,55	15,96	17,30	22,89	28,37	35,91	46,95
Эриган модда	Температура, °С							
	125	140	160	180	200	220	240	260
HCl <sub>2</sub>	45,80	57,89	68,94	75,8	-	-	-	-
СН <sub>4</sub>	40,23	48,05	54,89	60,41	64,91	68,73	72,46	75,76
gCl <sub>2</sub>	36,02	38,61	-	-	-	-	-	-
HOH	37,68	48,32	60,13	69,97	77,53	84,03	88,89	93,02

## ТУРЛИ ХИЛДАГИ ТАРЕЛКАЛАРНИНГ ЎРТАЧА Ф.И.К.

Қурилма	Тарелкалар хили	$\eta$
Брага ҳайдаш		
брига колоннаси	..кки марта қайнатадиган	0,6
"  "	Бир марта қайнатадиган	0,5
спирт колоннаси	Икки марта қайнатадиган	0,5
лютер колоннаси	Икки марта қайнатадиган	0,6
Куб ректификацион	Кўп қалпоқчали	0,5
Брага ректификацион		
брига колоннаси	Икки марта қайнатадиган, Ғалвирсимон	0,5
эпюрацион	кўп қалпоқчали	0,7
ректификацион	кўп қалпоқчали	0,5

БАЪЗИ ОРГАНИК МОДЛАРНИНГ СОЛШТИРМА  
АДСОРБЦИЯ ИССИКЛИГИ

Модда	Формула	Адсорбция иссиқлиги	
		кЖ/кмоль	кЖ/кг
Бензин	-	50280	628,5
Бензол	$C_6H_6$	61590	789,8
Бутил хлорид	$CH_3(CH_2)_3Cl$	65360	706,4
Бутил хлорид - экиламчи	$CH_3CHClC_2H_5$	69340	652,4
Бутил хлорид - учламчи	$(CH_3)_2CCl$	56980	615,9
Дихлорметан	$CH_2Cl_2$	51960	511,3
Изопропил хлорид	$CH_3CHClCH_3$	54890	699,3
Метан	$CH_4$	18860	1230
Метил хлорид	$CH_3Cl$	38550	165,4
Пропил хлорид	$CH_3(CH_2)_2Cl$	61170	779,3
Огтин гурт углерод	$CS_2$	52380	689,3
Метил спирти	$CH_3OH$	54890	1715
Пропил спирти	$C_3H_7OH$	68720	1145
Этил спирти	$C_2H_5OH$	62850	1366
Гурт хлорли углерод	$CCl_4$	64110	115,2
Хлороформ	$CHCl_3$	60760	508,2
Этил бромид	$C_2H_5Br$	58240	534,6
Этил йодид	$C_2H_5I$	58660	37,3
Этил хлорид	$C_2H_5Cl$	50280	79,3
Этилформиат	$HCOOC_2H_5$	60760	8820,8
Этил эфир	$(C_2H_5)_2O$	64950	877,8

АЙРИМ ГАЗЛАРНИНГ ДИФФУЗИЯ  
КОЭФФИЦИЕНТЛАРИ, м<sup>2</sup>/с.

Газ	$P=10^5 \text{ Па, } t=0^\circ \text{C да}$ диффузия коэффициентлари $D_i$			$T=20^\circ \text{C}$ да суьдаги диффузия коэффициенти $D_i \cdot 10^6$
	ҳавога	$\text{CO}_2$ да	$\text{H}_2$ да	
Азот	0,132	0,146	0,674	1,64
Азот оксиди	0,145	-	-	1,71
Азот диоксиди	0,119	-	-	-
Аммиак	0,198	-	0,745	1,76
Ацетон	0,082	-	-	1,03
Бензол	0,077	0,053	0,295	-
Сув (буғ)	0,220	0,139	0,752	-
Водород	0,611	0,550	-	5,13
Диэтил эфир	0,078	0,055	0,296	-
Кислород	0,178	-	0,697	1,8
Метан	0,223	0,153	0,625	2,06
Метанол	0,132	0,088	0,506	1,28
Олтингуург	0,122	-	0,480	1,47
Оксиди	0,094	-	-	-
Толуол	0,071	-	-	-
Углерод диоксид	0,138	-	0,550	1,77
Углерод оксиди	0,202	0,137	0,051	1,19
Сирка кислотаси	0,106	0,072	0,416	0,88
Хлор	0,124	-	-	1,22
Хлорли водород	0,130	-	0,17	2,64
Этанол	0,102	0,068	0,375	1,00
Этилацетат	0,072	0,049	0,273	-
Этилен	0,152	-	0,18	1,59

20°C ТЕМПЕРАТУРАДА СУВДА ЭРИЙДИГАН АЙРИМ  
ГАЗЛАРНИНГ ДИФФУЗИЯ КООЭФИЦИЕНТЛАРИ

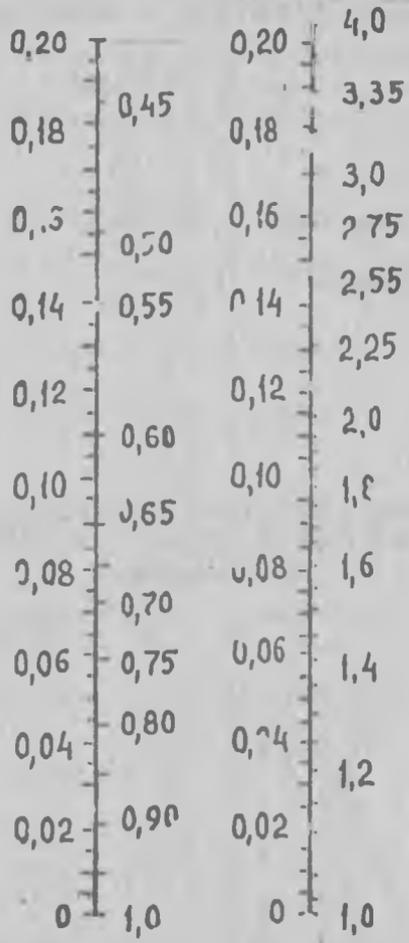
Газ	$D \cdot 10^9, \text{ м}^2/\text{с}$	$D \cdot 10^9, \text{ м}^2/\text{соат}$
Азот	1,9	6,9
Аммиак	1,8	6,6
Водород	5,3	19,1
Углерод диоксиди, азот оксиди	1,8	6,4
Кислород	2,1	7,5
Хлор, олтингургурт водород	1,6	5,8
Хлорин водород	2,3	8,3

АЙРИМ ГАЗЛАРНИНГ СУВЛИ ЭРИТМАЛАРИ УЧУН ГЕНРИ  
КОЭФИЦИЕНТИ  $E$  НИНИГ СОН ҚИЙМАТЛАРИ  
( $E, 10^6 \text{ мм.с.м.уст}$ )

Газ	0	10	20	40	80	100
Азот	40,52	50,8	61,1	79,2	95,9	95,4
Ацетилен	0,55	0,73	0,92	-	-	-
Бром	0,0162	0,02	0,045	0,091	0,307	-
Водород	44	48,3	51,9	57,1	57,4	56,6
Хлор	32,8	41,7	50,4	66,1	81,7	81,0
Кислород	19,5	24,9	30,4	40,7	52,2	53,3
Метан	17	22,6	28,5	39,5	51,8	53,3
Углерод оксиди	26,7	33,6	40,7	52,9	64,3	64,3
Олтингургурт водор.	0,203	0,278	0,367	0,566	1,03	1,0
Хлор	0,204	0,297	0,402	0,6	0,73	-
Метан	9,55	14,4	20	32,2	50,2	51,6
Ацетилен	4,19	5,84	7,74	-	-	-

-y, мПа·с

+y, мГ·с



И1-расм. Органик сууюқликларнинг динамик қовушоқлик коэффициентини аниқлаш учун номоградма

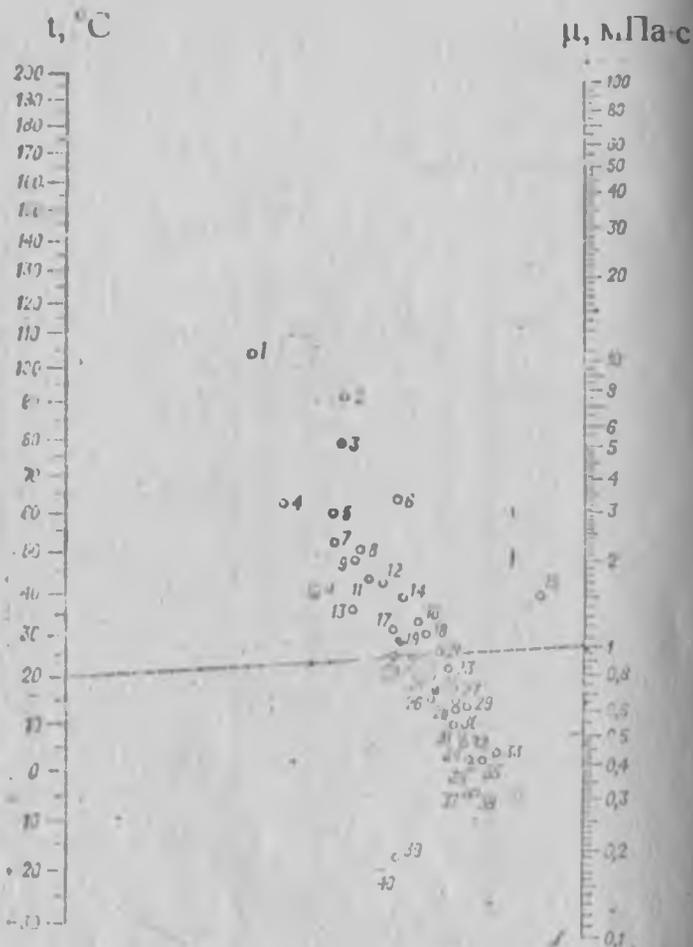
Диаметр d, мм

Сарф V,  
м<sup>3</sup>/соат

Тезлик u,  
м/с

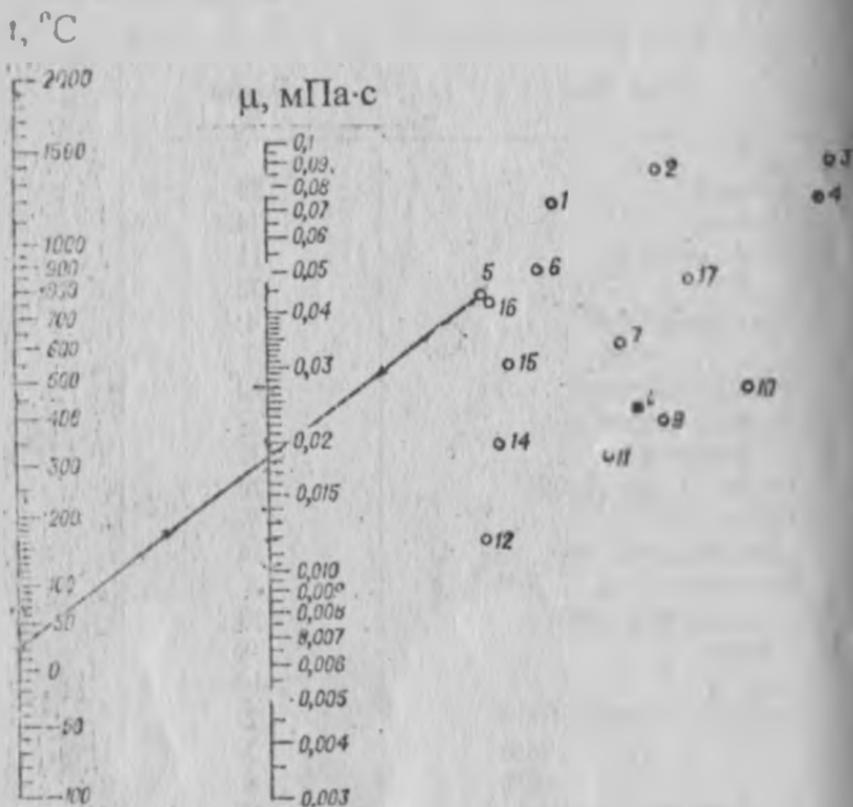


И2-расм. Думалоқ кундяланг кесимли труба қувварларида суюқлик ёки газнинг сарфини аниқлаш учун номограмм



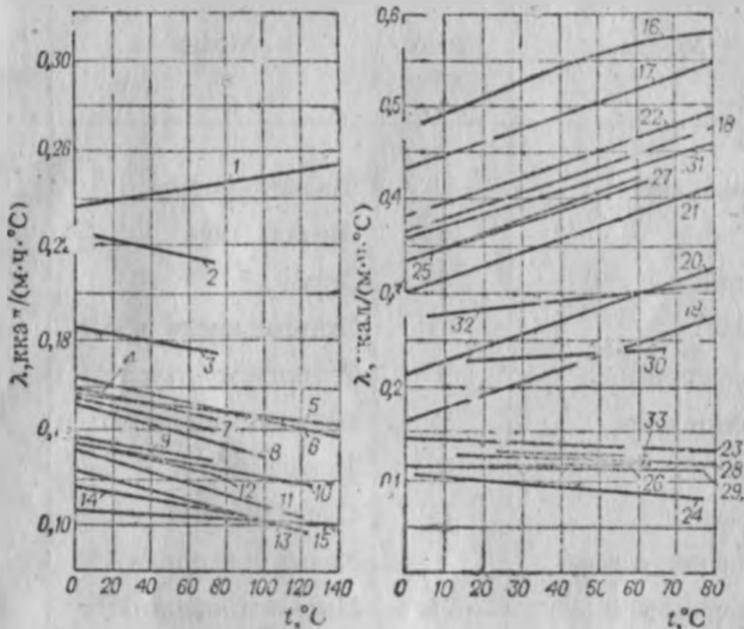
ИЗ-расм. Турли температураларда суюқликларнинг динамик қовушқлик коэффициентини аниқлаш учун номограмма

Сук ҳлик	Рақам
Аммиак	39
Ацетон	34
Бутил спирти	11
Сув	20
Глицерин 100%	1
60%	7
Углерод диоксид	40
Диэтил эфири	37
Метилацета	32
Метил спирти 100%	26
Нафталин	5
Нитробензол	14
Этиленглицероль	4
Этил спирти 100%	19
пентан	38
Сиркоб	15
Сульфат кислот.. 100%	2
98%	3
60%	6
Олтингугурт углерод	33
Толуол	27
Сирка кислота 100%	18
70%	12
Фенол	5
Хлорбензол	22
Турт хлорли углерод	21
Этиленхлорид	23
Этил спирти 49%	10



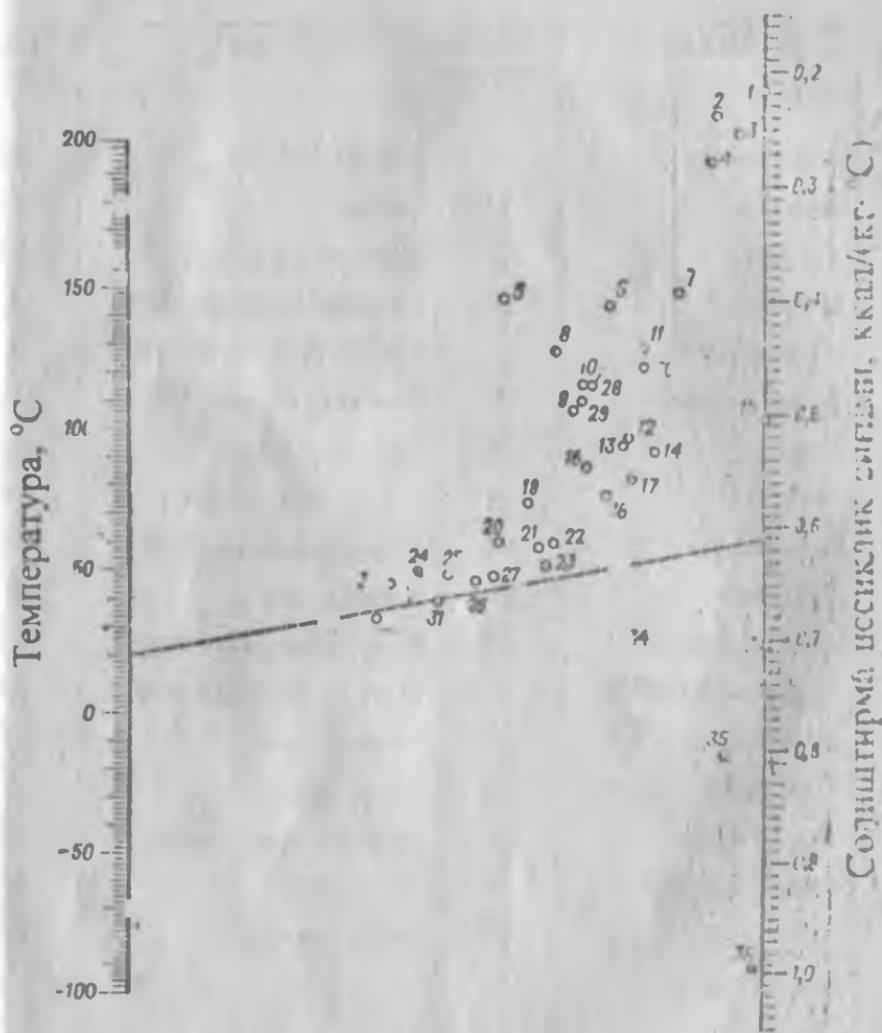
114-расм. Босим  $p = 1$  атм бўлганда газларнинг динамик қовушоқлик коэффицентини аниқлаш учун номограмма.

1 - $O_2$	7 - $SO_2$	13 - $C_6H_6$
2 - $NO$	8 - $CH_4$	14 - $9H_2 + N_2$
3 - $CO_2$	9 - $H_2O$	15 - $3H_2 + N_2$
4 - $HCl$	10 - $NH_3$	16 - $CO$
5 - $\text{Хаво}$	11 - $C_2H_6$	17 - $Cl_2$
6 - $N_2$	12 - $H_2$	



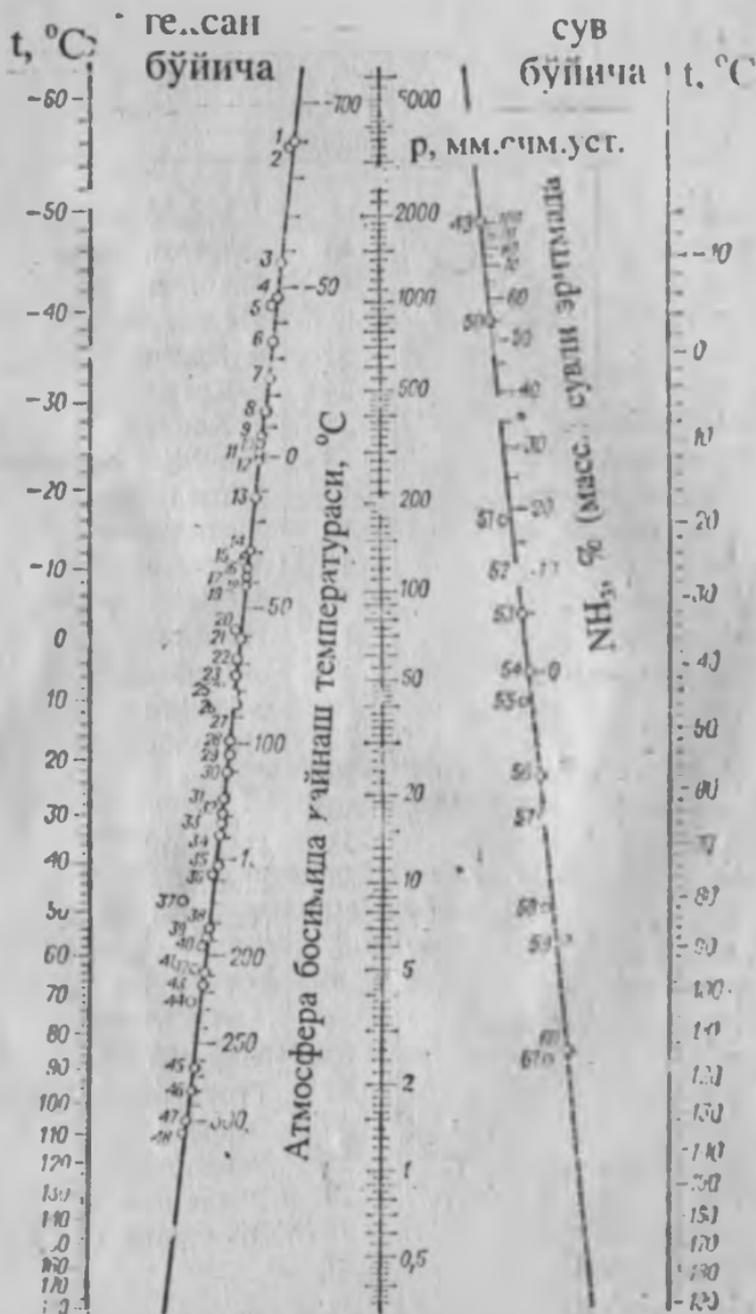
И5-расм. Айрим суюқликларнинг иссиқлик утқарувчанлик коэффициентлари

Модда	Чизиқ рақами	Модда	Чизиқ рақами
Аммиак 26%	31	Чумоли кислота	2
Анилин	6	Нитробензол	10
Ацетон	8	Экста	3
Бензол	11	Сульфат кислота 98%	30
Бутил спирти	9	Стигугур углевод	2
Вазелин маши	15	Водород хлорид 30%	27
Сув	16	Толуол	13
Гексан	26	Сурка кислота	1
Глицерин, сувсиз	1	Кальций хлориди 25%	17
Глицерин 50%	25	Натрий хлориди 25%	18
Диэтил эфир	29	Турт хлорли углевод	24
Изопропил спирти	12	Этил спирти 100%	4
Кастор маши	5	80%	19
Керосин	28	6%	20
Кензол	14	40%	21
Метил спирти 100%	3	20%	22
40%	32		



И6-расм. Су оқликларининг ысыктык сыйымдыгын анықлаш үчүн номограмма

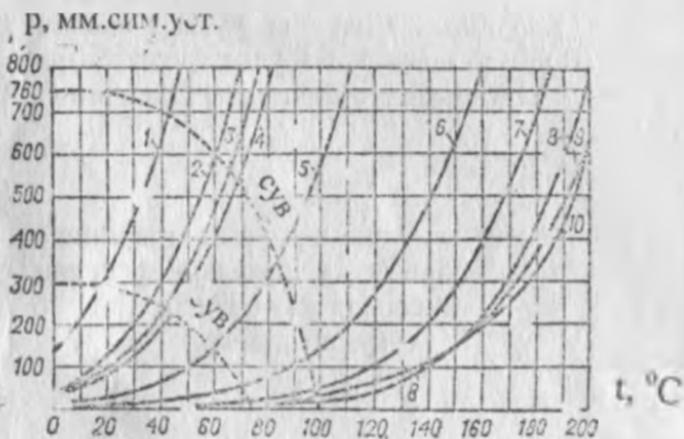
Модда	Нуқта рақами	Модда	Нуқта рақами
Амилацетат	12	Метил спирти	23
Анилин	14	Октан	15
Ацетон	18	Пропил спирти	25
Бензол	29	Сульфат кислота 100%	7
Этил бромид	1	Олтингугурт углерод	4
Бутил спирти	24	Водород хлорид 30%	26
Сув	36	Толуол /-60 + 4°C/	28
Гептан	18	/40 + 100°C/	30
Глицерин	21	Сирка кислота 100%	16
Диэтил	8	Хлорбензол	6
Диэтил эфири	17	Кальций хлорид 25%	34
Изобутил спирти	32	Натрий хлориди 25%	35
Изопентан	20	Хлорли этил	11
Изопропил спирти	32	Хлороформ	3
Йодли этил	6	Тўрт хлорли углерод	2
о-ва м-Ксилол	9	Этилацетат	13
п-Ксилол	10	Этиленгликоль	22
Этил спирти	31		



см. Баъзи бир суяқликларнинг қайнаш температураси ва тўйинган буғи босимиши аниқлаш учун номограмма.

Модда	Нуқта рақам	Модда	Нуқта рақам
Аллен	6	1,2-Дихлорэтан	26
Аммиак	49	Диэтил эфири	15
Анилин	40	Изопропен	14
Ацетилен	2	Йодбензол	39
Ацетон	51	m-Крезол	44
Бензол	24	o-Крезол	41
Бромбензол	35	Х Кислота	34
Этилбромид	18	3-Моно-кислотаси	57
α-Бромнафталин	46	Метил мин	50
1,3-Бутадиен	10	Метилмоноспирити	3
Бутадиен	11	Метил спирти	52
α-Бутилен	9	Метилформиат	16
β-Бутилен	12	Нафталин	43
Бензилгликоль	58	α-Нафтол	47
Сув	54	β-Нафтол	48
Гексан	22	Нитробензол	37
Гептан	28	Скандий	31
Глицерин	60		32
Декалин	38	Пентан	17
Декан	36	Пропан	5
Диоксан	29	Хлорли винил	8
Дифенил	45	метил	7
Пропилен	4	метилден	19
Пропион кислотаси	56	этил	13
Симоб	61	Хлороформ	21
Тетралин	42	Турт хлорли углерод	23
Толуол	30	Этан	1
Сирка кислота	55	Этилацетат	25
Фторбензол	27	Этиленгликоль	59
Хлорбензол	33	Этил спирти	53
Этилформиат	20		

СИ бирликлар системасида: 1 м.м.сим.уст. = 133,3 Па



И8-ра. м. Су билан аралашмайдиган, с ганик суюқлик-нинг туйинган буғи бoғимининг температурага бoғлиқлиги.

- 1-олтиг угучт углероди 2-гекс...  
3-түрт хлорли углерод; 4-бензол;  
5-толуол; с скишидар; 7-анилин;  
8-крезол; 9-нитробензол,  
10-нитротолуол.

СЛ бирлигига утказиш: 1 мм.с.и.м.у.ст. = 133,3 Па

Қўсунбеков Нодирбек Рустамбекович  
Нурмух меҳов Ҳабибулло Саъдуллаевич  
Исматуллаев Патхилла Раҳматович

Кимё ва озиқ-овқат саноатларнинг  
жараҳатлари ва қурилмалари фанидан  
ҳисоблар ва мисоллар  
(ўқув қўлланма)

Бадийи-муҳаррир  
Мусаҳҳих  
Расмлар муҳаррирлари

Т.А.Отак'зиёв  
А.Х.Ўқубов  
С.К.Нигмаджонов  
А.Ш.Абдуллаев

Босишга руҳсат этилди 15.12.1999. Бичими 60x84 1/16.  
Типогр. қоғози №2. Юқори босма усулда босилди.  
Шартли б.т. 22,0. Тиражи 1000 нусха. Буюртма 28.  
Баҳоси – келишилган нарх.

МЧЖ "Нисим". Тошкент, Марказ 5, Ш.Рашидов шох  
кўчаси, кафе "Ширин" биноси, 1 қават. Шартнома 4+.