



**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ**  
**ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

**ГУЛИСТОН ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ**

**ТАБИЙ ФАНЛАР ФАКУЛЬТЕТИ**

**ОЗИҚ-ОВҚАТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ КАФЕДРАСИ**

**«ОЗИҚ-ОВҚАТ ИНЖЕНЕРИНГИ ЖАРАЁНЛАРИ ВА  
ҚУРИЛМАЛАРИ» ФАНИДАН**

**ЎҚУВ - УСЛУБИЙ МАЖМУА**

**Билим соҳаси: 300000 – Ишлаб чиқариш техник соҳа**  
**Таълим соҳаси: 320000 – Ишлаб чиқаришлар технологияси**  
**Таълим йўналиши: 5321000 –Озиқ-овқат технологияси (маҳсулот турлари бўйича)**

**Гулистон-2018**

“Озиқ-овқат инженеринги жараёнлари ва қурилмалари” фанидан ўқув-услубий мажмуа 5321000 – Озиқ-овқат технологияси (маҳсулот турлари бўйича) бакалаврият таълим йўналишлари талабалари учун мўлжалланган.

Муаллифлар: т.ф.д.проф. Нурмухамедов Х.С.

кат.ўқит. Пиримов Т.Ж.

ўқит. Нурмухамедов А.А.

ўқит. Маматқулова М.Б.

Ўқув-услубий мажмуа Табиий фанлар факультети Илмий-методик кенгаши томонидан ( \_\_\_\_\_ - баённома 2018 йил) кўриб чиқилган ва университет илмий-методик кенгашида кўриб чиқиш учун тавсия этилган.

Ушбу ўқув-услубий мажмуа Университетнинг Илмий-методик кенгашида кўриб чиқилган ва ўқув жараёнида фойдаланиш учун тавсия этилган.

(\_\_\_\_\_-йиғилиш баёни, \_\_\_\_\_ 2018 йил)

## Фан бўйича ўқув-услубий комплексдаги материаллар

### РЎЙХАТИ

1	Силлабус	5
2	Маъруза матни	13
3	Амалий машғулотлар	36
4	Лаборатория машғулоти	49
5	Вазиятли масалалар	140
6	Тест саволлари	212
7	Оралик назорат саволлари	226
8	Якуний назорат саволлари	262
9	Умумий саволлар	265
10	Тарқатма материаллар	270
11	Глоссарий	272

**«ОЗИҚ-ОВҚАТ ИНЖЕНЕРИНГИ ЖАРАЁНЛАРИ  
ВА ҚУРИЛМАЛАРИ»**

**ўқув фанидан**

**СИЛЛАБУС**

**Гулистон-2018**

**«ОЗИҚ-ОВҚАТ ИНЖЕНЕРИНГИ ЖАРАЁНЛАРИ ВА ҚУРИЛМАЛАРИ»**

**фанининг  
СИЛЛАБУСИ**

Фаннинг қисқача тавсифи					
<b>ОТМнинг номи ва жойлашган манзили:</b>	Гулистон давлат университети		Гулистон ш. 4-мавзе		
<b>Кафедра:</b>	Озиқ-овқат технологиялари		Табиий фанлар факультети		
<b>Таълим соҳаси ва йўналиши:</b>	5321000- Озиқ-овқат технологияси	5320300 -“Технологик машиналар ва жиҳозлар”			
<b>Фанни (курсни) олиб борадиган ўқитувчи тўғрисида маълумот:</b>	катта ўқитувчи Пиримов Туйчи Жумаевич	<b>e-mail:</b>	tuechi78@mail.uz.		
<b>Дарс вақти ва жойи:</b>	3-зал	<b>Курснинг давомийлиги:</b>	05.09.2018-20.06.2019		
<b>Индивидуал график асосида ишлаш вақти:</b>	душанба, чоршанба ва жума кунлари 14.00 дан 16.00 гача				
<b>Фанга ажратилган соатлар</b>	<b>Аудитория соатлари</b>			<b>Мустақил таълим: (5-6- семестр)</b>	188 (94+94)
	<b>Маъруза: 5-6- семестр</b>	72 (36+36)	<b>Амалиёт (5-6-семестр) Лаборатория (5-6-семестр)</b>		
<b>Фаннинг бошқа фанлар билан боғлиқлиги (пререквизитлари):</b>	“Иссиқлик техникаси”, “Умумий кимёвий технология”, “Ускуналар ва лойиҳалаш асослари”, “Ноорганик моддалар кимёвий технологияси”, физика, чизма геометрия ва муҳандислик графикаси, назарий механика, машина деталлари, гидравлика ва гидропневмоюритмалар, машина ва механизмлар назарияси, машинасозлик технологияси ,автоматлаштириш				
Фаннинг мазмуни					
<b>Фаннинг долзарблиги ва қисқача мазмуни:</b>	<p align="center"><b>Фанни ўқитишдан мақсад</b> – талабаларга асосий жараён ва қурилмаларнинг назарияси, ушбу жараёнларнинг амалга оширувчи машина ва қурилмаларнинг тузилиши ва ишлаш принциплари ҳамда уларни ҳисоблаш услубларини ургатишдир. Кимёвий ва қурилиш материаллари ишлаб чиқаришдаги механик жараёнлар, гидродинамика, ухшашлик назарияси, гидравлика асослари, гидромеханик жараёнлар, суюқлик ва газларни узатиш, филтрлаш, газларни тозалаш, аралаштириш, иссиқлик ва модда алмашилиш жараёнлари, қуритиш, совитиш жараёнлари, ушбу жараёнларни амалга оширувчи машина ва қурилмалар структураси, ишлаш асослари ҳамда уларни ҳисоблаш, лойиҳалаш ва моделлаштириш асослари ва муайян шароитларга мос ҳолда танлаш усуллари бўйича йўналиш профилига мос билим, кўникма ва малакани шакллантиришдир</p> <p align="center"><b>Фаннинг вазифаси</b> – Талабаларга кимёвий ва қурилиш материаллари ишлаб чиқариш асосий жараён ва қурилмаларнинг ишлаш назарияси, турлари ва тузилишини ҳамда маълум ишлаб чиқариш шароитлари учун муносибларини танлаб ҳисоблаш, улардан</p>				

	<p><b>самарали фойдаланиш усулларини ўргатишдан иборат.</b></p> <p>Ушбу дастурга мувофиқ "Асосий технологик жараён ва қурилмалар" фанини ўрганиш Олий ўқув юртларининг "Технологик машиналар ва жихозлар" йўналишида тахсил олаётган талабалар билими бўйича: гидравликанинг асосий қонунлари тўғрисида, реал моддаларнинг хусусиятлари ва жараёнларнинг асослари тўғрисида, иситиш, совитиш, компрессор машиналар ва модда алмашилиш тўғрисида тасаввурга эга бўлиши, ўқуви бўйича: газлар ва улар аралашмалари, иссиқлик ва модда алмашилишнинг асосий қонунларини; иситиш, буғлатиш ва модда алмашилиш қурилмаларини билиши, кўникмаси бўйича: гидравлик ва иситиш жараёнларини диаграммаларини билиши; гидравлик, иситиш ва модда алмашилиш қурилмаларини ҳисоблай ола билиши шарт. Бакалаврият талабалари юқорида келтирилган билим, ўқуви ва кўникмаларига эришиш учун назарий, амалий ва лаборатория машғулоти ўтиши кўзда тутилган. Асосий жараёнларнинг қонуниятларини ўрганиш ва қурилмаларни ҳисоблаш усуллари тузишда физика, кимё, физик-кимё, термодинамика, каби фанларнинг фундаментал қонунлари асос қилиб олинади. Физик кимё, коллоид кимё, иссиқлик техникаси асослари, кимёвий технологиянинг назарий асослари каби фанларидан олинган билимлар зарурдир. Кимё ишлаб чиқариш саноатида бакалавр академик даражага эга бўлган талабалар механик, технологик қурилма оператори, смена бошлиғи, муҳандис-конструктор, цех бошлиғи ўринбосари, цех бошлиғи ва бошқа лавозимларни эгаллайди. Шу билан бирга ишлаб чиқаришни бошқариш ва ташкил этиш, реконструкция ва лойиҳалаш каби ишлар билан боғлиқ бўлган конструкторлик ҳужжатларни қайта ишлаш билан шуғулланади. Бу функцияларни бажариш учун техника ва технологияда, технологик жараён ва қурилмаларнинг ҳисоб усулида чуқур билимга эга бўлиши керак. Юқорида айтиб ўтилган муҳим вазифаларни муваффақиятли ҳал этиш учун «Асосий технологик жараён ва қурилмалар» фани катта аҳамиятга эга.</p>
<p><b>Талабалар учун талаблар</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ўқитувчига ва гуруҳдошларга нисбатан ҳурмат билан муносабатда бўлиш;</li> <li>- университет ички тартиб - интизом қоидаларига риоя қилиш;</li> <li>- уяли телефонни дарс давомида ўчириш;</li> <li>- берилган уй вазифаси ва мустақил иш топшириқларини ўз вақтида ва сифатли бажариш;</li> <li>- кўчирмачилик (плагиат) қатъиян ман этилади;</li> <li>- дарсларга қатнашиш мажбурий ҳисобланади, дарс қолдирилган ҳолатда қолдирилган дарслар қайта ўзлаштирилиши шарт;</li> <li>- дарсларга олдиндан тайёрланиб келиш ва фаол иштирок этиш;</li> <li>- талаба ўқитувчидан сўнг, дарс хонасига - машғулотга киритилмайди;</li> <li>- талаба рейтинг баллидан норози бўлса эълон қилинган вақтдан бошлаб 1 кун мобайнида апелляция комиссиясига мурожат қилиши мумкин</li> </ul>
<p><b>Электрон почта орқали муносабатлар тартиби</b></p>	<p>Профессор-ўқитувчи ва талаба ўртасидаги алоқа электрон почта орқали ҳам амалга оширилиши мумкин, <b>телефон орқали баҳо масаласи муҳокама қилинмайди, баҳолаш фақатгина институт ҳудудида, ажратилган хоналарда</b> ва дарс давомида амалга оширилади. Электрон почтани очиш вақти соат 15.00 дан 20.00 гача</p>
<p align="center"><b>Фан мавзулари ва унга ажратилган саотлар тақсимоти:</b></p>	

	<b>Фаннинг бўлими ва мавзуси, маъруза мазмуни.</b>	<b>Соат</b>	<b>Педагогик технология усуллари</b>
<b>V-семестр</b>			
<b>I</b>	<b>Фан мазмуни ва ўхшашлик назарияси</b>		
1	1.Фаннинг мақсади ва масалалари 1.1 Фаннинг мазмуни, келиб чиқиши ва ривожланиши 1.2 Асосий жараёнларнинг турлари 1.3 Махсулот ишлаб чиқариш технологик жараёни ва қурилмаларини боғлиқлиги 1.4 Аппаратлар тайёрлаш учун материаллар танлаш ва иқтисодий асослаш	2	Ақлий ҳужум
2	2.Ўхшашлик назарияси. 2.1. Ўхшашлик назарияси ахамияти 2.2. Ўхшашлик теоремаси ва мезонлари 2.3. Моделлаштириш	2	Муаммоли вазият
<b>II</b>	<b>Механик ва гидромеханик жараёнлар</b>		
3	3.Техникавий гидравлика асослари. 3.1.Суюқликларнинг асосий физик хоссалари. 3.2.Гидростатика. 3.3.Гиидродинамика	2	Муаммоли вазият
4	4.Материалларни майдалаш. 4.1.Умумий тушунчалар Майдалашнинг асосий қонунлари 4.2.Майдалаш машиналарининг турлари, принцинал чизмалари, тузилиши ва ишлаш принципи 4.3. Майдалаш машиналарини ҳисоблаш	2	Кластер усули
5	5.Материалларни саралаш 5.1.Саралаш жараёни 5.2.Саралаш қурилмалари турлари ва тузилиши 5.3.Саралаш қурилмаларини ҳисоблаш	2	Муаммоли вазият
6	6. Суюқлик ва газларни узатиш. 6.1. Умумий тушунчалар. 6.2. Насоснинг умумий босими. 6.3. Сўриш баландлиги.	2	
7	7. Марказдан қочма типдаги насослар. 7.1. Марказдан қочма насосларнинг тузилиши ва ишлаш принципи. 7.2. Насосларнинг иш ва умумий тавсифи. 7.3. Насосларнинг иш нуқталарини аниқлаш.	2	Муаммоли вазият
8	8. Марказдан қочма типдаги машиналар. 8.1. Вентиляторлар. 8.2 Вакуум насослар. 8.3. Насос ва компрессорларнинг ишлатилиш соҳалари ва уларни танлаш.	2	Кластер усули
9	9. Поршенли ва махсус насослар. 9.1.Поршенли насосларнинг тузилиши ва ишлаш принципи. 9.2. Махсус насосларнинг турлари а ишлаш	2	Ақлий ҳужум



	принципи.		
10	10. Газларни сиқиш ва узатиш. 10.1. Умумий тушунчалар. 10.2. Газ сиқишнинг термодинамик асослари. 10.3. Поршенли ва роторли компрессорлар.	2	Ақлий ҳужум
11	11. Суюқлик муҳитларида аралаштириш 11.1. Умумий тушунчалар. 11.2. Механик усулда аралаштириш 11.3. Циркуляцион аралаштириш 11.4. Пневматик ва турбулизатор ёрдамида аралаштириш 11.5. Механик аралаштиришдаги қувват сарфи	2	Ақлий ҳужум
12	12. Турли жинсли системаларни ажратиш. 12.1. Турли жинсли системаларнинг ҳосил бўлиши ва уларнинг синфланиши. 12.2. Ажратиш усуллари. 12.3. Чўктириш. Чўктириш ускуналари.	2	Ақлий ҳужум
13	13. Центрифугалаш. 13.1. Умумий тушунчалар. 13.2. Центрифугалаш ускуналари. 13.3. Ультрофилтрлаш.	2	Ақлий ҳужум
14	14. Газларни чангдан тозалаш. 14.1. Умумий тушунчалар. 14.2. Циклонлар. 14.3. Газ ювувчи ва филтрлаш жихозлари 14.4. Газ тозалайдиган қурилмаларни танлаш.	2	Ақлий ҳужум
<b>III</b>	<b>Иссиқлик алмашиниш жараёнлари ва қурилмалари</b>		
15	15. Иссиқлик алмашиниш жараёни ва қурилмалари. 15.1. Умумий тушунчалар. Иссиқлик алмашиниш қурилмаларини технологик ҳисоблашнинг умумий схемаси. 15.2. Иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг асосий параметрлари ва конструкциялари. 15.3. Қобик турбали иссиқлик алмаштиргичлар. 15.4. Пластинкали ва спиралсимон иссиқлик алмаштиргичлар.	2	Ақлий ҳужум
16	16. Иссиқлик алмашиниш қурилмалари. 16.1. Қўш турбали, намловчи ва илонсимон иссиқлик алмаштиргичлар. 16.2. Филофли ва горелкали иссиқлик алмаштиргичлар. 16.3. Блокли ва шнекли иссиқлик алмаштиргичлар.	2	Ақлий ҳужум
17	17. Иссиқлик алмаштиргичлар. 17.1. Хаво ёрдамида совутиладиган жихозлар. 17.2. Юзали ва аралаштирувчи конденсаторлар. 17.3. Генератив иссиқлик алмаштиргичлар.	2	Муаммоли вазият
18	18. Иссиқлик алмашиниш жихозлари. 18.1. Мавҳум қатламли иссиқлик алмаштиргичлар 18.2. Қобик трубали жихорзларда иссиқлик		Муаммоли вазият

	алмашинишни тезлаштириш. 18.3. Истиқболли иссиқлик алмаштиригичлар 18.4. Иссиқлик алмашиниш жихозларини хисоблаш ва танлаш.	2	
	<b>Жами: 5-семестрда</b>	<b>36</b>	

#### VI - семестрда

т/р	Фаннинг бўлими ва мавзуси, маъруза мазмуни.	Соат	Педагогик технология усуллари
19	1. Буғлатиш жараёнлари. 1.1. Умумий тушунчалар. 1.2. Якка қурулмали буғлатиш аппаратлари. 1.3. Кўп қурилмали буғлатиш аппаратлари	2	Ақлий хужум
20	2. Буғлатиш усқуналари. 2.1. Буғлатиш қурилмаларининг тузилиши. 2.2 Буғлатиш жихозларини хисоблаш. 2.3. Буғлатиш қурилмаларни танлаш.	2	Муаммоли вазият
21	3. Иситиш, совитиш ва конденсациялаш. 3.1. Умумий тушунчалар. 3.2. Иситиш. 3.3. Совитиш. 3.4. Конденсациялаш.	2	Муаммоли вазият
22	4. Модда ўтказиш асослари. 4.1. Умумий тушунчалар. 4.2. Фазалар таркибининг ифодаланиши. 4.3. Мувозанат қоидалари	2	Муаммоли вазият
<b>IV</b>	<b>Модда алмашиниш жараёнлари ва усқуналари</b>		
23	5. Модда ўтказиш асослари. 5.1. Модда тарқалишининг асосий турлари. 5.2. Модда ўтказиш жараёнлари.	2	Кластер усули
24	6. Модда алмашиниш жараёнлари 6.1 Қаттиқ фазали системаларда модда ўтказиш жараёнлари 6.2 Модда ўтказишни жадаллаштириш 6.3 Модда алмаш ниш жихозларини асосий ўлчамларини аниқлаш	2	Ақлий хужум
25	7. Абсорбция 7.1 Умумий тушунчалар. 7.2. Фазалар ўртасидаги мувозанат.	2	Ақлий хужум
26	8. Абсорбция жараёни. 8.1. Суяқ ютувчининг сарфи. 8.2. Абсорбция жараёнининг тезлиги. 8.3. Абсорбция қурилмаларнинг схемаси. 8.4. Абсорберларнинг тузилиши	2	Ақлий хужум
27	9. Абсорбция ва десорбция. 9.1. Истиқболли модда алмашиниш жихозлари 9.2. Абсорберларни хисоблаш. 9.3. Десорбция.	2	Ақлий хужум
<b>V</b>	<b>Хайлаш. Ректификациялаш.</b>		

28	10. Суюқликларни хайдаш. 10.1. Уму мий тушунчалар 10.2. Суюқлик- буғ системасининг хоссалари. 10.3. Оддий хайдаш.	2	Ақлий хужум
29	11. Ректификациялаш асослари. 11.1. Аралашмаларни ректификация қилиш. Ректификация принципи. 11.2. Даврий ва узлуксиз ректификация колоннаси. 11.3. Ректификация колоннанинг моддий баланси.	2	Ақлий хужум
30	12. Ректификациялаш асослари. 12.1. Ректификация колонна иш чизикларини тузиш 12.2. Ректификация колоннанинг иссиқлик баланси. 12.3. Ректификация колонналарнинг тузилиши. 12.4. Тарелкали ректификация колоннани ҳисоблаш.	2	Муаммоли вазият
31	13. Суюқликларни экстракциялаш. 13.1. Умумий тушунчалар. Экстрагентларни танлаш. 13.2. Суюқлик-суюқлик системаларининг мувозанати. 13.3. Экстракциялашнинг асосий усуллари.	2	Муаммоли вазият
32	14. Экстракциялаш 14.1. Экстракциялаш тезлиги. 14.2. Экстракторларнинг тузилиши. 14.3. Экстракциялаш аппаратларини ҳисоблаш. .	2	Ақлий хужум
33	15. Адсорбция. 15.1. Умумий тушунчалар. Адсорбентларни танлаш. 15.2. Адсорбентларни тузулиши. 15.3. Адсорбентларни ҳисоблаш. 15.4. Десорбция	2	Ақлий хужум
34	16. Қуритиш 16.1. Умумий тушунчалар. 16.2. Нам хавонинг умумий хоссалари. 16.3. Жараён мувозанати. 16.4. Қуритиш жараёни вариантлари	2	Ақлий хужум
35	17. Қуритиш қурилмалари. 17.1. Қуритиш аппаратларини тузилиши ва ишлаши. 17.2. Қуритиш аппаратларининг махсус турлари 17.3. Қуритиш қурилмаларини ҳисоблаш.	2	Ақлий хужум
36	18. Кристалланиш 18.1. Кристалланиш умумий тушунчалари. 18.2. Кристалланиш жараёнининг назарияси 18.3. Кристаллизаторларни тузилиши ва ишлаши 18.4. Кристаллизаторларни ҳисоблаш	2	Муаммоли вазият
<b>Жами 6 – семестрда</b>		<b>36</b>	
<b>Умумий</b>		<b>72</b>	

## 8. Амалӣй машғулот турига ажратилган соатларнинг тақсимоти

№	<b>АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ</b>	Соат	Педагогик технология усуллари
<b>V- С Е М Е С Т Р</b>			
1	Жараён ва қурилмаларни ҳисоблаш тартиблари	2	Ақлий ҳужум
2	Физик катталиқларнинг ўлчов бирликлари	2	Муаммоли вазият
3	Каттик материалларни майдалаш	2	Ақлий ҳужум
4	Сочилувчан материалларни саралаш	2	Муаммоли вазият
5	Гидростатика асослари	2	Муаммол вазият
6	Гидродинамика асослари	2	Ақлий ҳужум
7	Суюқликларни насослар ёрдамида узатишни ҳисоблаш	2	Муаммоли вазият
8	Газларни сиқиш ва узатишни ҳисоблаш	2	Ақлий ҳужум
9	Суюқликларни аралаштириш жараёнлари ва қурилмаларини ҳисоблаш	2	Ақлий ҳужум
10	Турли жинсли суюқлик системаларни ажратиш жараёни ва қурилмаларини ҳисоблаш (чүктуриш (тиндириш) жараёни, тиндиргичлар, гидроциклонлар)	2	Ақлий ҳужум
11	Суюқликлардан майда заррачаларни марказдан қочма куч таъсирида ажратувчи центрифуга ва сепараторларни ҳисоблаш	2	Муаммоли вазият
12	Оғирлик кучи таъсирида чүктуриб тозалаш жараёнини ҳисоблаш	2	Ақлий ҳужум
13	Суспензияларни филтрлаш жараёнини ҳисоблаш	2	Муаммоли вазият
14	Чангли газларни филтрлаш жараёнини ҳисоблаш	2	Ақлий ҳужум
15	Турли жинсли газ системаларини ажратиш жараёни ва қурилмаларини ҳисоблаш	2	Муаммоли вазият
16	Мавҳум қайнаш жараёнлари ва қурилмаларини ҳисоблаш	2	Муаммоли вазият
17	Иссиқлик алмашиниш жараёнларини ҳисоблаш	4	Ақлий ҳужум
<b>Ж А М И:</b>		<b>36</b>	
<b>VI- С Е М Е С Т Р</b>			
18	Иссиқлик узатиш, бериш ва ўтказиш жараёни ҳисоби	2	Ақлий ҳужум
19	Трубали иссиқлик алмаштиргичнинг технологик (моддий, иссиқлик) ҳисоби	2	Муаммоли вазият
20	Қобик – трубали иссиқ алмашиниш қурилмасини технологик ҳисоби	2	Ақлий ҳужум
21	Мавҳум қайнаш қатламининг гидродинамик ҳисоби	2	Муаммоли вазият
22	Буғлатиш жараёнларини ҳисоблаш	2	Муаммоли вазият
23	Уч танали буғлатиш қурилмасини технологик	2	Ақлий ҳужум

	хисоби		
24	Совитиш жараёни ва қурилмаси хисоби	2	Ақлий хужум
25	Абсорбция жараёни хисоби	2	Муаммоли вазият
26	Абсорберлар хисоби	2	Ақлий хужум
27	Ректификациялаш жараёни хисоби	2	Муаммоли вазият
28	Тарелкали ректификацион колоннани технологик хисоби	2	Муаммоли вазият
29	Экстракциялаш жараёни хисоби	2	Ақлий хужум
30	Узлуксиз ишлайдиган экс ракторларни гидродинамик хисоблаш тартиби	2	Ақлий хужум
31	Ротор – диски экстракторни технологик хисоби	2	Муаммоли вазият
32	Адсорбция жараёни хисоби	2	Ақлий хужум
33	Адсорберларни технологик хисоби	2	Муаммоли вазият
34	Қуритиш жараёни хисоби	2	Муаммоли вазият
35	Мавҳум қайнаш қатламли қуриткични технологик хисоби	2	Ақлий хужум
36	Барабанли қуриткични технологик хисоби	2	Ақлий хужум
<b>Ж А М И:</b>		<b>36</b>	
<b>УМУМИЙ:</b>		<b>72</b>	

9.Лаборатория машғулот турига ажратилган соатларнинг тақсимоги

№	<i><b>ЛАБОРАТОРИЯ МАШҒУЛОТИ</b></i>	Соат	Педагогик технология усуллари
<b>V - СЕМЕСТР</b>			
1	Суюқликларнинг оқим режимини аниқлаш а) суюқликнинг сарфини аниқлаш б) суюқликнинг ламинар режимини аниқлаш в) суюқликнинг турбулент режимини аниқлаш	2 2	
2.	Суюқликни оқиб тушиш вақтини аниқлаш а) суюқликнинг сарфини аниқлаш б) тирқишнинг ва идишнинг кўндаланг кесим юзасини аниқлаш в) су қликни оқиб тушиш вақтини аниқлаш	2	
3.	Тўкилувчан материаларни майдалаш жараёнини ўрганиш а) майдалагич иш жараёни билан танишиш б)донадор материаларни фракцияларга ажратиш жараёнини аниқлаш	2 2	
4.	Титровчи тегирмон характеристикасини аниқлаш а) тузилиши ва иш жараёнини таҳлил қилиш б) титровчи тегирмоннинг асосий технологик параметрларни аниқлаш	2	
5.	Саралаш машинаси характеристикасини аниқлаш а) тузилиши ва иш жараёнини ўрганиш б)грохот (ғалвир) нинг асосий технологик параметрларини ўрганиш	2	
6	Марказдан қочма насос характеристикасини	2	

	аниқлаш а) насоснинг ишлаш принципи билан танишиш б) насоснинг унумдорлиги ва қувватини аниқлаш в) насоснинг тўлиқ напорини аниқлаш		
7	Роторли аралаштириш қурилмасининг тузилиши ва иш жараёнини ўрганиш а) аралаштириш жараёни билан танишиш б) аралаштиргич асосий технологик параметрларини аниқлаш	2 2	
8	Марказдан қочма вентилятор характеристикасини аниқлаш а) вентиляторнинг иш жараёнини таҳлил қилиш б) вентиляторнинг асосий технологик параметрларини аниқлаш	2	
9	Газларни чангдан тозаловчи циклон ишининг характеристикасини аниқлаш. а) циклон тузилиши ва иш жараёни б) газ оқимининг тезлигини ва гидравлик қаршилигини аниқлаш, тозалаш даражасини аниқлаш ва график куриш	2	
10	Барабанли иссиқлик алмаштиргичнинг характеристикасини аниқлаш а) қурилма тузилиши ва иш жараёнини таҳлил қилиш б) асосий технологик параметрларини аниқлаш в) унумдорлиги ва қувватини ЭХМ да моделлаш	2 2	
11	«Труба ичида труба» иссиқлик алмашиниш қурилмасида иссиқлик бериш коэффицентини аниқлаш. а) суюқликнинг ҳаракат режими ва Нуссельт критериясини аниқлаш б) иссиқлик бериш коэффицентини аниқлаш в) иситиш юзасини аниқлаш	2 2	
12	«Труба ичида труба» иссиқлик алмашиниш қурилмасида иссиқлик узатиш коэффицентини аниқлаш. а) суюқликнинг ҳаракат режими ва иссиқлик бериш коэффицентини аниқлаш б) иссиқлик узатиш ва алмашиниш юзасини аниқлаш в) иситиш юзасини аниқлаш	2 2	
<b>ЖАМИ:</b>		<b>36</b>	
<b>VI - С Е М Е С Т Р</b>			
13	Буғлатиш қурилмаси характеристикасини аниқлаш а) тузилиши ва иш жараёнини таҳлил қилиш б) асосий технологик параметрларни аниқлаш	2 2	

14	Совитиш қурилмасиниң характеристикасини аниқлаш а) тузилиши ва иш жараёнини тахлил қилиш б) асосий технологик параметрларни аниқлаш	2 2	
15	Абсорбцион аппарат (гидроциклон) конструкцияси ва иш жараёнини тахлил қилиш а) тузилиши ва иш жараёнини ўрганиш б) асосий геометрик параметрлари ва иш курсаткичларини тажриба йули билан аниқлаш	2 2	
16	Адсорбцион аппарат (Охак сўндириш барабани) характеристикасини аниқлаш а) тузилиши ва иш жараёнини ўрганиш б) асосий геометрик параметрлари ва иш курсаткичларини тажриба йули билан аниқлаш	2 2	
17	Винтли преснинг тузилиши ва иш жараёнини ўрганиш а) конструкцияси ва ишлашини тахлил қилиш б) асосий технологик параметрларини аниқлаш	2 2	
18	Экстракция қурилмаси ва жараёнини тадқиқ этиш а) тузилиши ва иш жараёнини ўрганиш б) асосий геометрик параметрлари ва иш курсаткичларини тажриба йули билан аниқлаш	2 2	
19	Зиг – заг типидаги қурилма тузилиши ва иш жараёнини урганиш) тузилиши ва иш жараёнини ўрганиш) асосий геометрик параметрлари ва иш курсаткичларини тажриба йули билан аниқлаш	2 2	
20	Кўп поғонали барботажли экстрактор характеристикасини аниқлаш) туз лиши ва иш жараёнини тахлил қилиш) асосий технологик параметрларини аниқлаш	2 2	
21	Қуритиш аппарати конструкцияси ва иш жараёнини урганиш) тузилиши ва иш жараёнини тахлил қилиш) асосий технологик параметрлари ва мустақамлигини аниқлаш	2 2	
<b>Ж А М И :</b>		<b>36</b>	
<b>УМУМИЙ:</b>		<b>72</b>	

**Маъруза машғулоти бўйича мустақил таълим мавзулари.**

т/р	Маърузадан мустақил таълим мавзулари.	Хисобот шакли	Бажариш муддати	Ҳажми (соатда)
<b>V – семестр учун</b>				
1	Технологик машиналар ва жихозларни ривожланиш йўллари ва замонавий тузилиш схемалари,	Схемалар ва ёзма тахлилий хисобот	1,2,3,4,5,6 хафталар	6

2	Майдалаш машиналарининг замонавий конструкциялари	Схемалар ва ёзма тахлилий ҳисобот	1,2,3,4,5,6 хафталар	6
3	Замонавий техно оғик жараёнлар ва жихозларнинг интернет маълумотлари	Схемалар ва ёзма тахлилий ҳисобот	1,2,3,4,5,6 хафталар	8
4	Марказдан қочма насосларнинг замонавий схемалари	Реферат	1,2,3,4,5,6 хафталар	8
5	Марказдан қочма типдаги машиналарни замонавий интернет талаблари	Реферат	1,2,3,4,5,6 хафталар	8
6	Динамик ва хажмий насосларнинг замонавий турлари	Реферат	1,2,3,4,5,6 хафталар	8
7	Газларни сиқиш ва поршенли компрессорлар ҳақида интернет маълумотлари	Реферат	1,2,3,4,5,6 хафталар	8
8	Суюқлик муҳитларида аралаштири ускуналарининг замонавий турлари	Ёзма ҳисобот	1,2,3,4,5,6 хафталар	8
9	Суюқлик – газ системалари	Реферат	1,2,3,4,5,6 хафталар	8
10	Центрифуга ускуналарининг замонавий турлари	Ёзма ҳисобот	7,8,9,10,11,12,13, 14 хафталар	8
11	Газларни чанг ан тозаловчи ускуналарини ҳисоблаш	Реферат	7,8,9,10,11,12,13, 14 хафталар	8
12	Иссиқлик алмашилиш ажарёнлари ва қурилмаларининг мамлакатимиз иқтисодиётидаги роли	Реферат	7,8,9,10,11,12,13, 14 хафталар	8
13	Илонсимон иссиқлик алмаштиригичларнинг замонавий конструкциялари.	Реферат	7,8,9,10,11,12,13, 14 хафталар	8
14	Хаво ёрдамида совутиладиган жихозларни замонавий схемалари	Ёзма уй иши	7,8,9,10,11,12,13, 14 хафталар	8
15	Иссиқлик алмаштиригичларни замонавий конструкциялари	Реферат	7,8,9,10,11,12,13, 14 хафталар	8
16	Замонавий иссиқлик алмашилиш қурилмаларини ҳисоблаш тахлили	Реферат	7,8,9,10,11,12,13, 14 хафталар	5
17	Буғлатиш ускуналарининг замонавий конструкциялари	Реферат	7,8,9,10,11,12,13, 14 хафталар	5
			<b>ЖАМИ:</b>	<b>126</b>
<b>VI – семестр учун</b>				
1	Буғ атиш қурилмаларини ҳисоблаш усуллари	Реферат	1,2,3,4,5,6 хафталар	8
2	Совитиш қурилмаларининг замонавий конструкциялари	Ёзма ҳисобот	1,2,3,4,5,6 хафталар	8
3	Фазалар таркибининг тахлили	Реферат	1,2,3,4,5,6 хафталар	8
4	Модда ўтказиш коэффициентининг физик маъноси	Реферат	1,2,3,4,5,6 хафталар	8
5	Модда алмашилиш жараёнлари ва ускуналари замонавий турлари	Реферат	1,2,3,4,5,6 хафталар	8



6	Абсорбция турлари	Ёзма ҳисобот	7,8,9,10,11,2,13, 14 хафта	8
7	Абсорбция қурилмаларнинг замонавий схемалари	Реферат	7,8,9,10,11,2,13, 14 хафта	8
8	Десорбция турлари	Реферат	7,8,9,10,11,2,13, 14 хафта	8
9	Суықликларни хайдашни замонавий усуллари	Реферат	7,8,9,10,11,2,13, 14 хафта	8
10	Узлуксиз ректификация коллонасининг замонавий конструкциялари	Реферат	7,8,9,10,11,2,13, 14 хафта	8
11	Ректификация колонналарнинг замонавий 8тузилиши	Ёзма ҳисобот	7,8,9,10,11,2,13, 14 хафта	8
12	Суықлик – газ системаси	Реферат	7,8,9,10,11,2,13, 14 хафта	8
13	Экстракторларнинг замонавий конструкциялари	Ёзма ҳисобот	7,8,9,10,11,2,13, 14 хафта	8
14	Адсорбентларни замонавий тузилишлари	Реферат	7,8,9,10,11,2,13, 14 хафта	8
15	Қуритиш аппаратларини замонавий тузилиши	Реферат	7,8,9,10,11,2,13, 14 хафта	8
16	Барабанли печнинг деталларини мустахкамликка ҳисоблаш	Реферат	7,8,9,10,11,2,13, 14 хафта	8
17	Қурилмаларнинг қисм ва деталларини механик ҳисоблашни интернет маълумотлари	Реферат	7,8,9,10,11,2,13, 14 хафта	6
<b>ЖАМИ:</b>				<b>126</b>
<b>УМУМИЙ СОАТ:</b>				<b>252</b>

### “АТЖК ” фанидан баҳолаш мезони

“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар ” фани бўйича рейтинг жадваллари, назорат тури, шакли, сони ҳамда ҳар бир назоратга ажратилган максимал балл, шунингдек жорий ва оралик назоратларининг саралаш баллари ҳақидаги маълумотлар фан бўйича биринчи машғулотда талабаларга эълон қилинади.

Фан бўйича талабаларнинг билим савияси ва ўзлаштириш даражасининг Давлат таълим стандартларига мувофиқлигини таъминлаш учун қуйидаги назорат турлари ўтказилади:

- **Жорий назорат (ЖН)** – талабанинг фан мавзулари бўйича билим ва амалий кўникма даражасини аниқлаш ва баҳолаш усули. Жорий назорат фаннинг хусусиятидан келиб чиққан ҳолда амалий машғулотларда оғзаки сўров, тест ўтказиш, суҳбат, назорат иши, коллеквиум, уй вазибаларини текшириш ва шу каби бошқа шаклларда ўтказилиши мумкин;

Жорий назорат учун умумий максимал **40 балл**.

Шундан: лаборатория машғулотига-18 **балл**, амалий машғулотига-18 **балл**

Лаборатория ва амалий машғулотига белгиланган лаборатория иши учун 4 балл ажратилган бўлиб, балл қуйидагича балл тақсимланади. ЖН-4 балл *Лаборатория назарий топширганда-1балл, иш бажарилади-2балл, ҳисобот тайёрланганда-1балл ва балл умумлаштирилади*. Семестрнинг сўнги дарс машғулотида лаборатория ҳисоботлари жамланади ва ўқитувчига топширилади.

**Оралик назорат (ОН)** – семестр давомида ўқув дастурининг тегишли (фанларнинг бир неча мавзуларини ўз ичига олган) бўлими тугаллангандан кейин талабанинг назарий билим ва амалий кўникма даражасини аниқлаш ва баҳолаш усули. Оралик назорат семестр давомида икки марта ўтказилади ва шакли ёзма, оғзаки, тест ва ҳоказо бўлиши мумкин.

Оралиқ назорат бўйича умумий максимал **30 балл**. Шундан: Маъруза машғулотидан 2 та оралиқ назорат синови ўтказилиши белгиланган бўлиб, ҳар бир ОН 10 балл ажратилган. Маъруза машғулотида мустақил таълим бўйича бериладиган топшириқ учун умумий 10 балл ажратилган. Семестр давомида ЖН ва ОН турларини саралаш балидан ортиқ балл олган талабалар ЯН турига қатнашиши мумкин, саралаш балидан паст балл олган талабалар академик қарздор ҳисобланади ва ЯНга киритилмайди. Агар ЖН ва ОН турлари бўйича 55 баллдан ортиқ балл олган талабаларни ЯН га қатнашмаслигига йўл қўйилади.

- **яқуний назорат (ЯН)** – семестр якунида муайян фан бўйича назарий билим ва амалий кўникмаларни талабалар томонидан ўзлаштириш даражасини баҳолаш усули. Яқуний назорат асосан таянч тушунча ва ибораларга асосланган “Ёзма иш” (*оғзаки, тест*) шаклида ўтказилади.

**ОН** ўтказиш жараёни кафедра мудири томонидан тузилган комиссия иштирокида мунтазам равишда ўрганиб борилади ва уни ўтказиш тартиблари бузилган ҳолларда, **ОН** натижалари бекор қилиниши мумкин. Бундай ҳолларда **ОН** қайта ўтказилади.

Олий таълим муассасаси раҳбарининг буйруғи билан ички назорат ва мониторинг бўлими раҳбарлигида тузилган комиссия иштирокида **ЯН** ни ўтказиш жараёни мунтазам равишда ўрганиб борилади ва уни ўтказиш тартиблари бузилган ҳолларда, **ЯН** натижалари бекор қилиниши мумкин. Бундай ҳолларда **ЯН** қайта ўтказилади.

Талабанинг билим савияси, кўникма ва малакаларини назорат қилишнинг рейтинг тизими асосида талабанинг фан бўйича ўзлаштириш даражаси баллар орқали ифодаланади.

- Фан бўйича саралаш бали 55 баллни ташкил этади. Талабанинг саралаш балидан паст бўлган ўзлаштириши рейтинг дафтарчасида қайд этилмайди.

- Талабаларнинг ўқув фани бўйича мустақил иши жорий, оралиқ ва яқуний назоратлар жараёнида тегишли топшириқларни бажариши ва унга ажратилган баллардан келиб чиққан ҳолда баҳоланади.

- Талабанинг семестр давомида фан бўйича тўплаган умумий балли ҳар бир назорат туридан белгиланган қоидаларга мувофиқ тўплаган баллари йиғиндисига тенг.

- **ОН** ва **ЯН** турлари календар тематик режага мувофиқ тузилган рейтинг назорат жадваллари асосида ўтказилади. **ЯН** семестрнинг охириги 2ҳафтаси мобайнида ўтказилади.

- **ЖН** ва **ОН** назоратларда саралаш балидан кам балл тўплаган ва узрли сабабларга кўра назоратларда қатнаша олмаган талабага қайта топшириш учун, навбатдаги шу назорат туригача, сўнгги жорий ва оралиқ назоратлар учун эса яқуний назоратгача бўлган муддат берилади.

- Талабанинг семестрда **ЖН** ва **ОН** турлари бўйича тўплаган баллари ушбу назорат турлари умумий балининг 55 фоизидан кам бўлса ёки семестр яқуний жорий, оралиқ ва яқуний назорат турлари бўйича тўплаган баллари йиғиндиси 55 балдан кам бўлса, у академик қарздор деб ҳисобланади.

- Талаба назорат натижаларидан норози бўлса, фан бўйича назорат тури натижалари эълон қилинган вақтдан бошлаб бир кун мобайнида факультет деканига ариза билан мурожаат этиши мумкин. Бундай ҳолда факультет деканининг тақдимномасига кўра ректор буйруғи билан 3 (уч) аъзодан кам бўлмаган таркибда апелляция комиссияси ташкил этилади.

- Апелляция комиссияси талабаларнинг аризаларини кўриб чиқиб, шу куннинг ўзида ҳулосасини билдиради.

- Баҳолашнинг ўрнатилган талаблар асосида белгиланган муддатларда ўтказилиши ҳамда расмийлаштирилиши факультет декани, кафедра мудири, ўқув-услубий бошқарма ҳамда ички назорат ва мониторинг бўлими томонидан назорат қилинади.

**Талабалар билимини баҳолаш тизими:**

т/ р	Назорат туридаги топшириқларнинг номланиши	Максимал йиғиш мумкин	ЖН ва ОН баллар
---------	--	-----------------------	-----------------

		<b>бўлган балл</b>	<b>тақсимоти</b>	
<b>I. Жорий назоратдаги баллар тақсимоти</b>		<b>40 балл</b>	17	18
<i>Маъруза ва амалий машғулотларда</i>		Максимал балл	<i>1-ЖН</i>	<i>2-ЖН</i>
1.	Талабанинг лаборатория ва амалий машғулотлардаги фаоллиги ва ўзлаштириш даражаси, дафтарларнинг юритилиши ва ҳолати	30	15	15
2.	Мустақил таълим топшириқларининг ўз вақтида ва сифатли бажарилиши (кейс-стадилар, эссе, реферат, тақдимот ва бошқа турдаги мустақил таълим топшириқлари)	10	5	5
<b>II. Оралиқ назорат</b>		<b>30 балл</b>		
1.	Биринчи оралиқ назорат (маърузачи ўқитувчиси томонидан қабул қилинади). Талабалар ўтилган мавзулар бўйича оғзаки жавоб беради	15	Семестрнинг 9-ҳафтаси	
2.	Иккинчи оралиқ назорат (маърузачи ўқитувчиси томонидан қабул қилинади). Иккинчи оралиқ назорат 2 босқичда амалга оширилади. Биринчи босқич, 5 балл-талаба якка тартибда мустақил топшириқлар олади ва ҳимоя қилади. Иккинчи босқич, 10 балл-талабалар ўтилган мавзулар бўйича тест назоратини топширадилар.	15	Семестрнинг 16-ҳафтаси	
<b>III. Якуний назорат</b>		<b>30 балл</b>	Семестрнинг охириги икки ҳафтасида	
<b>Жами:</b>		<b>100 балл</b>		
<b>Асосий адабиётлар:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.Химия. 1973 г. 754 с</li> <li>2. Плановский А.Н. и др. Процессы и аппараты химической технологии. –М.Химия, 1968 – 847 с</li> <li>3. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии.- 1-2 том. М.: Химия, 1995.-497 с</li> <li>4. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Зокиров С.Г. Кимёвий технология асосий жараён ва қурилмалар.- Т.: Шарқ, 2003. – 644 б</li> <li>5. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Исматуллаев П.Р. Кимё ва озик-овқат саноатларининг асосий жараён ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойихалаш. –Т.: Жаҳон, 2000.- 231 б</li> <li>6. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Исматуллаев П.Р. Кимё ва озик-овқат саноатларининг жараён ва қурилмалари фанидан ҳисоблар ва мисоллар. –Т.: NISIM, 1999.- 351 б</li> <li>7. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессы и аппараты химической технологии. –М., -Л.: Химия, 1987-576 с.</li> <li>8. Салимов З.С., Гуйчиев И.С. Кимёвий технология жараёнлари ва қурилмалари. Т.Ўқитувчи. 1987 й, 407 б.</li> </ol>			
<b>Қўшимча адабиётлар:</b>	Нурмухамедов Х.С., Гулямова Н.У., Ниғмаджонов С.К., Гуйчиев И.С. Кимёвий технологиянинг гидромеханик,			

	<p>иссиқлик, масса алмашиниш жараёнлари бўйича лаборатория ишлари. -Тошкент, ТашПИ, 1989.– 84 б.</p> <p>2. Нурмухамедов Х.С., Гуломова Н.У., Исматуллаев П.Р. Кимёвий технология жараёнлари ва қурилмалари фанидан тестлар. – Тошкент, 1998. – 3,25 б.т.</p> <p>3.Салимов З. Кимёвий технологиянинг асосий жараёнлари ва қурилмалари. Тошкент. «Ўзбекистон», 1- том, 1994.</p> <p>4. Салимов З. Кимёвий технологиянинг асосий жараёнлари ва қурилмалари. Тошкент. «Ўзбекистон», 2 – том, 1995.</p>
<p><b>Кафедра томонидан яратилган услубий манбаалар:</b></p>	<p>1. Каримов И.Т.ва бошқалар Асосий технологик жараён ва қурилмалар фанидан маъруза матни. ФарПИ, 2014.</p> <p>2. Каримов И.Т. ва бошқалар Асосий технологик жараён ва қурилмалар фанидан фанидан лаборатория машғулотларини бажариш учун услубий қўлланма. 1 – қисм. ФарПИ, 2014.</p> <p>3. Каримов И.Т. ва бошқалар Асосий технологик жараён ва қурилмалар фанидан фанидан лаборатория машғулотларини бажариш учун услубий қўлланма. 2 – қисм. ФарПИ, 2014.</p> <p>4. Каримов И.Т. ва бошқалар Асосий технологик жараён ва қурилмалар фанидан тест вариантлари. ФарПИ, 2013.</p> <p>5. Каримов И.Т. ва бошқалар «Асосий технологик жараён ва қурилмалар" фанидан курс лойиҳасини бажариш учун услубий қўлланма. ФарПИ, 2014.</p>

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ**  
**ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

**ГУЛИСТОН ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ**

**ТАБИИЙ ФАНЛАР ФАКУЛЬТЕТИ**

**ОЗИҚ-ОВҚАТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ КАФЕДРАСИ**

**«ОЗИҚ-ОВҚАТ ИНЖЕНЕРИНГИ ЖАРАЁНЛАРИ ВА  
ҚУРИЛМАЛАРИ» ФАНИДАН**

**Ўқув материаллари**

**Маърузалар матни**

**Гулистон-2018**

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ**  
**ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

**ГУЛИСТОН ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ**

**ТАБИИЙ ФАНЛАР ФАКУЛЬТЕТИ**

**ОЗИҚ-ОВҚАТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ КАФЕДРАСИ**

**«ОЗИҚ-ОВҚАТ ИНЖЕНЕРИНГИ ЖАРАЁНЛАРИ ВА  
ҚУРИЛМАЛАРИ» ФАНИДАН**

**Маъруза материаллари**

**Гулистон-2018**

**«Озиқ-овқат инженеринги жараёнлари ва қурилмалари» фанидан маъруза материаллари.**

Ўқув қўлланма 532021000 – Озиқ-оқат технологияси бакалавриат таълим йўналиши бўйича таълим олаётган талабалар учун йўналишнинг Ўзбекистон Республикаси Олий таълим Стандарти талаблари ва ўқув режасига мувофиқ ҳолда ёзилди.

Қўлланмада фаннинг мазмуни, вазифаси, уни мутахассислар тайёрлашдаги ўрни, асосий тушунчалари, технологик жараёнларнинг асосий қонуниятлари, амалга ошириш услублари ва уларни амалга оширувчи жиҳозларнинг принципиал схемалари келтирилган; жараён ва аппаратларни моделлаштириш, ҳисоблаш ва лойиҳалаш масалалари ёритилган.

Муаллифлар:

Нурмухамедов Х.С. Пиримов Т.Ж.

Тақризчи:

т.ф.д. К.Ф. Каримов

Мазкур ўқув қўлланма ТҚТИ “Кимёвий технологик Жараён ва қурилмалар” кафедрасининг 2017 йил “21” августдаги 4 -сонли йиғилишида муҳокама қилинган ва институт Илмий-услубий кенгашига кўриб чиқиш учун тавсия этилган.

Мазкур ўқув қўлланма ТҚТИининг Илмий-услубий кенгашида кўриб чиқилган (2018 йил “\_\_” \_\_, баён №\_\_ ) ва ўқув жараёнида фойдаланиш учун тавсия этилган.

## Кириш

Фан, техника ва технология жадал суръатлар билан ривожланиб бораётган ҳозирги шароитда мустақил миллий иқтисодиётни барпо этиш кўп жиҳатдан тайёрланаётган мутахассисларнинг сифатига боғлиқ бўлади. Бозор иқтисодиёти шароитида мустақил ишлашга лаёқатли, юқори малакали ва рақобатбардош кадрларни тайёрлаш, уларни Ватанга фидойилик руҳида тарбиялаш олий таълимнинг асосий вазифасидир. Етарли билим даражасига ва амалий кўникмаларга эга бўлган мутахассисгина корхонада самарали ишлаши, ўз касбининг мохир устаси бўлиши ва мустақил Ўзбекистонимиз тараққиёти учун муносиб ҳисса қўша олиши мумкин.

Ҳаётга жорий этилаётган «Таълим тўғрисида»ги қонун ва «Кадрлар тайёрлаш миллий дастури» Республикамизда таълим тизимини ислоҳ қилиш ва юқори касбий малакага эга бўлган кадрлар тайёрлашга қаратилган.

Кимё ва қурилиш материаллари саноати бугунги кунда янги техника ва технологиялар асосида тез ривожланаётган соҳа ҳисобланади. Замонавий технологик линиялар ва жиҳозлар билан таъминланган корхоналарда ишлаб чиқарилаётган сифатли маҳсулот турлари, аҳолининг кундалик талаб ва эҳтиёжларидан келиб чиқиб, тобора кўпайиб бормоқда.

Кимё ва қурилиш материаллари саноати учун бакалавр ва магистр даражасидаги кадрлар тайёрлаш тизимида «Асосий технологик жараёнлар ва аппаратлар» фани умумкасбий фанларни ихтисослик фанлари билан боғловчи маҳсулот фан сифатида ўқитилади. Бу фан технологик жараёнларни мукамаллаштириш, уларни амалга оширувчи жиҳозларнинг иш унумдорлигини орттириш, маҳсулот сифатини яхшилаш, энергия сарфини камайтириш, иш шароитини яхшилаш ва атроф-муҳит муҳофазасини таъминлаш борасида талабаларда муҳандислик кўникмаларини шакллантиришга хизмат қилади.

Мазкур фан ўз мазмунига кўра озик-овқат технологиясининг назарий асосларини ёритиб, асосий жараёнларни таҳлилий ташкил этиш, уларнинг оптимал режимларини аниқлаш ва ушбу жараёнларни амалга оширувчи жиҳозларни ҳисоблаш ва лойиҳалаш масалаларини ўрганади.

Маъруза материаллари 5321000 – Озик-овқат технологияси бакалаврият таълим йўналиши бўйича таълим олаётган талабалар учун йўналишнинг Ўзбекистон Республикаси Олий таълим Стандарти талабларига ва ўқув режасида белгиланган «**Озик-овқат инженеринги жараёнлари ва қурилмалари**» фанининг дастурига мувофиқ ҳолда ёзилди.

### **Мавзу: Озик-овқат инженеринги жараёнлари ва қурилмалари фанининг мазмуни ва вазифалари**

Аҳолини турли хилдаги юқори сифатли озик-овқат маҳсулотларига бўлган кундалик эҳтиёжини физиологик меъёрлар асосида қондириш ҳар доим ҳам энг долзарб муаммо бўлиб келган. Ушбу муаммонинг ечими кўп жиҳатдан озик-овқат саноати корхоналари иш фаолиятини самарали ташкил этишни, етиштирилган кўплаб турдаги кишлоқ хўжалиги маҳсулотларини қисқа вақт ичида тежамкор усулларда қайта ишлаб, сифатли маҳсулотга айлантиришни тақозо этади. Бунинг учун эса замонавий технологиялар асосида ишловчи корхона ва цехларни қуриш, мавжуд корхоналарни эса илғор технологиялар, замонавий жиҳозлар ва технологик линиялар билан қайта жиҳозлаш зарур бўлади. Шунинг билан бирга, саноат чикитларини қайта ишлаш асосида янги маҳсулот турлари ишлаб чиқариш, камчиқит, энергетик жиҳатдан тежамкор, инсон саломатлиги ва атроф-муҳитга безарар бўлган янги технологик жараёнларни яратиш борасида кенг кўламда ишлар қилиниши лозим.

Кейинги йилларда озик-овқат саноати интенсив ривожланмоқда. Озик-овқат маҳсулотларини қайта ишлаш ва сақлаш технологияси жараёнларининг мазмуни



(моҳияти) ҳақидаги тасаввурлар кенгайди. Саноат амалиётида фундаментал билимлар аҳамияти кўпроқ тан олинмоқда. Биокимё, биофизика, физика, иссиқлик ва масса ўтказиш, физик-кимёвий механика ва амалий математика соҳаларида эришилган фундаментал ютуқлар озик-овқат технологияси жараёнларининг кечиш механизмларини кимёвий ва биокимёвий реакциялар билан боғлиқ ҳолда ўрганиш ва миқдорий жиҳатдан кенгроқ тушунтириш имконини беради. Шу сабабдан, озик-овқат технологияси жараёнларини ишлаб чиқиш янги фундаментал босқичга кўтарилмоқда.

Ушбу муҳим йўналишларда бажариладиган кенг кўламли долзарб вазифаларни муваффақиятли ҳал этиш учун халқ хўжалиги, жумладан, озик-овқат, кимё ва биотехнология саноати корхоналари учун юқори малакали кадрларни тайёрлаш зарур. Принципиал янги илмий ғоялар ва юксак техник ечимлар яратишга лаёқатли бўлган кадрларни тайёрлашда «Асосий технологик жараёнлар ва аппаратлар» фани муҳим аҳамиятга эга.

«Асосий технологик жараёнлар ва аппаратлар» фани фундаментал, умумқасбий ва касбга йўналтирувчи фанларни ўзаро боғловчи махсус муҳандислик фани бўлиб ҳисобланади. Ушбу фан ютуқлари саноат ва техника миқёсида кенг қўлланилади; унда асосий технологик жараёнлар назарияси, ушбу жараёнлар амалга ошириладиган машина ва қурилмаларнинг тузилиши, ишлаш принциплари ва уларни ҳисоблаш услублари ўрганилади.

Бу фан талабаларга таълим йўналишининг назарий асосларини чуқур эгаллашга, умуммуҳандислик фанларидан олган билимларини аниқ технологик жараёнларга қўллашга, технологик жиҳозларни оптимал лойиҳалаш ва улардан унумли фойдаланишга ўргатади.

«Асосий технологик жараёнлар ва аппаратлар» фани ҳақидаги асосий тушунчалар ва таълимотлар «физика», «олий математика», кимёвий фанлар туркуми, «амалий механика», «иссиқлик техникаси асослари», «электротехника, электроника ва электр юритмалар», «менежмент асослари» каби бир қатор муҳандислик ва иқтисодий фанларнинг фундаментал қонунларига асосланади. Шу билан биргаликда «Асосий технологик жараёнлар ва аппаратлар» фанининг ўзига хос хусусияти, тажриба услублари, ҳисоблаш методикаси ва назарий қонуниятлари ҳам мавжуд. Мазкур фанни ўрганиш жараёнида саноат корхоналарида таннархи арзон ва экологик тоза маҳсулот ишлаб чиқаришнинг қулай йўллари, принципиал жараёнлари ва жиҳозлари умумий боғлиқликда кўриб чиқилади.

Саноат корхоналарида қўлланиладиган технологик жараёнлар, уларни амалга ошириш услубларидан қатъий назар, ўз табиатига кўра, умумий қонуниятлар билан тавсифланувчи бир турдаги физик ва физик-кимёвий жараёнлар туркумидан иборат бўлади. Бу жараёнлар турли соҳаларда қўлланиладиган, конструктив тузилиши ҳар хил, аммо ишлаш принциплари бир хил бўлган машина ва қурилмаларда олиб борилади. Ишлаб чиқариладиган маҳсулотни ўзига хос хусусияти, унинг сифатига кўрсатилган талаблар ва жараёнларни аппаратуравий-технологик шакллантириш тизими ушбу жараёнларни бошқа тармоқларнинг ўхшаш жараёнларидан фарқлаш имкониятини беради.

Шундай қилиб, кимё ва қурилиш материаллари ишлаб чиқариш турли соҳалари учун умумий бўлган жараёнлар ва қурилмалар **асосий жараёнлар ва аппаратлар** деб юритилади.

Замонавий ишлаб чиқариш жараёнларини лойиҳалашда ҳам ушбу фаннинг амалий аҳамияти катта. Мавжуд тадқиқот услубларига кўра, ўзлаштирилаётган жараён дастлаб лаборатория шароитида, сўнгра кичик ўлчамдаги қурилмада (моделда) ўрганилади. Шундан сўнг олинган тадқиқот натижалари катта ўлчамдаги саноат қурилмасига кўчирилиши мумкин. Кичик тизимда (системада) олинган тадқиқот натижаларидан катта тизимларда фойдаланиш қонуниятлари **моделлаштириш** деб юритилади.

Кимё технологиясининг назарий ва амалий масалалари ечимини топиш жараёнида замонавий ҳисоблаш техникасидан фойдаланиш зарурияти жараёнларни **математик**

**моделлаштириш ва системали таҳлил қилиш усуллари**ни қўллашни тақазо этади. Бу эса ўз навбатида, жараёнлар ва қурилмалар фани ютуқлари асосида, **кимёвий кибернетика** йўналишининг пайдо бўлишига олиб келди.

Шундай қилиб, ушбу фан ёрдамида жараёнларни системали таҳлил этиш, ишчи параметрлар қийматларининг оптимал чегараларини аниқлаш ва шу асосда оптимал конструкцияли жиҳозлар яратиш мумкин бўлади.

### **Технологик жараёнларнинг асосий турлари**

Кимё саноати корхоналарида кенг ассортиментдаги маҳсулотлар ишлаб чиқарилади. Ушбу ҳолат мазкур корхоналарда амалга ошириладиган технологик жараёнларнинг турларини сон жиҳатидан кўплиги ва уларни кечиш табиатига кўра хилма-хил бўлишига сабаб бўлади. Ушбу ҳолат жараёнларни ўрганиш ва уларни давр талабларига мос ҳолда мукамаллаштиришни қийинлаштиради. Шу сабабдан, бир қарашда ўзаро боғлиқ бўлмаган жараёнларни маълум бир қонуниятлар асосида гуруҳларга (турларга) мужассамлаш (классификациялаш) зарурияти пайдо бўлади. Мужассамлаш туфайли гуруҳларга ажратилган жараёнларни, улар учун умумий бўлган қонуниятлар ва мавжуд таҳлил услублари ёрдамида, ўрганиш имконияти юзага келади.

Илмий жиҳатдан классификациялаш шартларига биноан барча жараёнларни, куйидаги учта асосий белгиларга кўра, туркумларга ажратиш мумкин:

- ташкил этилиш услубига кўра;
- жараён параметрларининг сон қийматларини вақт бўйича ўзгариши бўйича;
- кинетик қонуниятларга асосан.

Ташкил этилиш услубига кўра барча технологик жараёнлар даврий, узлуксиз ва комбинацияланган жараёнлар синфига ажратилади.

**Даврий жараёнлар** одатда битта қурилмада амалга оширилади. Бундай жараёнлар туркумига биоёкимёвий ёки микробиологик жараёнларни (ачитқи ўстириш, ҳамир кўптириш, пиво ва вино тайёрлаш), буғ қозонида мураббо тайёрлаш ёки консерваланган маҳсулотларни автоклавда стериллаш каби жараёнларни мисол қилиб кўрсатиш мумкин. Даврий жараёнларнинг асосий ва ёрдамчи босқичлари (қурилмага рецептуравий хом-ашёларни юклаш, ишлов бериш, тайёр маҳсулотни қуйиб олиш, қурилмани ювиш ва бошқалар) аниқ кетма-кетликда, маълум вақт оралиғида (даврда) кечади.

Даврий жараёнлар мобайнида олинадиган маҳсулотнинг сифат кўрсаткичлари кўп жиҳатдан технологик жиҳозга хизмат кўрсатувчи ишчининг касбий малакасига боғлиқ бўлади; жараённи бошқариш мураккаб ва кўшимча меҳнат талаб этади. Даврий жараённи амалга оширувчи жиҳозларнинг ўлчамлари катта бўлиши сабабли, улар ишлаб чиқариш майдонининг кўп қисмини эгаллайди. Шунга қарамадан саноат амалиётида биоёкимёвий жараёнлар, ўз табиатига кўра, фақат даврий режимда амалга оширилади.

**Узлуксиз жараёнлар** очик системаларда (қурилмаларда) амалга оширилади. Бу пайтда жиҳозга хом-ашёни киритиш, ишлов бериш ва ундан маҳсулотни чиқариб олиш узлуксиз кечади. Узлуксиз жараённинг барча таркибий босқичлари бир пайтнинг ўзида, аммо технологик жиҳоз ёки ускунанинг турли конструктив қисмларида амалга оширилади. Жиҳоздан стандарт талабларига мос келувчи маҳсулот чиққунга қадар бўлган даврда кечаётган жараёнлар (операциялар) даврий жараёнларнинг кечишига айнан ўхшаш бўлади. Шундан сўнг, жиҳозга хом-ашёни киритилиши, асосий технологик жараённи кечиши ва тайёр маҳсулотнинг чиқиши узлуксиз бўлади. Узлуксиз жараёнларнинг ишчи параметрлари қийматларини автоматик тарзда ростлаш ва бошқариш мумкин бўлганлиги сабабли маҳсулот сифати кафолатланади.

**Комбинацияланган (ёки аралаш структурали) жараёнлар**ни кўплаб босқичлари узлуксиз, уларнинг айримлари эса даврий равишда амалга оширилади. Мисол учун, турли хил консерва маҳсулотлари тайёрлаш жараёнларини кўрайлик. Хом-ашёни ювиш, унга дастлабки иссиқлик ишлови бериш, идишларга жойлаш, намакоб қуйиш, қопқоқлаш каби

қатор жараёнлар узлуксиз равишда (конвейерда) бажарилади. Қопқокланган маҳсулотни ёпиқ автоклавда, юқори ҳарорат остида, стериллаш жараёни эса даврий усулда амалга оширилади.

Ишчи параметрлар (ҳарорат, босим, модда концентрацияси) қийматларини вақт бўйича ўзгаришига кўра жараёнлар турғун ёки нотурғун бўлиши мумкин.

**Турғун жараёнлар**нинг ишчи параметрлари қиймати вақт бўйича ўзгармайди, уларнинг ўзгариши ишчи муҳитнинг система ичидаги ҳолатидан (қурилманинг ишчи зонаси бўйлаб сурилишидан) боғлиқ бўлади. Умумий ҳолда, турғун жараён параметрларидан ихтиёрий бирининг (П) ўзгаришини қуйидагича ифодалаш мумкин

$$P = f(x, y, z), \quad (1-2)$$

бу ерда  $x$ ,  $y$  ва  $z$ - система координатлари.

**Нотурғун жараёнлар**нинг ишчи параметрлари вақт ва фазо (ишчи ҳажм) бўйича ўзгарувчан қийматларга эга бўлади, яъни

$$P = f(x, y, z, \tau), \quad (1-3)$$

бу ерда  $\tau$ - жараён даври.

Одатда, даврий тарзда кечадиган жараёнлар нотурғун бўлади. Узлуксиз ташкил этиладиган жараёнлар турғундир, чунки ихтиёрий вақт моментидан қурилманинг ҳар бир аниқ нуқтасидаги жараён параметрлари ўзгармас қийматга эга бўлади.

Технологик жараёнларни уларнинг кинетик қонуниятлари бўйича классификациялаш принципи асосида қуйидаги боғлиқлик ифодаланган: «жараён тезлиги унинг ҳаракатлантирувчи кучига тўғри ва қаршиликка тесқари мутаносибдир».

Ушбу боғлиқлик барча жараёнлар учун умумий бўлган тенглама шаклида қуйидагича ёзилади

$$J = \Delta x / R = k \cdot \Delta X, \quad (1-4)$$

бу ерда  $J$ - жараён тезлиги (интенсивлиги);  $\Delta x$ - жараённи ҳаракатга келтирувчи куч;  $R$ - жараённи амалга оширишга кўрсатиладиган қаршилиқ;  $k$ - ўтказувчанлик коэффициенти, қаршиликка тесқари бўлган катталиқ.

Шундай қилиб, кимё ва қурилиш материаллари, озиқ-овқат технологиясининг барча жараёнлари, уларни ҳаракатлантирувчи куч табиатига кўра, қуйидаги асосий гуруҳларга мужассамланади:

- механик жараёнлар;
- гидромеханик жараёнлар;
- иссиқлик алмашилиш жараёнлари;
- модда алмашилиш жараёнлари;
- кимёвий жараёнлар;
- биотехнологик (биокимёвий, микробиологик) жараёнлар;
- электрофизик жараёнлар.

**Механик жараёнлар** мобайнида қаттиқ материалларга механик куч ёки босим кучи таъсирида ишлов берилади, масалан, қаттиқ материалларни майдалаш, сочилувчан материалларни саралаш, узатиш, аралаштириш, пресшлаш ва х. Ушбу жараёнлар тезлиги қаттиқ жисм механикаси қонуниятлари билан тавсифланади. Жараёнларни ҳаракатлантирувчи куч вазифасини механик куч (босим кучи) ёки марказдан қочма куч бажаради.

**Гидромеханик жараёнлар** туркумига суюқлик ва газларни қувурлар бўйлаб узатиш, газларни сиқиш, суюқликларни механик мосламалар ёрдамида аралаштириш, суспензияларни ажратиш (чўктириш, тиндириш, филтрлаш, центрифугалаш ва б.) каби жараёнлар киради. Бундай жараёнларнинг тезлиги механика ва гидромеханика қонунлари билан аниқланади. Суюқликни гидростатик ёки гидродинамик босими жараённи ҳаракатга келтирувчи куч бўлиб ҳисобланади.

**Иссиқлик алмашилиш жараёнлари** асосида ҳароратлар фарқи мавжуд бўлганда иссиқ жисмдан (муҳитдан) совуқ жисмга иссиқлик ўтказиш қонунлари ётади. Ушбу жараёнлар гуруҳига иситиш, совутиш, буғлатиш, буғларни конденсациялаш ва сунъий

совуқ ҳосил қилиш каби жараёнларни киритиш мумкин. Иссиқлик алмашилиш жараёнлари тезлиги ишчи муҳитларнинг гидродинамик режимларига боғлиқ бўлади. Ишчи муҳитларнинг ҳароратлари ўртасидаги фарқ жараённи ҳаракатга келтирувчи куч ҳисобланади.

**Модда алмашилиш жараёнлари** моддаларнинг турлича агрегат ҳолатларида бир фазадан иккинчи фазага, уларни ажратувчи юза орқали, молекуляр ва турбулент диффузия туфайли ўтиши билан тавсифланади. Шу сабабли, ушбу жараёнлар диффузион жараёнлар деб ҳам юритилади. Абсорбция, адсорбция, суюқликларни ҳайдаш, ректификация, экстракция, эритиш, кристалланиш, намлаш, қуритиш, диализ ва ион алмашилиш каби жараёнлар ушбу гуруҳга киритилади. Модда алмашилиш жараёнлари тезлиги фазаларнинг гидродинамик режимларига боғлиқ бўлиб, масса ўтказиш қонуниятлари билан ифодаланади. Жараённи ҳаракатлантирувчи куч сифатида тарқалаётган модданинг фазалардаги концентрациялари ўртасидаги фарқ қабул қилинган.

**Кимёвий жараёнлар** пайтида моддаларнинг ўзаро таъсири натижасида янги кимёвий бирикмалар ҳосил бўлади. Бу пайтда иссиқлик ва моддалар алмашинуви ҳам юз бериши мумкин.

Кимёвий реакциялар тезлиги кимёвий кинетика қонунлари билан ифодаланади. Саноат миқёсида, катта ҳажмда ўтказиладиган реакциялар тезлиги реактордаги гидродинамик режимга, жараённи ҳаракатлантирувчи куч қиймати эса реагентлар концентрациясига боғлиқ бўлади.

**Биотехнологик (биокимёвий) жараёнлар** микроорганизмларни биологик ҳаёт фаолияти қонунлари асосида амалга оширилади. Бундай жараёнлар мобайнида, ишлаб чиқариладиган маҳсулот турига кўра, микроорганизмлар ҳаёт фаолияти аниқ технологик мақсадларга йўналтирилади. Масалан, ҳамиртуруш ишлаб чиқариш, спиртли бижғиш каби жараёнлар тезлиги биомассанинг кўпайиш тезлиги билан ифодаланади.

**Электрофизик жараёнлар** (электролиз, материалга инфрақизил нур ёки юқори частотали ток ёрдамида ишлов бериш ва б.) электр токи таъсирида амалга оширилади. Бундай жараёнларни ҳаракатлантирувчи кучи потенциаллар айирмасидир.

**Назорат саволлари.** 1.«Асосий технологик жараёнлар ва аппаратлар» фанини ўрганиш натижасида қандай билим, кўникма ва малакага эга бўлиш мумкин? 2.«Асосий технологик жараёнлар ва аппаратлар» фани қай тарихга юзага келди, унинг ривожланиш тарихи ва истиқболлари ҳақида нималарни биласиз? 3.«Технологик жараён», «технологик режим» ва «жараён цикли» атамалари моҳиятини тушунтириб беринг. 4.«Технологик аппарат», «технологик система» ва «технологик линия» атамаларига таъриф беринг. 5.Технологик жараёнларни синфларга ажратиш принципини тушунтиринг. 6.Жараёнлар қандай белгиларга кўра туркумларга ажратилади? 7.Даврий ва узлуксиз жараёнларга таъриф беринг. 8.Қандай ҳолатларда аралаш структурали жараёнларни қўллаш мумкин? 9.Турғун ва нотурғун жараёнларга таъриф беринг. 10.Жараёнларнинг кинетик қонуниятлари бўйича классификациялаш принципини тушунтириб беринг. 11.Жараённи ҳаракатлантирувчи куч деганда нимани тушунасиз? 12.Жараён кинетикасини ўрганишдан мақсад нима? 13.Ҳаракатлантирувчи куч табиатига кўра технологик жараёнлар қандай асосий гуруҳларга мужассамланади? 14.Механик жараёнлар гуруҳи таркибига киритиш мумкин бўлган жараёнларни санаб ўтинг. 15.Гидромеханик жараёнлар гуруҳига кирувчи жараёнларга мисоллар келтиринг. 16.Иссиқлик алмашилиш жараёнларининг қандай турлари мавжуд? 17.Модда алмашилиш жараёнларининг асосий турларига таъриф беринг. 18.Биотехнологик жараёнларга мисоллар келтиринг. 19.Электрофизик жараёнлар моҳиятини тушунтириб беринг.

### **Мавзу: Технологик жараёнларнинг асосий қонуниятлари**

Ҳар бир фан аниқ назарий асосларга суянади, услубиёт бирлигига ва илмий материалларни тушунтиришнинг мантикий кетма-кетлигига эга бўлади.

«Асосий технологик жараёнлар ва аппаратлар» фанининг назарий асослари бўлиб, табиатни қуйидаги учта асосий қонунлари саналади.

**1. Модда, энергия ва импульснинг сақланиш қонунларига** асосан система ичида субстанциялар (масса, энергия ва импульс) ўзгаришлари йиғиндиси доимий катталиқдир. Субстанцияларни сақланиш қонунларидан жараёнларнинг иссиқлик ёки моддий баланси тенгламалари шаклида фойдаланилади. Баланс тенгламаларини тузиш ҳар қандай технологик жараёни таҳлил қилиш ва ҳисоблашнинг муҳим босқичини ташкил этади.

**2. Термодинамик мувозанат қонунлари** ҳар қандай субстанцияни ўтказиш жараёнларини ўз якунига етиши (тугалланиши) учун зарур бўлган шарт-шароитларни аниқлайди. Мувозанат шартлари асосида жараён йўналиши, амалга оширилиш чегаралари ва уни ҳаракатлантирувчи куч қиймати аниқланади.

**3. Масса, энергия ва импульс (ҳаракат миқдори) ўтказиш қонунлари** асосида субстанция оқими зичлигининг ўтказиш потенциалидан (градиентидан) боғлиқлиги аниқланади. Ўтказиш қонунлари асосида жараён интенсивлиги ва уни амалга оширувчи жиҳознинг иш унумдорлиги аниқланади.

### Модданинг сақланиш қонуни

Модданинг (массанинг) сақланиш қонунида иккита чегаравий ҳолат мавжуд бўлиши мумкин.

1. Агар система битта фазадаги (масалан, суюқлик фазасидаги) бир неча  $n$  компонентдан иборат бўлса, у ҳолда модданинг сақланиш қонунига биноан, барча компонентлар массаларининг  $m_j$  йиғиндиси системанинг умумий массасига  $M$  тенг бўлади:

$$m_1+m_2+m_3+\dots+m_n = \sum_{j=1}^n m_j = M, \quad (2-1)$$

бу ерда  $j=1,2,3,\dots, n$  – компонентлар сони.

2. Агар система бир неча фазадаги (масалан, буғ, суюқлик ва қаттиқ жисм ҳолатидаги) битта компонентдан иборат бўлса, у ҳолда, модданинг сақланиш қонунига биноан, барча фазалар массаларининг  $m_{\phi j}$  йиғиндиси системанинг умумий массасига  $M$  тенг бўлади, яъни:

$$m_{\phi 1}+m_{\phi 2} +m_{\phi 3}+ \dots m_{\phi n} = \sum_{j=1}^n m_{\phi j} = M, \quad (2-2)$$

бу ерда  $j=1,2,3,\dots, n$ - фазалар сони.

Юқорида кўриб чиқилган икки ҳолат бўйича жараёнда қатнашувчи ҳар бир фаза ва ҳар бир компонент учун моддий баланс тенгламаларини тузиш мумкин.

Технологик жараёнда қатнашувчи барча моддалар одатда узлуксиз ҳаракатда бўлади. Ҳаракатдаги моддий оқим учун модданинг сақланиш қонуни, хусусий ҳолда, оқимнинг узлуксизлиги тенгламаси орқали ифодаланади:

$$Q_{\text{кир}} = Q_{\text{чик}} \text{ ёки } G_{\text{кир}} = G_{\text{чик}}, \quad (2-3)$$

бу ерда  $Q$  ва  $G$ - оқимнинг ҳажмий ( $\text{м}^3/\text{сек}$ ) ва массавий ( $\text{кг}/\text{сек}$ ) сарфлари.

Курилмадаги кириш ва чиқиш қувурларининг кесим юзалари  $f_1$  ва  $f_2$  бўлса, улар бўйлаб ҳаракатланаётган оқим тезликлари  $v_1$  ва  $v_2$  бўлади. Ушбу ҳолат учун оқимнинг узлуксизлик тенгламаси қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$f_1 v_1 = f_2 v_2 \text{ ёки } f_1 v_1 \rho_1 = f_2 v_2 \rho_2, \quad (2-4)$$

бу ерда:  $Q=fv$  ёки  $G=fv\rho$ ;  $\rho_1$  ва  $\rho_2$ - оқимдаги моддаларнинг зичликлари,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Шундай қилиб, модданинг сақланиш қонуни ўрганилаётган жараённинг моддий баланси тенгламалари шаклида ишлатилади.

Моддий баланс тенгламасини жараёнда қатнашувчи барча моддалар учун, битта компонент бўйича ва битта элемент учун (масалан, кислород баланси, углерод баланси ва х.) тузиш мумкин.

Маҳсулот ишлаб чиқариш турининг иерархиявий структураси бўйича моддий баланс тенгламалари қурилманинг бир қисмида кечаётган жараён учун, қурилманинг барча қисмларида кечаётган жараёнлар учун, технологик ускуна (технологик босқич) ва технологик тизим бўйича қабул қилинаётган хом-ашёдан тортиб, то ишлаб чиқарилган тайёр маҳсулотгача тузилиши мумкин.

Жараённинг моддий баланс тенгламаси “қурилмага рецептура бўйича киритилаётган барча моддаларнинг массавий йиғиндисига  $\Sigma M_{\text{кир}}$  қурилмадан қайта ишланиб чиқаётган моддаларнинг массавий йиғиндисига  $\Sigma M_{\text{чик}}$  тенг” лигини кўрсатади:

$$\Sigma M_{\text{кир}} = \Sigma M_{\text{чик}} . \quad (2-5)$$

Технологик жараёнларни амалга ошириш пайтида қайта ишланадиган моддалар (материаллар, хом-ашё) қисман йўқотилиши мумкин. Бундай технологик йўқотилишлар  $\Sigma M_{\text{йўқ}}$  миқдорини ишлаб чиқариш чиқитлари, оқава сув ва газ ташламалари таркибида йўқотиладиган моддалар ҳамда жиҳозлар герметиклигининг бузилиши сабабли юзага келиши мумкин бўлган йўқотилишлар ташкил этади. Шунинг учун жараённинг моддий баланси умумий ҳолда қуйидагича ёзилиши мумкин:

$$\Sigma M_{\text{кир}} = \Sigma M_{\text{чик}} + \Sigma M_{\text{йўқ}} . \quad (2-6)$$

Даврий тартибда ишловчи катта ҳажмли қурилмаларда амалга ошириладиган ностационар жараёнлар учун моддий баланс тенгламасини тузиш пайтида маҳсулотни қурилманинг ишчи ҳажмида йиғилиб қолиши ҳам ҳисобга олинади

$$\Sigma M_{\text{кир}} = \Sigma M_{\text{чик}} + \Sigma M_{\text{йиғ}} . \quad (2-7)$$

Моддий баланс тенгламалари асосида маҳсулотнинг чиқиш фоизи (концентрацияси), хом-ашё ва тайёр маҳсулот сарфлари ёки иш цикли учун уларнинг зарурий миқдорлари аниқланади.

Мисол тариқасида эритмаларни буғлатиб қуюлтириш жараёнларининг моддий балансини (2.1-расм) кўриб чиқамиз. Эритманинг дастлабки сарфи  $G_0=10000$  кг/соат, унинг концентрацияси  $a_0=10\%$  бўлсин. Буғлатиш жараёнида эритма таркибидан  $W$  кг/соат миқдорда сув буғлантирилади. Қуюлтирилган эритманинг охириги концентрацияси  $a_1=95\%$  га тенг деб қабул қиламиз.

Жараённинг моддий баланси қуйидагича ифодаланади

$$G_0 a_0 = G_1 a_1 .$$

Ушбу тенглама асосида қуюлтирилган эритма миқдорини ҳисоблаймиз

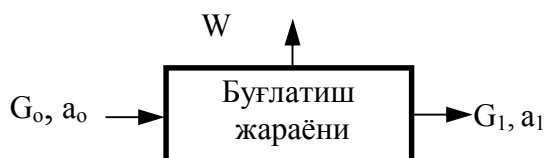
$$G_1 = G_0(a_0/a_1) = 10000 (10/95) = 1052.631 \text{ кг/соат}.$$

Жараён мобайнида ажралиб чиққан иккиламчи сув буғи миқдори  $W$  дастлабки ва қуюлтирилган эритма сарфларининг айирмасига тенг бўлади:

$$W = G_0 - G_1 = G_0[1 - (a_0/a_1)] = 10000[1 - (10/95)] = 8947.369 \text{ кг/соат}.$$

Текшириб кўрсак:

$$G_0 = G_1 + W = 1052.631 + 8947.369 = 10000 \text{ кг/соат}.$$



2.1- расм. Буғлатиш жараёнининг моддий баланси схемаси.

### Энергиянинг сақланиш қонуни

Энергияни сақланиш қонунига асосан технологик жараёнларнинг иссиқлик баланси тузилади. Жараённинг иссиқлик балансини умумий ҳолда қуйидагича тавсифлаш мумкин:

«жараёнга киритилаётган иссиқлик миқдори  $\Sigma Q_{\text{кел}}$  уни амалга ошириш пайтида ажралиб чиқаётган иссиқлик миқдорига  $\Sigma Q_{\text{сарф}}$  тенгдир»:

$$\Sigma Q_{\text{кел}} = \Sigma Q_{\text{сарф}} . \quad (2-8)$$

Жараёнга киритилаётган иссиқлик миқдори ташқи энергия манбаининг (сув буғининг) иссиқлиги, қурилмага киритилаётган моддалар (материаллар) иссиқлиги ҳамда физик ёки кимёвий ўзгаришлар иссиқликлари йиғиндисига тенг.

Жараённи амалга ошириш пайтида ажралиб чиқувчи иссиқлик миқдори қурилмалардан қайта ишланиб чиқаётган маҳсулотлар иссиқлиги, ишлатилиб бўлинган ишчи агент (сув буғи конденсати) иссиқлиги ва атроф-муҳитга йўқотилаётган иссиқлик миқдорларининг йиғиндисидан иборат бўлади.

Қурилмага киритилаётган ва ундан чиқаётган моддалар, ўзларининг агрегат ҳолатларига кўра, маълум миқдордаги иссиқлик энергиясига эга бўлади.

Суюқликнинг иссиқлик энергияси унинг сарфи  $G$  (ёки массаси  $m$ ), солиштирма иссиқлик сиғими  $c$  ва ҳароратининг  $t$  ўзаро кўпайтмасига тенг бўлади

$$Q = m c t \quad \text{ёки} \quad Q = G c t . \quad (2-9)$$

Сув буғи ва газ ҳолатидаги компонентларнинг иссиқлик энергияси (кВт)

$$Q = D i , \quad (2-10)$$

бу ерда  $D$ - буғ сарфи, кг/с;  $i$ - буғ энтальпияси, кЖ/кг.

Модданинг агрегат ҳолатини ўзгариши (масалан, сув буғини конденсацияланиши) пайтида ажралиб чиқаётган иссиқлик энергияси (кВт)

$$Q = W r_{\text{кн}} , \quad (2-11)$$

бу ерда  $W$ - агрегат ҳолати ўзгараётган модда (сув буғи) сарфи, кг/с;  $r_{\text{кн}}$ - конденсацияланиш (ёки буғланиш) иссиқлиги, кЖ/кг.

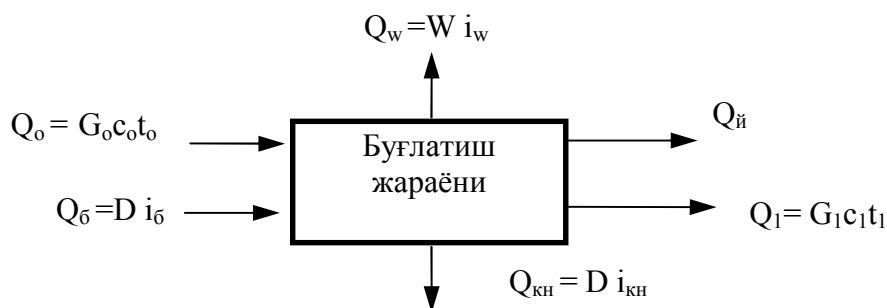
Иссиқлик алмашилиш аппаратларининг ишчи ҳарорати атроф-муҳит ҳароратидан бир неча маротаба юқори бўлади. Шу сабабдан, жараённи амалга ошириш мобайнида иссиқлик энергиясининг бир қисми конвекция ва нур чиқариш йўли билан атроф-муҳитга бефойда тарқалади. Ушбу йўқотилаётган иссиқлик энергияси миқдори қуйидаги тенглама ёрдамида ҳисобланиши мумкин:

$$Q = \alpha_k F_a (t_a - t_x) , \quad (2-12)$$

бу ерда  $\alpha_k$ - конвектив иссиқлик узатиш коэффициенти, Вт/(м<sup>2</sup> °С);  $F_a$ - қурилманинг ташқи юзаси (сирти), м<sup>2</sup>;  $t_a$ - қурилма сиртига қопланган иссиқликни ҳимояловчи қобикнинг ташқи ҳарорати, одатда 40÷50°С;  $t_x$ - атроф-муҳит ҳарорати, 20÷30°С.

Иссиқлик баланси тенгламасидан жараённи амалга ошириш учун зарур бўлган иссиқлик ташувчи агентлар (сув буғи, совуқ сув ва б.) сарфи аниқланади.

Жараённинг иссиқлик балансини тузиш услубини эритмаларни буғлатиш жараёни мисолида кўриб чиқамиз (2.2-расм).



Буғ. 2.2- расм. Буғлатиш жараёнининг иссиқлик баланси схемаси.

бўлади:

$$Q_0 + Q_б = Q_1 + Q_w + Q_{\text{кн}} + Q_{\text{й}} ,$$

бу ерда  $Q_0 = G_0 c_0 t_0$ - дастлабки эритманинг иссиқлиги;  $Q_б = D i_б$ - сув буғининг иссиқлиги;  $Q_1 = G_1 c_1 t_1$ - қуюлтирилган эритманинг иссиқлиги;  $Q_w = W i_w = G_0 (1 - a_0 / a_1) i_w$ - жараён пайтида ҳосил бўлган иккиламчи буғнинг иссиқлиги;  $Q_{\text{кн}} = D i_{\text{кн}}$ - сув буғи конденсатини иссиқлиги;

$t_0$  ва  $t_1$ - эритманинг дастлабки  $t_0$  ва охириги (қайнаш)  $t_1$  ҳароратлари, °C;  $c_0$  ва  $c_1$ - эритманинг  $t_0$  ва  $t_1$  ҳароратлардаги солиштирма иссиқлик сифимлари, кЖ/(кг·°C);  $i_0$ ,  $i_{кн}$  ва  $i_w$ - сув буғи, конденсат ва иккиламчи буғнинг энтальпияси, кЖ/кг.

Иссиқлик баланси тенгламасининг кенгайтирилган кўриниши

$$G_0 c_0 t_0 + D i_0 = G_1 c_1 t_1 + G_0 (1 - a_0 / a_1) i_w + D i_{кн} + Q_{й} .$$

Ушбу тенгламадан жараёни амалга ошириш учун зарур бўлган сув буғи сарфи  $D$  аниқланади:

$$D = (G_1 c_1 t_1 + G_0 (1 - a_0 / a_1) i_w + Q_{й} - G_0 c_0 t_0) / (i_0 - i_{кн}) .$$

### Мувозанат қонунлари

Системалардаги термодинамик мувозанат қонунлари физик кимё ва термодинамика курсларида батафсил ўрганилади. Жараёнлар ва аппаратлар фанини ўрганиш пайтида бу қонунлар таҳлил этилаётган технологик жараёнинг йўналиши ва уни ҳаракатлантирувчи куч қийматини аниқлаш мақсадида қўлланилади.

Мувозанат ҳолатидаги системани тавсифловчи параметрлар (масалан, ҳарорат, босим) қийматлари унинг барча қисмларида вақт бўйича ўзгармас бўлади. Аммо, технологик жараёнинг асосий мақсади - ушбу жараёнда қатнашувчи моддаларнинг макроскопик хусусиятларини (агрегат ҳолати, таркиби ва б.) олдиндан белгиланган йўналишда ўзгартириш, яъни системани мувозанатдан чиқаришдир. Бунинг учун системага бирон-бир ташқи куч таъсир эттирилади (масалан, буғ билан қиздириш, босим остида филтрлаш ва х.). Бундай ташқи таъсир остида субстанция (энергия, масса) ўтказиш жараёни кузатилади. Системанинг динамик (ўзгарувчан) мувозанати унинг чегаравий ҳолатини тавсифлайди. Системанинг чегаравий ҳолатларида, унинг мувозанат ҳолатидагидек, субстанция ўтказиш кузатилмайди.

Иккита ва ундан ортиқ фазалардан иборат бўлган ёпиқ системада бир фазадан иккинчи фазага масса узатиш жараёни табиий, ўз-ўзидан юзага келади. Ушбу жараён мавжуд шароитда (босим ва ҳароратда) фазалар аро ўзгарувчан мувозанат ўрнатилгунга давом этади. Бу пайтда, маълум вақт бирлиги ичида, бир фазадан иккинчи фазага қанча модда молекуласи ўтса, иккинчи фазадан биринчи фазага ҳам шунча миқдорда молекула тескари йўналишда ўтади. Шу тариқа мувозанатга эришган система жуда узоқ вақт, то бирон-бир ташқи куч таъсир этгунча, ушбу мувозанат ҳолатида бўлади.

Шундай қилиб, мувозанатдаги ёпиқ система ҳолати унинг ички шароитлари билангина тавсифланади. Шу сабабдан ҳарорат  $t$  ва босим  $P$  градиентлари ва улар таъсирида юзага келувчи оқимлар ҳаракати нолга тенг бўлади:

$$dt = 0; dP = 0; dk = 0 , \quad (2-13)$$

бу ерда  $k$ - ҳаракатлантирувчи куч, масалан, кимёвий потенциал.

Барча табиий, ўз-ўзидан юзага келувчи, жараёнлар мувозанатга интилади. Бунда система (жараён) мувозанат ҳолатидан қанчалик катта даражада четлаштирилса, унинг ҳаракатлантирувчи кучи ҳам шунчалик катта (интенсив) бўлади. Шу сабабдан, фазалар ўртасида субстанция ўтказиш жараёни ҳам шунга мос равишда тезлашади. Фазалар аро субстанция узатиш жараёнини мувозанатга интилишига йўл қўймаслик (асосий мақсад) учун системага модда ёки энергия (иссиқлик) берилади. Очик системаларда субстанция оқимларининг ўзаро нисбий ҳаракатини қарама-қарши, параллел ва бошқа комбинациялашган йўналишларда ташкил этиш туфайли бундай мақсадларга эришилади.

Термодинамикани иккинчи қонунига биноан табиий жараёнлар мобайнида системанинг энтропияси  $S$  ортиб боради. Системанинг кимёвий мувозанати шароитларида энтропия максимал қийматга эга бўлади. Шундан сўнг энтропия ўзгариши кузатилмайди, яъни:

$$dS = 0. \quad (2-14)$$

Шундай қилиб,  $dt=0$ ,  $dP=0$ ,  $dk=0$ ,  $dS=0$  тенгламалари ҳар қандай кимёвий технологик системанинг мувозанат шартларини белгилайди.



**Фазалар қондаси.** “Фаза” тушунчаси кимёвий таркиби ва физикавий хоссалари бўйича бир жинсли бўлган модданинг термодинамик системадаги миқдорини билдиради. Фазалар газ, суюқлик ва қаттиқ жисм ҳолатида бўлади. Одатда фаза бир ёки бир неча компонентдан иборат бўлади. Система таркибида бирон-бир фазани ҳосил бўлиши ёки системадаги мавжуд фазаларнинг ўзаро мувозанати аниқ шароитлардагина мумкин бўлади. Бу шароитларни ўзгариши туфайли системанинг мувозанат ҳолати бузилади. Натижада фазаларни силжиши ёки моддани бир фазадан иккинчисига ўтиши кузатилади.

Фазаларнинг ўзаро мувозанати фазалар қондаси (Гиббснинг фазалар мувозанати қонуни) билан аниқланади

$$C + \Phi = K + n, \quad (2-15)$$

бу ерда  $C$ - эркинлик даражаси сони;  $\Phi$ - системадаги фазалар сони;  $K$ - системанинг таркибий компонентлари сони;  $n$ - системанинг мувозанат ҳолатига таъсир этувчи ташқи омиллар (кучлар) сони.

**Эркинлик даражаси сони** - системанинг мувозанат ҳолатини сақлаган ҳолатда, унинг ишчи параметрларини бир-биридан боғлиқ бўлмаган ҳолда ўзгартирилиши мумкин бўлган сонини кўрсатади.

Масса ўтказиш жараёнлари учун  $n=2$ , чунки жараён мувозанатига иккита ташқи омил – ҳарорат ва босим ўз таъсирини кўрсатади. Бу ҳолда фазалар қондасининг ифодаси куйидаги кўринишда бўлади

$$C + \Phi = K + 2$$

ёки системанинг эркинлик даражаси

$$C = K - \Phi + 2 \quad (2-16)$$

шаклида ифодаланади.

Охирги (2-16) тенгламага асосан, фазалар қондаси системанинг фазавий мувозанат ҳолатини сақлаган ҳолда ўзгартирилиши мумкин бўлган параметрлар сонини аниқлашга имкон беради.

Айрим системаларнинг эркинлик даражасини аниқлашга доир мисолларни кўриб чиқамиз. Мисол учун, бир компонентли ( $K=1$ ) икки фазадан ( $\Phi=2$ ) иборат «газ-суюқлик» системасини эркинлик даражаси  $C = K - \Phi + 2 = 1 - 2 + 2 = 1$  бўлади. Бундай системага яққол мисол қилиб маълумотномаларда келтириладиган тўйинган сув буғи ҳарорати ва босими ўртасидаги термодинамик боғлиқликни (жадвал шаклида) келтириш мумкин. Бунда буғ босими ёки ҳарорати маълум бўлса, унинг қолган барча параметрлари қийматларини аниқлаш мумкин бўлади. Сувнинг критик ҳолатдаги ( $P=6 \cdot 10^6$  Па,  $t=0.0076^\circ\text{C}$ ) мувозанати (муз-сув-буғ) учун ( $K=1, \Phi=3$ ) эркинлик даражаси  $C = K - \Phi + 2 = 1 - 3 + 2 = 0$ .

Этил спирти ва сув аралашмасини ректификация қилиш жараёнида компонентлар сони  $n=2$  (спирт ва сув), фазалар сони ҳам иккита  $\Phi=2$  (буғ ва суюқлик). Бундай ҳолатда жараённинг эркинлик даражаси  $C = K - \Phi + 2 = 2 - 2 + 2 = 2$ .

Ушбу система ҳолатини тавсифловчи катталиклар қаторига спирт буғлари босими, суюқ ҳолатдаги спирт ҳарорати ва суюқликдаги спирт концентрацияси киради. Мазкур параметрлардан ихтиёрий биттасининг, масалан, ректификация колоннасидаги ишчи босимнинг, ўзгармас қийматида спирт концентрацияси ва жараён ҳарорати орасидаги боғлиқликка эга бўламиз. Бу пайтда ҳароратни бошқариш туфайли юқори қувватли спирт олиш мумкин бўлади.

Шундай қилиб, фазалар қондаси (умумий ҳолда мувозанат қонунлари) физикавий, кимёвий, биологик ва бошқа системаларга ҳам тааллуқлидир. Аммо мувозанат қонунлари турли системаларда турлича намоён бўлади.

### **Модда ва энергиянинг ўтказиш қонунлари**

Озиқ-овқат маҳсулотлари ишлаб чиқариш жараёнлари кўп ҳолларда газ, буғ ва суюқлик фазаларида, моддий оқимларни ҳаракатланиши ёки ўзаро аралашуви натижасида амалга оширилади. Бу пайтда модда ва энергия ўтказиш жараёнларининг тезлиги кўп

жиҳатдан улар амалга ошириладиган технологик курилмалардаги гидродинамик шароитларга боғлиқ бўлади. Гидродинамик шароитларни олдиндан билиш асосида курилмада оптимал иш режимини ташкил этиш ва уни бошқариш мумкин.

Технологик жараён тезлигини ортиши курилманинг иш унумдорлигини кўпайтиради. Жараён тезлиги ҳақидаги фан жараён параметрларининг (концентрация, ҳарорат ва х.) вақт бўйича ўзгариш қонуниятларини ўрганади. Жараёнлар кинетикасини ўрганиш асосида қуйидаги қонуниятни шакллантириш мумкин: «жараённинг кечиш тезлиги уни ҳаракатлантирувчи кучга тўғри ва қаршиликка тесқари мутаносибликда бўлади» ёки бу қонуниятни бошқача шаклдаги талқини: жараённинг кечиш тезлиги унинг потенциалини кинетик коэффициентига **кўпайтмасига** тенг. Ушбу таърифнинг математик кўриниши қуйидагича ёзилиши мумкин.

$$j = k x, \quad (2-22)$$

бу ерда  $j$ - жараён тезлиги;  $k$ - кинетик коэффициент (ўтказиш коэффициенти), жараёнга кўрсатиладиган қаршиликка тесқари бўлган катталиқ;  $x$ - ҳаракатлантирувчи куч, яъни жараён потенциали.

Масалан, гидромеханик жараёнлар туркумига кирувчи филтрлаш жараёнининг кинетик тенгламаси қуйидаги кўринишга эга:

$$\frac{dV}{F d \tau} = \frac{1}{R_{\phi}} \Delta P = K_1 \Delta P, \quad (2-23)$$

бу ерда  $V$ - филтрат миқдори;  $F$ - филтрловчи юза майдони;  $\tau$ - вақт;  $R_{\phi}$ - филтрловчи материал қаршилиги;  $\Delta P$  - босимлар фарқи (жараённи ҳаракатлантирувчи куч);  $K_1=1/R_{\phi}$ - филтрловчи материалнинг ўтказувчанлиги.

Термодинамика қонунларига асосан иссиқлик алмашиниш жараёнлари қуйидаги кинетик тенглама билан ифодаланади

$$\frac{dQ}{F d \tau} = \frac{1}{R_2} \Delta t = K_2 \Delta t, \quad (2-24)$$

бу ерда  $Q$ - узатилган иссиқлик миқдори;  $F$ - иссиқлик узатиш юзаси;  $R_2$ - термик қаршилик;  $K_2=1/R_2$  - иссиқлик узатиш коэффициенти;  $\Delta t$ - жараёнда қатнашувчи муҳитларнинг ҳароратлари ўртасидаги фарқ (жараённи ҳаракатлантирувчи куч).

Модда алмашиниш (диффузия) жараёнларини ифодалаш учун қуйидаги кинетик тенглама тавсия этилган

$$\frac{dM}{F d \tau} = \frac{1}{R_3} \Delta C = K_3 \Delta C, \quad (2-25)$$

бу ерда  $M$ - ўтказилган модда миқдори;  $F$ - фазаларнинг контакт юзаси;  $R_3$ - модда алмашинишга бўлган қаршилик;  $K_3=1/R_3$ - модда ўтказиш коэффициенти;  $\Delta C$ - модданинг фазалардаги концентрациялари ўртасидаги фарқ (жараённи ҳаракатлантирувчи куч).

Юқорида мисол тариқасида келтирилган жараёнларнинг ҳаракатлантирувчи кучи ва кинетик коэффициенти қийматлари моддий оқимларнинг ҳаракат режимларидан боғлиқ бўлади.

Шундай қилиб, юқорида кўриб чиқилган жараёнларни ўрганиш пайтида бир турдаги дифференциал тенгламалардан фойдаланилади.

Назарий услубда олинган дифференциал тенгламалар ўхшашлик назарияси принциплари асосида қайта ишланиб, критериал тенгламалар шаклига айлантрилади. Сўнгра, тажриба натижалари бўйича, ҳисоблашлар учун қулай шаклдаги тенгламалар ҳолатига келтрилади. Жараённинг критериал тенгламалари бўйича аниқланган тезлик коэффициенти келгусида уни амалга оширувчи курилмани ҳисоблаш учун ишлатилади.

### **Кимёвий кинетика асослари**

Кимёвий кинетика физик кимёнинг кимёвий реакция тезлигини ўрганувчи бўлимидир.

Технологик жараён микрокинетикасини ўрганиш асосида ушбу жараёнда кимёвий реакция тезлиги  $W_k$  тўғрисида маълумотни, яъни, вақт  $\tau$  ва ҳажм  $V$  бирлигида қанча модда  $N$  ҳосил бўлганлигини аниқлаш мумкин

$$W_k = (L/V) dN/d\tau, \quad (2-26)$$

бу ерда  $N = cV$  ( $c$ - модда концентрацияси) эканлигини ҳисобга олиб кимёвий реакциялар тезлигини

$$W_k = Ld(cV)/Vd\tau = (L/V)[cdV/d\tau + Vdc/d\tau], \quad (2-27)$$

ёки

$$W_k = (c/V) dV/d\tau + dc/d\tau, \quad (2-28)$$

кўринишларда ёзишимиз мумкин.

Ўзгармас ҳажмда ( $V = \text{const}$ ) кечаётган реакциялар учун  $dV/d\tau = 0$  бўлганлиги учун

$$W_k = (+/-) dC/d\tau, \quad (2-29)$$

бу ерда (+) ишора реакция натижасида модда миқдори ортиб боришини, (-) ишора эса аксинча, реакция натижасида модда миқдори камайишини кўрсатади;

Ўзаро таъсир қонунига асосан кимёвий реакция тезлиги, реакцияга киришаётган моддалар концентрациясига мутаносибдир:

$$W_k = k \cdot C_A^{n_1} \cdot C_B^{n_2}, \quad (2-30)$$

бу ерда  $n_1$  ва  $n_2$ - кимёвий реакция тартиби;  $k$ - кимёвий реакция доимийси ( $c^{-1}$ ).

Агар кимёвий реакция бир босқичда кечаётган бўлса, у элементар ҳисобланади. Элементар кимёвий реакциялар учун реакция тартиби ва стехиометрик коэффицентлари бир хил қийматга эга бўлади.

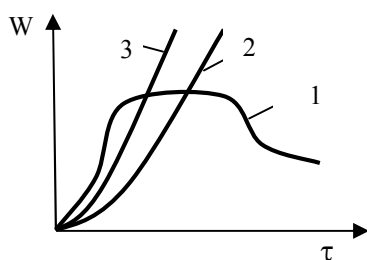
Кимёвий реакция тезлиги доимийси  $k$  молекула турига ва ҳароратига боғлиқ бўлади. Маълум бир молекула учун, ўзгармас ҳароратда  $k = \text{const}$ .

Кимёвий реакция тезлиги доимийси ва ҳарорат ўртасидаги боғлиқлик одатда Аррениус қонуни орқали ифодаланади

$$k = k_0 \cdot e^{-E/RT}, \quad (2-31)$$

бу ерда  $k_0$ - экспонента олди коэффицентлари, унинг қиймати ўзаро тўқнашаётган молекулалар сонига боғлиқ;  $E$ - активация (фаолланиш) энергияси, унинг қиймати ортиши билан реакция тезлиги кўпроқ ҳароратга боғлиқ бўлади (2.1-расм).

$k_0$  ва  $E$  катталарининг сон қийматлари тажриба йўли билан аниқланади.



2.3-расм. Активация энергиясини ҳароратдан боғлиқлиги: 1 ва 3– оддий элементар кимёвий реакциялар учун; 2–муракаб, кўп босқичли ва қайтар кимёвий реакциялар учун.

Озиқ-овқат ва кимёвий реакцияларнинг кинетикасини корхоналарида қўлланиладиган

реакторларда кечаётган жараёнларни математик моделлаштириш йўли билан ўрганиш пайтида дастлаб жараённинг стехиометрияси тузилади, сўнгра реакция молекулярлиги ва тартиби аниқланади. Агар кимёвий реакция тезлиги доимийсининг қиймати ноъмалум бўлса, уни тажриба йўли билан аниқланади. Шундан сўнг жараённи кинетик тенгламаси тузилади.

- Назорат саволлари. 1.Жараён кинетикасини ўрганишдан мақсад нима? 2.Технологик жараёнларнинг асосий қонуниятларини айтиб беринг. 3.Моддани сақлаш қонунининг амалий аҳамияти ҳақида нималарни биласиз? 4.Жараённинг моддий баланси қандай тузилади? 5.Бирон-бир ихтиёрий жараённинг моддий балансини тузишга оид мисол келтиринг. 6.Моддий баланс тенгламаларининг қандай турлари мавжуд? 7.Оқимнинг узлуксизлиги тенгламаси ва моддани сақлаш қонуни ўртасидаги умумийликни изохлаб беринг. 8.Даврий ёки узлуксиз жараёнларнинг моддий баланси тенгламаларини тузишга оид мисоллар келтиринг. 9.Жараённинг иссиқлик баланси моҳиятини тушунтириб беринг. 10.Жараёнларнинг

иссиқлик баланси қандай мақсадларда тузилади? 11.Бирон-бир ихтиёрий суюқликни қиздириш ёки совутиш жараёни учун иссиқлик баланси туза оласизми? 12.Системанинг мувозанат ҳолатига таъриф беринг. 13.Фазалар қондасини қандай мақсадлар учун қўллаш мумкин? 14.Асосий жараёнларнинг кинетик тенгламаларидан бирини шарҳлаб беринг.

### Технологик жараёнлар ва қурилмаларни ҳисоблаш ва лойиҳалаш асослари

#### Жараёнлар ва қурилмаларни ҳисоблаш тартиблари

Кимё, қурилиш материаллари технологиясида янги жараёнларни яратиш ёки мавжуд жараёнларни мукамаллаштириш пайтида ушбу жараёнларнинг кинетикаси ўрганилади.

Ўрганилаётган жараённинг кинетик қонуниятларини таҳлил қилиш натижасида уни амалга оширишнинг оптимал шароитлари (ишчи параметрлар қийматларининг оптимал чегаралари) аниқланади. Шунга кўра, ушбу шароитга монанд бўлган жиҳоз танлаб олинади ёки лойиҳаланади.

Машина ёки қурилмани ҳисоблаш пайтида қайта ишланаётган хом-ашё ва материаллар оқимларининг сарфлари, зарурий энергия миқдори, қурилманинг ишчи юзаси ёки ҳажмининг асосий ўлчамлари ҳамда жараён даври аниқланади.

Жараёнлар ва қурилмаларни ҳисоблаш ишлари қуйидаги кетма-кетликда бажарилади.

1. Жараённи моддий ва иссиқлик баланси тузилади. Ушбу баланс тенгламаларига асосан қурилмага киритилаётган ва ундан чиқаётган моддий ва энергетик оқимлар сарфи (миқдори) аниқланади.

2. Статик режимлар учун жараён йўналиши ва мувозанат ҳолатининг чегаралари аниқланади.

3. Жараённи ҳаракатга келтирувчи куч (концентрация, ҳарорат ва босимлар фарқи) қиймати аниқланади.

4. Жараён кинетикаси асосида унинг тезлиги ва даври аниқланади.

5. Жараён параметрларининг оптимал қийматлари бўйича қурилмани ишчи юзаси ёки ҳажми ҳисобланади.

6. Қурилмани ҳисобланган конструктив ўлчамларига кўра унинг барча элементларини геометрик ўлчамлари аниқланади. Зарурий ҳолларда мустаҳкамлик ҳисоблари ҳам бажарилади.

7. Жараённи амалга ошириш пайтида қурилма ёки машинанинг ишчи органларига таъсир этувчи кучлар қиймати ҳисобланади. Шундан сўнг, ишчи орган ҳаракати учун зарур бўлган қувват миқдори аниқланади.

8. Кинематик ҳисоблар асосида механик узатмаларни фойдали иш коэффициентини ва узатишлар сони аниқланиб, технологик жиҳоз электродвигателининг истеъмол қуввати аниқланади. Бу турдаги ҳисоблашларни бажариш услублари “Амалий механика” фани материалларида ўрганилган ва зарурий маълумотлар адабиётларда кенг ёритилган.

#### Физик катталиқлар ва уларнинг ўлчов бирликлари

“Физик катталиқ” тушунчаси бир қатор физик объектлар (системалар, уларнинг ҳолати ва уларда кечаётган жараёнлар) учун сифат жиҳатдан умумий, аммо миқдор жиҳатдан ҳар бир объект учун индивидуал бўлган **хосса** деб таърифланади. Масалан, барча жисмлар массага ва ҳароратга эга бўлади, аммо ушбу параметрларнинг сон қийматлари ҳар бир жисм учун фарқли бўлади. Шунинг учун ҳар бир объектнинг

хоссаларини акс эттирувчи физик катталиклар ўртасидаги миқдорий фарқни аниқлаш мақсадида **физик катталиқни ўлчаш** тушунчаси киритилади.

Ҳар бир физик катталикларнинг ўлчамлари ўртасида, ифодаланишига кўра, сон қийматли (бутун, рационал ва ҳақиқий сонлар, векторлар ёки матрицалар шаклида) ёки мантикий структурага эга бўлган нисбатлар (“катта”, “кичик”, “тенг”, “йиғинди” ва б.) мавжуд. Одатда сон қиймати шаклидаги ифодага эга бўлган нисбатлар катталиқ ўлчамини ифодалайди.

**3.2.1. СИ (Systeme International) халқаро бирликлар тизими.** Физик катталикларнинг бир неча тизимлари мавжудлиги, носистематик бирликларнинг кўплиги ва бир тизимдан иккинчисига ўтиш пайтида қайта ҳисоблашларни бажариш ноқулайлиги ўлчов бирликларининг унификациялашни талаб этади. Турли давлатлар ўртасидаги иқтисодий ва илмий-техникавий алоқаларни ўсиши бундай умумлаштиришни халқаро масштабда амалга ошириш заруриятини келтириб чиқарди. Шундай қилиб, барча ўлчаш соҳаларини қамраб олувчи, амалий жиҳатдан қулай бўлган физик катталикларнинг ягона тизимига талаб кучайди.

1960 йилда ўлчов ва тарозилар Бош конференцияси томонидан халқаро бирликлар тизими СИ тасдиқланди. Шу билан бирга янги тизимнинг 6 та асосий, 2 та қўшимча (3.1-жадвал) ва 27 та бирликнинг ўзаро ҳосиласи акс этган 1-рўйхат ҳамда бирликларнинг ўзаро нисбатлари ва бўлақларини белгиловчи олд қўшимчалар тасдиқланди.

3.1-жадвал

СИ тизимининг асосий ва қўшимча бирликлари

т/р	Катталиклар	Ўлчов бирлиги	Русча белгиси	Халқаро белгиси
<b>1. Асосий бирликлар:</b>				
1.1	узунлик	метр	м	m
1.2	масса	килограмм	кг	kg
1.3	вақт	секунд	с	s
1.4	электр токи кучи	ампер	а	A
1.5	термодинамик ҳарорат	кельвин	к	K
1.6	модда миқдори	моль	моль	mol
<b>2. Қўшимча бирликлар:</b>				
2.1	ясси бурчак	радиан	рад	
2.2	фазовий бурчак	стерадиан	ср	

3.2-жадвал

СИ тизимининг ҳосилавий бирликлари

т/р	Катталиқ номи	Белгиси	Тенгламаси	Ўлчов бирлиги	Изохлар
<b>1</b>	<b>Механик катталиклар учун</b>				
1.1	Майдон (юза)	S	$S = l \cdot b$	м <sup>2</sup>	l- узунлик, b- кенглик
1.2	Ҳажм, сиғим	V	$V = l \cdot b \cdot h$	м <sup>3</sup>	h- баландлик
1.3	Тебраниш частотаси	f	$f = 1/T$	Гц	T- тебраниш даври
1.4	Чизикли тезлик	v	$v = l/t$	м/с	l- масофа, узунлик; t- вақт
1.5	Тезланиш	a	$a = (v_2 - v_1)/t$	м/с <sup>2</sup>	
1.6	Бурчак тезлик	ω	$\omega = \varphi/t$	рад/с	φ- бурчак, радиан
1.7	Куч	F	$F = m \cdot a$	Н	m- масса

1.8	Зичлик	$\rho$	$\rho = m/v$	кг/м <sup>3</sup>	
1.9	Босим, механик кучланиш	P	$P = F/S,$ $\sigma = F/S$	Па	Паскаль
1.10	Қувват	N, P	$N = A/t$	Вт	A- иш, энергия ёки иссиқлик миқдори, Ж
1.11	Динамик қовушқоқлик	$\mu$	$\mu = F/[S(v/l)]$	Па·с	
1.12	Кинематик қовушқоқлик	$\nu$	$\nu = \mu/\rho$	м <sup>2</sup> /с	
1.13	Модда сарфи: - хажмий - массавий	Q M, G	$Q = V/t,$ $G = Q\rho$	м <sup>3</sup> /с, кг/с	
<b>2</b>	<b>Иссиқлик катталиклари учун:</b>				
2.1	Фазавий ўзгаришлар (конденсация, буғланиш) солиштирма иссиқлиги	i	$i = L/m$	Ж/кг	L- фазавий ўзгаришлар (конденсация, буғланиш) иссиқлиги
2.2	Солиштирма иссиқлик сифими	C	$C = Q/m(t_2 - t_1)$	Ж/(кг·К)	Q- иссиқлик миқдори; t <sub>1</sub> , t <sub>2</sub> - дастлабки ва охириги ҳарорат
2.4	Иссиқлик оқими	q	$q = Q/(St)$	Вт	
2.5	Ҳарорат градиенти	$\Delta t/\Delta l$	$\Delta t/\Delta l = (t_1 - t_2)/l$	К/м	
2.6	Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти	$\lambda$	$\lambda = Q\Delta l/(S\Delta t)$	Вт/(м·К)	
2.7	Газ доимийси	R	$R = Pv/T$	Ж/(г·К)	v- газнинг бирлик ҳажми; T- ҳарорат
2.8	Ҳарорат ўтказувчанлик коэффициенти		$a = \lambda/(\rho C)$	м <sup>2</sup> /с	
2.9	Иссиқлик бериш коэффициенти	$\alpha$	$\alpha = q/S(t_2 - t_1)$	Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	
<b>3</b>	<b>Моляр катталиклари учун</b>				
3.1	Моляр масса	M	$M = m/v$	кг/моль	v- модда миқдори, моль
3.2	Моляр ҳажм	V <sub>m</sub>	$V_m = V/v$	м <sup>3</sup> /моль	V-модда ҳажми, м <sup>3</sup>
3.3	Моляр иссиқлик сифими	C <sub>m</sub>	$C_m = C_p/v$	моль/м <sup>3</sup>	C <sub>p</sub> -ўзгармас босимда моддани солиштирма иссиқлик сифими
3.4	Моляр концентрация	C <sub>v</sub>	$C_v = v_v/V$	Ж/моль·К	v <sub>v</sub> -V модда миқдори, моль; V-эритма ҳажми, м <sup>3</sup>

3.3-жадвал

СИ тизимининг нисбий ва улушли бирликлари

т/р	Кўпайтма a <sup>n</sup>	Кўшимча номи	Русча белгиси	Ҳалқаро белгиси
-----	-------------------------	--------------	---------------	-----------------

	$1000000000000000000 = 10^{18}$	экса	Э	E
	$100000000000000000 = 10^{15}$	пета	П	P
1	$10000000000000000 = 10^{12}$	тера	Т	T
2	$10000000000 = 10^9$	гига	Г	G
3	$1000000 = 10^6$	мега	М	M
4	$1000 = 10^3$	кило	К	k
5	$100 = 10^2$	гекто	Г	h
6	$10 = 10$	дека	да	da
7	$0,1 = 10^{-1}$	деци	д	d
8	$0,01 = 10^{-2}$	сант	с	S
9	$0,001 = 10^{-3}$	милли	м	m
10	$0,000001 = 10^{-6}$	микро	мк	μ
11	$0,000000001 = 10^{-9}$	нано	н	n
12	$0,000000000001 = 10^{-12}$	пико	п	p
13	$0,0000000000000001 = 10^{-15}$	фемто	ф	f
14	$0,000000000000000001 = 10^{-18}$	атто	а	a

СИ тизимини қабул қилиниши турли мамлакатлардаги илмий-техник ташкилотларнинг фан ва техника соҳаларида эришган барча тажрибаларини умумлаштиришда муҳим ўрин тутади. Ушбу халқаро бирликлар тизими қуйидаги афзалликларга эга:

1. Универсаллик – фан, техника ва халқ хўжалигининг барча соҳаларини қамраб олади;

2. Барча ўлчаш турлари учун бирликларни унификациялан-ганлиги, масалан, мавжуд босим бирликлари - атмосфера, миллиметр симоб устуни, метр сув устуни, пьеза, дина/см<sup>2</sup> ва бошқалар ўрнига СИ тизимида Паскаль қўлланилади.

3. Асосий ва кўплаб ҳосилавий бирликлар амалиёт учун қулай бўлган шаклда қўлланилади, масалан, майдон учун- м<sup>2</sup>, ҳажм- м<sup>3</sup>, электр қаршилиги- Ом ва бошқалар.

4. Бирликлар тизимининг когерентлиги (физик катталикларнинг ўзаро боғлиқлиги ва келишилганлиги) - физик катталикларнинг ҳосилавий бирликларини аниқловчи тенгламаларда пропорционаллик коэффицентлари ўлчамсиз бирликка тенг.

5. СИ тизимида масса (бирлиги килограмм) ва куч (бирлиги ньютон) чегаралари аниқ белгиланган.

Метрик системада қабул қилинган ўнли нисбатлар катта ва кичик ўлчамларнинг нисбий ва улушли бирликларини ҳосил қилишнинг энг прогрессив усули ҳисобланади. Ўнли нисбатлар ва улушлар олд қўшимчалар қўшиш йўли билан ҳосил қилинади (3.3-жадвал). Бу пайтда даража кўрсаткичи фақат олд қўшимча қўшиш туфайли олинадиган катталиққа тегишли бўлади, масалан,  $1\text{км}^2 = 1(\text{км})^2 = (10^3 \text{ м})^2 = 10^6 \text{ м}^2$ ;  $1\text{см}^3 = 1(\text{см})^3 = (10^{-2} \text{ м})^3 = 10^{-6} \text{ м}^3$ ;  $1\text{см}^2 = 1(\text{см})^2 = (10 \text{ мм})^2 = 100 \text{ мм}^2$ ;  $1\text{м}^3 = 1(\text{м})^3 = (100 \text{ см})^3 = 10^6 \text{ см}^3$ .

Қуйидаги 3.4-жадвалда СИ тизимининг бирликлари ва амалиётда қўлланиладиган айрим носистематик бирликлар ўртасидаги нисбатлар келтирилган.

3.4 - жадвал

СИ ва бошқа тизимлар бирликларининг ўзаро нисбатлари

т/ р	Катталиқ номи	Катталиқ		СИ ва бошқа тизимлар бирликларининг ўзаро нисбати
		белгиси	бирлиги	
1	2	3	4	5
1	Узунлик	L	м	$1\text{м} = 10^2\text{см} = 10^3\text{мм} = 10^6\text{мкм} = 10^{10}$

				$A^{\circ}; 1 \text{ ft} = 0.3048 \text{ м}; 1 \text{ in} = 25.4 \cdot 10^{-3} \text{ м}$
2	Оғирлик (оғирлик кучи)	G	H	$1 \text{ кгс} = 9,81 \text{ Н}; 1 \text{ дин} = 10^{-5} \text{ Н},$ $1 \text{ lbf} = 4.45 \text{ Н}$
3	Масса	M	кг	$1 \text{ тонна} = 10 \text{ ц} = 1000 \text{ кг}; 1 \text{ кг} = 10^3 \text{ г};$ $1 \text{ lb} = 0.454 \text{ кг}$
4	Ҳарорат	t, T	K	$t(^{\circ}\text{C}) = (t + 273,15)\text{K}; 1^{\circ}\text{F} =$ $0,56 \text{ K}; 1^{\circ}\text{C} = 1.8^{\circ}\text{F}.$ $t(^{\circ}\text{F}) = [0.5556(t-32)+273,15)\text{K}$
5	Текислик бурчаги	$\phi$	рад	$1^{\circ} = \pi/180 \text{ рад}$
6	Қовушқоқлик коэффициенти: - динамик  - кинематик	$\mu$  $\nu$	Па·с  $\text{м}^2/\text{с}$	$1 \text{ П (пуаз)} = 0,1 \text{ Па}\cdot\text{с};$ $1 \text{ сП} = 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с} = 1 \text{ МПа}\cdot\text{с};$ $1 \text{ См} = 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с} = 1 \text{ см}^2/\text{с}$
7	Босим	P	Па	$1 \text{ бар} = 10^5 \text{ Па}; 1 \text{ кгс}/\text{см}^2 = 1 \text{ ат} =$ $9,81 \cdot 10^4 \text{ Па} = 735 \text{ мм сим. уст.} = 10$ $\text{ м сув уст.}; 1 \text{ атм} = 1,033 \text{ кгс}/\text{м}^2 =$ $1,01 \cdot 10^5 \text{ Па} = 760 \text{ мм сим.уст} = 10,33$ $\text{ м сув уст.}; 1 \text{ кгс}/\text{м}^2 = 1 \text{ мм сув уст.} =$ $9,81 \text{ Па}; 1 \text{ мм сим.уст.} = 133,3 \text{ Па}.$
8	Қувват	N	Вт	$1 \text{ кВт} = 1000 \text{ Вт}; 1 \text{ ккал}/\text{соат} = 1,163$ $\text{ Вт}; 1 \text{ кгс}\cdot\text{м}/\text{с} = 9,81 \text{ Вт}$
9	Сирт таранглик	$\sigma$	н/м	$1 \text{ кгс}/\text{м} = 9,81 \text{ Ж}/\text{м}^2$
10	Ҳажм	V	$\text{м}^3$	$1 \text{ м}^3 = 10^3 \text{ л} = 10^2 \text{ дал}$
11	Бирлик ҳажм	V	$\text{м}^3/\text{кг}$	$1 \text{ м}^3/\text{тн} = 10^{-3} \text{ м}^3/\text{кг}; 1 \text{ дм}^3/\text{кг} = 1$ $\text{ см}^3/\text{г} = 10^{-3} \text{ м}^3/\text{кг}.$
12	Зичлик	$\rho$	$\text{кг}/\text{м}^3$	$1 \text{ тн}/\text{м}^3 = 10^3 \text{ кг}/\text{м}^3 = 1 \text{ г}/\text{см}^3.$
13	Иш, энергия, иссиқлик миқдори	A	Ж	$1 \text{ кг}\cdot\text{см} = 9,81 \text{ Ж}; 1 \text{ кВт}\cdot\text{соат} = 3,6 \cdot 10^6$ $\text{ Ж}; 1 \text{ ккал} = 4186,8 \text{ Ж} = 4,19 \text{ кЖ}; 1$ $\text{ ВТУ} = 1055 \text{ Ж}.$
14	Ҳажмий сарф	Q	$\text{м}^3/\text{сек}$	$1 \text{ л}/\text{мин} = 16,67 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{сек}$
15	Бурчакли тезлик	$\omega$	рад/с, $\text{с}^{-1}$	$1 \text{ мин}^{-1} = \pi/30 \text{ рад}/\text{сек};$ $1 \text{ сек}^{-1} = 2\pi \text{ рад}/\text{сек}.$
16	Солиштирма иссиқлик сиғими	C	Ж/(кг·К)	$1 \text{ ккал}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}) = 4,19 \text{ кЖ}/(\text{кг}\cdot\text{K})$
1	2	3	4	5
17	Иссиқлик бериш (уза- тиш) коэффициенти	$\alpha, \text{ K}$	$\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$	$1 \text{ ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{соат} \cdot ^{\circ}\text{C}) = 1,163 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{K})$
18	Иссиқлик оқимининг зичлиги	Q	$\text{Вт}/\text{м}^2$	$1 \text{ ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{соат}) = 1,163 \text{ Вт}/\text{м}^2$
19	Иссиқлик ўтказиш коэффициенти	$\lambda$	$\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{K})$	$1 \text{ ккал}/(\text{м}\cdot\text{соат} \cdot ^{\circ}\text{C}) = 1,163 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{K})$
20	Конденсацияланиш (буғланиш) иссиқлиги	r	Ж/кг	$1 \text{ ккал}/\text{кг} = 4,19 \text{ кЖ}/\text{кг}$
21	Солиштирма энтальпия	i	Ж/кг	$1 \text{ ккал}/\text{кг} = 4,19 \text{ кЖ}/\text{кг}$

**Кимё ва қурилиш материаллари маҳсулотлари ва хом-ашёларининг  
асосий хоссалари**

Кимё ва қурилиш материаллари маҳсулотларининг кўплаб турларини шартли равишда бир жинсли ва бир жинсли бўлмаган аралашмалар деб тавсифлаш мумкин.



Бир жинсли (гомоген) системалар гуруҳига асосан эритмалар (шарбатлар, сут, қиёмлар, сув-спирт аралашмаси ва б.) киритилади. Бундай аралашмалар ўз таркибидаги эриган модда концентрацияси билан тавсифланади.

Қаттиқ модда заррачаларини суюқликлар билан аралашмаси (суспензия) ва бири-бирида эрмайдиган суюқликлар аралашмалари (эмульсиялар) бир жинсли бўлмаган (гетероген) системалар гуруҳига киритилади. Бундай системалар аралашмадаги заррачаларнинг массавий ёки ҳажмий улушлари билан тавсифланади.

Барча моддаларнинг хоссаларини иккита асосий гуруҳга ажратиш мумкин:

1. Физикавий хоссалар гуруҳи - зичлик, солиштирма оғирлик, қовушқоқлик, сирт таранглиги ва х.

2. Иссиқлик табиатли хоссалар гуруҳи - солиштирма иссиқлик сиғими, иссиқлик ўтказувчанлик, ҳарорат ўтказувчанлик ва бошқалар.

Қуйида моддаларнинг айрим хусусиятларини кўриб чиқамиз.

**Зичлик.** Бир жинсли моддани ҳажм бирлигидаги массаси унинг зичлигини белгилайди

$$\rho = m/V, \quad (3-1)$$

бу ерда  $\rho$ - зичлик, кг/м<sup>3</sup>;  $m$ - масса, кг;  $V$ - ҳажм, м<sup>3</sup>.

Зичликка тесқари бўлган катталиқ (м<sup>3</sup>/кг)

$$v = 1/\rho = V/m \quad (3-2)$$

**солиштирма ҳажм** дейилади. Ушбу катталиқ газларни тавсифлаш учун қўлланилади.

Бир модда зичлигини иккинчи модда зичлигига нисбати **нисбий зичлик** дейилади. Одатда моддаларнинг нисбий зичлиги  $\rho_n$  4<sup>0</sup>С ҳароратдаги дистилланган сувнинг зичлиги  $\rho_{сув}$  бўйича аниқланади

$$\rho_n = \rho/\rho_{сув}, \quad (3-3)$$

бу ерда  $\rho$ - модданинг зичлиги.

Икки хил моддадан ташкил топган аралашманинг зичлиги  $\rho_{ар}$  қуйидагича ҳисобланиши мумкин

$$\rho_{ар} = (m_1/p_1 + m_2/p_2)^{-1} = [m_1/p_1 + (1 - m_1)/p_2]^{-1}, \quad (3-4)$$

бу ерда  $m_1$ - биринчи моддани аралашмадаги массавий улуши, кг/кг;  $m_2 = 1 - m_1$  - иккинчи моддани аралашмадаги массавий улуши, кг/кг;  $p_1$  ва  $p_2$ - моддаларнинг зичликлари, кг/м<sup>3</sup>.

Суспензиянинг зичлиги  $\rho_{сп}$  қуйидаги тенглама бўйича ҳисобланиши мумкин

$$\rho_{сп} = \rho_k \phi + \rho_c (1 - \phi), \quad (3-5)$$

бу ерда  $\rho_k$ - қаттиқ жисм заррачаларининг зичлиги;  $\phi$ - қаттиқ жисм заррачаларининг суспензиядаги массавий улуши;  $\rho_c$ - суюқликнинг зичлиги.

Дон, шакар, ун, крахмал, мевалар, сабзавотлар ва бошқа дондор сочилувчан маҳсулотлар уйма зичлиги (қатлам зичлиги)  $\rho_y$  билан тавсифланади

$$\rho_y = (1 - \epsilon)\rho_x = (1 - V_6/V_3)\rho_x, \quad (3-6)$$

бу ерда  $\epsilon$ - сочилувчан маҳсулотнинг ғовақлиги,  $\epsilon = V_6/V_3$ ;  $V_6$ - эркин ҳолатда тўқилган материал қатламидаги бўшлиқлар ҳажми, м<sup>3</sup>;  $V_3$ - эркин тўқилган материал ҳажми, м<sup>3</sup>;  $\rho_x$ - материал заррачаларининг ҳақиқий зичлиги.

Газларнинг зичлиги  $\rho_r$  (кг/м<sup>3</sup>) Клапейрон тенгламаси бўйича аниқланади

$$\rho_r = \rho_0(T_0 P / T P_0) = (M/22,4)[(273.15 P / (T P_0))], \quad (3-7)$$

бу ерда  $\rho_0 = M/22,4$ - газнинг нормал шароитлардаги ( $P_0 = 1013$  Па,  $T_0 = 273.15$ К) зичлиги, кг/м<sup>3</sup>;  $M$ - газнинг молекуляр массаси, кг/моль;  $P$ - газ босими, Па;  $t$ - газнинг ҳарорати, °С;  $T$ - абсолют ҳарорат, К;  $T = 273.15 + t$ .

Газ аралашмаларининг зичлиги

$$\rho_{ар} = n_1 p_1 + n_2 p_2 + \dots + n_j p_j, \quad (3-8)$$

бу ерда  $j$ - газ аралашмасининг таркибий компонентлари сони,  $j = 1, 2, 3, \dots, N$ ;  $n_1, n_2, \dots, n_j$  - компонентларнинг аралашмадаги ҳажмий улушлари;  $p_1, p_2, \dots, p_j$ - компонентларнинг зичликлари.

Ҳажм бирлигидаги модданинг оғирлиги **солиштирма оғирлик** дейилади

$$\gamma = G/V = mg/V = pg, \quad (3-9)$$

бу ерда G- модданинг оғирлиги (вазни, оғирлик кучи), Н;  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ - эркин тушиш тезланиши.

Озик-овқат маҳсулотлари технологиясида қўлланиладиган бир қатор материаллар, хом-ашёлар, тайёр ва ярим тайёр маҳсулотларнинг зичликлари ҳақида маълумотлар, жадвал ёки эмпирик тенгламалар шаклида, соҳага оид адабиётлар ва маълумотномаларда [3,12-14] келтирилади.

**Қовушқоқлик.** Реал суюқликлар ҳаракатланганда уларда оқим ҳаракатига қаршилик кўрсатувчи ички кучлар пайдо бўлади. Бу қаршилик кучлари суюқликнинг бири-бирига нисбатан сурилаётган қўшни қатламлари орасида юзага келади. Суюқлик заррачаларининг нисбий кўчишига (қатламни сурилишига) сабаб бўлувчи ташқи кучларга қаршилик кўрсатиш хусусияти суюқликни қовушқоқлиги дейилади.

Суюқлик қатламларини сурилиши учун ташқи куч T қатламга нисбатан уринма йўналишда таъсир этади. Унинг қиймати суюқлик қатламларининг контакт юзасига F пропорционал бўлади.

$$T = \mu F(d\omega/dL), \quad (3-10)$$

бу ерда  $\mu$ - пропорционаллик коэффициенти ёки қовушқоқликнинг динамик коэффициенти;  $d\omega/dL$  - қатламлардаги тезлик градиенти;  $\omega$ - оқим тезлиги (ёки қатламнинг сурилиш тезлиги), м/с; L- қатламлар орасидаги масофа, м.

Суюқлик ҳажмида юзага келувчи қаршилик кучи қиймат жиҳатдан T кучга тенг ва унинг таъсир йўналишига қарама-қарши йўналган бўлади. Ташқи кучни қатламларнинг контакт юзасига F нисбати

$$\tau = T/F = -\mu(d\omega/dL), \quad (3-11)$$

ички ишқаланиш кучи  $\tau$  ёки сурилиш кучланиши дейилади.

Тенгламадаги (-) ишораси нисбатан юқори тезликда ҳаракатлана-ётган қатламни  $\tau$  кучланиши туфайли секинлашувини кўрсатади.

(3-11) тенглама Ньютоннинг ички ишқаланиш қонунини ифодалайди: “суюқликни оқиши пайтида унинг қатламлари орасида юзага келувчи ички ишқаланиш кучланиши тезлик градиентига тўғри пропорционалдир”.

Юқоридаги тенгламаларнинг ифодаларига кўра қовушқоқликни динамик коэффициенти

$$\begin{aligned} \mu &= (T/F)(d\omega/dL)^{-1} = (T/F)(dL/d\omega) = (Н/м^2)[м/(м/с)] = \\ &= [Нс/м^2] = \text{Па}\cdot\text{с}, \end{aligned} \quad (3-12)$$

Қовушқоқликнинг динамик  $\mu$  ва кинематик  $\nu$  ( $\text{м}^2/\text{с}$ ) коэффициентлари орасидаги боғлиқлик

$$\nu = \mu/\rho. \quad (3-13)$$

Одатда газлар учун  $\mu$  ва  $\nu$  коэффициентларининг қийматлари ҳароратдан боғлиқ бўлади:

$$\mu_t = \mu_o [(273.15 + C)/(T + C)](T/273.15)^{1.5}, \quad (3-14)$$

бу ерда  $\mu_o$ - қовушқоқликнинг 273.15К ҳароратдаги қиймати; C- Сатерлянд коэффициенти, масалан, ҳаво учун C= 124; азот учун C= 114; кислород учун C= 131; T- газ ҳарорати, К.

Суюлтирилган суспензияларнинг қовушқоқлиги, улар таркибидаги қаттиқ жисм заррачаларининг ўлчамлари қандай бўлишидан қатъий назар, қуйидаги тенгламалар ёрдамида ҳисобланиши мумкин:

- заррачаларнинг ҳажмий улуши  $\phi \leq 10\%$  бўлган ҳолларда

$$\mu_{сп} = \mu_c(1+2.5\phi); \quad (3-15)$$

- заррачаларнинг ҳажмий улуши  $\phi > 10\%$  бўлган ҳолларда

$$\mu_{сп} = \mu_c(1+4.5\phi); \quad (3-16)$$

бу ерда  $\mu_c$ - тоза суюқлик қовушқоқлигининг динамик коэффициенти.

Натурал ва қуюлтирилган сут, шарбатлар ва қиёмларнинг турли ҳароратлардаги динамик қовушқоқлигини (МПа·с) аниқлаш учун қуйидаги тенгламадан фойдаланиш тавсия этилади

$$\mu_t = 12.9 \mu_{20}/t^{0.85}, \quad (3-17)$$

бу ерда  $\mu_{20}$ - маҳсулотни  $t = 20^\circ\text{C}$  ҳароратдаги қовушқоқлиги; масалан сут учун  $\mu_{20} = 0.7e^{(0.06+0.08x)}$ ;  $x$ - сут таркибидаги қуруқ моддалар концентрацияси.

Ўсимлик ёғларининг қовушқоқлиги (Па·с)

$$\mu_t = 0.175/[10e^{(0.31+0.026t)}], \quad (3-18)$$

Томат маҳсулотлари (шарбат, паста) қовушқоқлигининг динамик коэффицентини (Па·с)

$$\mu_t = 0.0199 x^{2.94} t^{-1.17}, \quad (3-19)$$

Газ аралашмаларининг қовушқоқлигини қуйидаги тенглама бўйича аниқлаш мумкин

$$M_{ap}/\mu_{ap} = n_1M_1/\mu_1 + n_2M_2/\mu_2 + \dots + n_jM_j/\mu_j, \quad (3-20)$$

бу ерда  $j = 1, 2, 3, \dots, N$  - компонентлар сони;  $M_{ap}, M_1, M_2, \dots, M_j$  - газ аралашмаси ва унинг алоҳида компонентларини молекуляр массалари;  $\mu_{ap}, \mu_1, \mu_2, \dots, \mu_j$  - газ аралашмаси ва унинг алоҳида компонентларини динамик қовушқоқлиги;  $n_1, n_2, \dots, n_j$  - компонентларни аралашмадаги ҳажмий улушлари.

**Сирт таранглиги.** Озиқ-овқат технологиясининг бир қатор жараёнларида (масалан, суюқликларни пурқаш, барботаж, абсорбция ва х.) ҳаракатдаги суюқлик газ (буғ) билан ёки унга нисбатан ўзаро аралашмайдиган бошқа бир суюқлик билан тўқнашуви мумкин. Бу пайтда тўқнашаётган фазалар ўртасидаги контакт юза суюқликнинг сирт таранглик кучлари таъсирида кичрайишга интилади. Шу сабабдан, газ оқимидаги суюқлик томчиси ёки суюқликдаги газ пуфакчалари, ташқи кучлар таъсири бўлмаган ҳолатларда, шарсимон шаклга эга бўлади.

Фазалар ўртасидаги контакт юзани орттириш (ёки янги юзалар ҳосил қилиш) учун маълум бир миқдорда энергия сарфланиши лозим. Янги юза бирлигини ҳосил қилиш учун сарфланиши зарур бўлган иш қийматига тенг бўлган катталиқ сирт таранглиги  $\sigma$  дейилади.

СИ системасида сирт таранглигининг ўлчов бирлиги

$$\sigma = [\text{Ж}/\text{м}^2] = [\text{Н}\cdot\text{м}/\text{м}^2] = [\text{Н}/\text{м}].$$

Ушбу ифодага асосан, сирт таранглиги суюқлик ва унга тегиб турувчи муҳит ўртасидаги контакт юза бирлигига таъсир этувчи куч сифатида қаралиши мумкин.

Ҳароратнинг ортиши билан сирт таранглиги камайиб боради. Қаттиқ материаллар юзасини суюқлик билан хўлланиши сирт таранглик қийматига боғлиқ бўлади. Ушбу ҳолат буғларни конденсацияланиши, абсорбция ва бошқа жараёнларнинг гидродинамик шароитига сезиларли таъсир кўрсатади.

Айрим суюқликларнинг  $20^\circ\text{C}$  ҳароратдаги сирт таранглиги қиймати ( $\sigma \cdot 10^3$  Н/м) қуйидагича: сув - 72.8; этил спирти - 22.6; сирка кислотаси - 27.8.

**Иссиқлик сиғими** - бу катталиқ моддага берилган иссиқлик миқдорини унинг ҳароратини ўзгаришига нисбатидир. Масса бирлигидаги модданинг иссиқлик сиғими **солиштира иссиқлик сиғими**  $C$  [ $\text{Ж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$ ] дейилади

$$C = Q/(\Delta t m) = Q/[(t_1-t_0)m], \quad (3-21)$$

бу ерда  $Q$ - моддани иситиш учун сарфланган иссиқлик миқдори,  $\text{Ж}$ ;  $m$ - модда массаси,  $\text{кг}$ ;  $t_0$  ва  $t_1$ - моддани дастлабки ва иситилгандан сўнгги ҳароратлари,  $\text{K}$ ;  $\Delta t$ - ҳароратлар айирмаси.

Солиштира иссиқлик сиғими модданинг иссиқлик энергиясини ўзида тутиш қобилиятини кўрсатади. Ҳисоблашларда массавий, ҳажмий ва моляр солиштира иссиқлик сиғимларидан фойдаланилади. Массавий солиштира иссиқлик сиғими бирлигининг қиймати массаси  $1\text{кг}$  бўлган модда ҳароратини  $1^\circ\text{C}$  орттириш учун унга қанча миқдорда иссиқлик бериш кераклигини кўрсатади.

Сууюқлик ва газларнинг иссиқлик сиғими ҳароратни кўтарилиши билан ортади. Сууюқликларнинг солиштирма иссиқлик сиғими  $[кЖ/(кг·К)]$   $0.8÷4.9$ , газларники  $0.5÷2.2$  ва қаттиқ моддаларники эса  $0.13÷1.8$  чегараларда ўзгаради.

Озиқ-овқат маҳсулотларининг турлари бўйича солиштирма иссиқлик сиғимининг тажрибавий қийматлари тегишли адабиётларда [3,12-14], жадвал ёки эмпирик тенгламалар шаклида, келтирилади.

Айрим маҳсулотларнинг солиштирма иссиқлик сиғимлари  $[Ж/(кг·°C)]$  қуйидаги тенгламалар бўйича ҳисобланиши мумкин:

- томат маҳсулотлари учун

$$C = 4228,7 - 20,9x - 10,88t, \quad (3-22)$$

бу ерда  $x$ - қуруқ моддалар миқдори;

- ҳамир учун

$$C = 1675(1 + 0,015W), \quad (3-23)$$

бу ерда  $W$ - намлик, % ;

- ўсимлик ёғининг экстракцион бензиндаги эритмаси (мисцелла) учун:

$$C = [229,2 - 0,624a + (0,588 - 0,00158at)t], \quad (3-24)$$

бу ерда:  $a$ - мисцелла концентрацияси, %;  $t$ - ҳарорат, °C.

**Иссиқлик ўтказувчанлик.** Иссиқ ва совуқ жисмлар ҳароратларининг фарқи  $\Delta t$  таъсирида, уларнинг контакт юзасидаги микроразрачаларнинг тартибсиз ҳаракати туфайли, иссиқликни тарқалиши иссиқлик ўтказувчанлик дейилади.

Қаттиқ материаллар, сууюқликлар ва газларда иссиқлик ўтказувчанлик жараёнининг интенсивлиги иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти  $\lambda$  билан тавсифланади.

Қалинлиги  $\delta$  (м) бўлган бир жинсли текис девор юзаси  $F$  ( $m^2$ ) орқали иссиқлик ўтказувчанлик йўли билан узатилаётган иссиқлик миқдори  $Q$  (Вт) қуйидаги тенглама бўйича аниқланади

$$Q = (\lambda/\delta)F\Delta t, \quad (3-25)$$

бу ерда  $\Delta t$ - ҳароратлар айирмаси, масалан, қиздирувчи сув буғи ва ишлов берилаётган маҳсулот ҳароратлари ўртасидаги фарқ, °C.

Ушбу тенгламадан  $\lambda$  коэффицентининг ифодаси

$$\lambda = (Q\delta)/(Ft), \quad (3-26)$$

$\lambda$  коэффицентини қиймати  $[Вт/(м·К)]$  ҳароратга ва модданинг структуравий таркибига боғлиқ бўлиб, ҳароратлар айирмаси  $1^\circ C$  бўлганда  $1m^2$  юза орқали 1 соат мобайнида ўтаётган иссиқлик миқдорини кўрсатади. Масалан, металллар ва уларнинг қотишмалари учун  $\lambda=15÷280$ , қаттиқ нометалл материаллар учун  $\lambda=0,02÷3,0$ , газлар учун  $\lambda=0,006÷0,06$  ва х.

Турли моддалар ва жисмлар учун  $\lambda$  коэффицентининг қиймати  $[Вт/(м·К)]$  ёки уни ҳисоблаш учун тавсия этилган ифодалар [3,12-14] адабиётларда келтирилган. Масалан, шакарли сут, қиёмлар ва меваларнинг шарбатлари учун

$$\lambda_{20} = 0,593 - 0,025x^{0,53}; \quad (3-27)$$

$$\lambda_t = \lambda_{20} + 0,00068(t-20),$$

бу ерда  $\lambda_{20}$ - моддани  $20^\circ C$  ҳароратдаги иссиқлик ўтказувчанлик коэффицентини;  $x$ - қуруқ моддалар концентрацияси.

Томат маҳсулотлари учун эса

$$\lambda = 0,001 \cdot (528 - 4,04x + 2,05t). \quad (3-28)$$

**Ҳарорат ўтказувчанлик коэффицентини** жисмнинг физик катталиги ҳисобланади ва унинг иссиқлик сиғимини (инерционлик хоссасини) кўрсатади. Жисм ҳароратини ўзгариш тезлиги ҳарорат ўтказувчанлик коэффицентини  $a$  орқали ифодаланади.

$$a = \lambda/(c\rho) = \{[Вт/(м·К)]/[кг·К)/Ж](m^3/кг)\} = m^2/c. \quad (3-29)$$

## Асосий конструкцион материаллар ва уларни танлаш

Озиқ-овқат маҳсулотлари ишлаб чиқарувчи технологик жиҳозларни тайёрлаш учун материаллар танлаш пайтида уларнинг ишлатиш шароитлари, қайта ишланадиган материал ёки маҳсулот параметрлари (агрессивлиги, ҳарорати, босими ва б.), конструкцион материалнинг механик хусусиятлари (муштаҳкамлик чегараси, структураси, турларининг физик-кимёвий хоссалари, ишчи муҳит қаттиқлиги, нисбий чўзилиши ва б.), таннархи ва камёб бўлмаслигига эътибор берилади.

Танланаётган материал осон пайвандланиши ва унга механик ишлов бериш энгил бўлиши лозим. Танлов пайтида материалнинг иссиқлик ўтказувчанлиги, маҳсулот таркибидаги органик кислоталар таъсирига барқарорлиги, маҳсулотнинг органолептик кўрсаткич-ларини ўзгартирмаслиги каби хусусиятлари муҳим аҳамият касб этади.

Озиқ-овқат машинасозлигида технологик жиҳозлар тайёрлаш учун турли навли пўлатлар, чўянлар, рангли металллар, қотишмалар ва пластмассалар қўлланилади.

**Металлар ва қотишмалар. Пўлатлар.** Пўлат навлари механик муштаҳкамлик ва эгиловчанлик (пластик) хусусиятларига эга бўлиши, осон штамповкаланиши ва энгил пайвандланиши лозим.

Озиқ-овқат ишлаб чиқариш жиҳозларининг деталлари Ст3кп, Ст3сп, Ст5сп, БСт3кп ва БСт5сп навли пўлатлардан тайёрланади.

Ишчи босим  $P \leq 1.6$  МПа ва  $10 \div 200^\circ\text{C}$  ҳароратлар оралиғида ишловчи аппаратларнинг корпуслари ва қопқоқлари Ст3кп2 ва Ст3кп навли пўлатлардан тайёрланади.

Одий сифатли (қора) пўлатларнинг занглаш тезлиги  $0.5 \div 2.5$  мм/йил. Шунинг учун жиҳозларнинг маҳсулот билан контакда бўладиган деталлари маҳсус локлар билан бўялади, металл қопламалар билан қопланади ёки 08кп, 10, 10кп, 20, 30, 40, 45 ва 50 навли сифатли пўлатлардан тайёрланади.

Ишчи босим  $P \leq 10$  МПа ва ҳарорат чегаралари  $-20 \div 475^\circ\text{C}$  бўлган ҳолларда иссиқлик қурилмаларининг корпуслари, қопқоқлари, трубкалар чамбараги, змеевиклар ва қиздирувчи трубкалар пластиклиги юқори ва муштаҳкамлик чегаралари  $314 \div 340$  МПа бўлган сифатли конструкцион пўлатлардан ишланади.

Пўлатларнинг муштаҳкамлигини ошириш, коррозияга ва иссиқликка чидамлилигини орттириш учун уларнинг таркибига легирловчи элементлар (Cr, Ni, Co, Mo, W, V, Ti, Cu, Al ва бошқалар) қўшилади. Легирланган пўлатлардан юқори ҳароратларда ва агрессив муҳитларда ишловчи деталлар ва ишчи органлар тайёрланади.

**Чўянлар.** Озиқ-овқат машинасозлигида чўяндан жиҳозларнинг қуйма қисмлари (корпус, массив тагликлар), қовуриш чанлари, насос ва компрессор цилиндрларининг корпуси ҳамда қувурлар учун арматуралар (кран, вентиль, задвижка) тайёрланади. Чўянлар қолипларга осон қуйилади, сиқилиш юкламаларига чидамли, аммо мўрт бўлади.

**Мис ва унинг қотишмалари.** Мис атмосфера ҳавоси, чучук сув, нейтрал эритмалар, сирка ва лимон кислотлари, ўювчи ишқор ва спиртлар таъсирига чидамли. Мис юқори иссиқлик ўтказувчанликка эга, ишлов беришга қулай, аммо қолипланиш хусусияти паст.

Мисдан кондитер ва ароқ-вино корхоналари учун змеевикли ва трубкали қиздириш қурилмалари, буғлатиш қозонлари ва спиртли аралашмаларни ҳайдаш кублари тайёрланади.

Таркиби С витаминига бой бўлган маҳсулотлар, сут ва сут маҳсулотларини мис идишларда сақлаш ва мисдан ишланган жиҳозларда қайта ишлаш тавсия этилмайди. Аппаратларнинг мисдан ишланган ишчи ҳажмлари, кўп ҳолларда, эритилган қалайнинг юпқа қатлами билан қопланади. Сироп қайнатиш, джем пишириш ва спиртли суюқликларни ҳайдаш қурилмалари учун бундай қоплама шарт эмас, уларга қўйиладиган асосий талаб - ишчи юзаларнинг тозалигидир.

Озиқ-овқат машинасозлигида асосан миснинг қалай, алюминий ва кремнийли қотишмалари - бронзалар (Бр03Ц12С5, Бр03Ц7С5Н1, Бр05Ц5С5, БрО10Ф1, БрАЖ9-4, БрАЖМц10-3-1.5, БрА9ЖЗЛ ва х.) қўлланилади.

Миснинг рух (10÷15%) билан қотишмаси латунъ дейилади. Латунъ труба ва турли хил қуймалар шаклида кўп ишлатилади. Латундан иссиқлик алмашилиш қурилмаларининг трубкалари (Л63, Л68, Л070-1 ва б.) ва бошқа деталлар тайёрланади.

**Алюминий ва унинг қотишмалари.** Алюминий юқори иссиқлик ўтказувчанликка эга, енгил, пластик, осон шаклланади, юзаси силлиқ ва коррозияга чидамли. Сирка, ёғ, вино, лимон ва олма кислоталари таъсирга бардошли, ишқорий муҳитда тез емирилади, минерал кислоталарга чидамсиз. Унинг қотишмаси - дюралюминий (Д1 ва Д1Т навлари) сутни қайташ ишлаш корхоналарида, турли хил машина ва идишлар тайёрлаш учун ишлатилади.

**Титан ва унинг қотишмалари** агрессив муҳитларда коррозияга чидамли, мустаҳкамлиги юқори ва нисбатан енгил бўлганлиги учун озиқ-овқат саноати машинасозлигида кенг қўлланилади. Титан қотишмалари яхши пайвандланади, токарлик ишлови бериш осон ва юқори ҳарорат таъсирга (400÷800 °С) чидамли. Титандан центрифуга ва сепараторларнинг роторлари, дистилляторлар, болалар озукаси ишлаб чиқарувчи жиҳозлар ва б. тайёрланади. Озиқ-овқат саноатида қўлланиладиган титан қотишмаларининг (ВТ1-00, ВТ1-0, ОТ4, ОТ4-1, ВТ5 ва б.) мустаҳкамлик чегараси юқори, 1372 МПа гача бўлади.

**Материалларнинг кимёвий барқарорлиги.** Агрессив муҳитларда ишловчи жиҳознинг конструкцион материали занглашга ва маҳсулотлар таркибидаги органик кислоталар таъсирга барқарор бўлиши лозим.

Коррозия маҳсулотлари маҳсулот таркибига қўшилиб, унинг сифатини пасайтириши (масалан, рангини хиралаштириши, таъмини ўзгартириши, унга ёт хидлар бериши) ёки истеъмолга яроқсиз ҳолатга келтириши мумкин. Айрим ҳолларда қурилма материали ва маҳсулот ўртасидаги контакт биокимёвий жараёнларни издан чиқариши ва салбий жараёнларни тезлатиши мумкин.

Конструкцион материалларни емирилиш интенсивлиги 10 балли шкала бўйича тўла барқарор, анчайин барқарор, барқарор, барқарорлиги паст (кам) ва барқарор эмас деб тавсифланади. Бу жараённи баҳолаш услублари массавий (занг ҳисобига металл массасини йўқотилиши, кг/йил ҳисобида) ва чизикли (металлар қатламини юпқалашуви, мм/йил ҳисобида) кўрсаткичлар билан аниқланади.

Коррозия тезлиги  $C_k$  (мм/йил) қуйидаги тенглама орқали ифодаланади:

$$C_k = 0.001K/\rho, \quad (2-30)$$

бу ерда  $K$ - масса бўйича металлни йўқотилиши,  $г/м^3$ ;  $\rho$ - металл зичлиги,  $кг/м^3$ .

Танланаётган металларнинг коррозия туфайли емирилиш тезлиги 0.1÷0.5 мм/йил дан ортиқ бўлмаслиги керак.

Лойиҳаланаётган жиҳоз қисмларининг (масалан, корпуснинг) мустаҳкамлик ҳисобларини бажариш пайтида коррозия миқдори қуйидагича ҳисобга олинади

$$\delta = \delta_x + \delta_k = \delta_x + C_k T, \quad (2-31)$$

бу ерда  $\delta$ - жиҳоз корпусининг қалинлиги, мм;  $\delta_x$ - корпуснинг мустаҳкамлик ҳисоблари асосида аниқланган қалинлиги, мм;  $\delta_k$ - коррозия туфайли емириладиган металл қатлами қалинлиги, мм;  $T$ - жиҳозни лойиҳада белгиланган ишчи ресурси, йил.

### **Технологик жиҳозларга кўрсатиладиган талаблар**

Озиқ-овқат маҳсулотлари ишлаб чиқариш жараёнларида қўлланиладиган технологик жиҳозларга, уларнинг конструктив тузилиши, ишлаш принципи, бажарадиган вазифалари ва ишлаш шароитларининг турли-туманлигидан қатъий назар, кўрсатиладиган бир қатор умумий талаблар мавжуд. Ўзаро узвий боғланган бундай талабларни қуйидаги бир неча асосий гуруҳларга ажратиш мумкин: технологик, эксплуатациявий, энергетик,

конструктив, иқтисодий, эргономик, техника хавфсизлиги, атроф-муҳитга ва хизматларга нисбатан хавфсизлик ва бошқалар.

**Технологик талаблар** асосини жиҳозда қайта ишланаётган маҳсулот сифати белгилайди. Маҳсулотни жиҳозда бўлиш вақти қисқа бўлиши лозим. Айрим ҳолатларда, масалан, маҳсулотни узок вақт юқори ишчи ҳароратлар таъсири остида бўлиши унинг таркибидаги табиий фойдали компонентларни йўқотилишига ёки уларни ўзгартирилган ҳолатга ўтишига сабаб бўлади. Бу эса тайёр маҳсулотнинг озуқавий қийматини пасайтиради.

Хизмат кўрсатувчи ходимлар учун қурилмаларни ишлатиш ва бошқариш қулай бўлиши ва бунинг учун катта жисмоний меҳнат талаб этилмаслиги лозим. Жиҳоз ишини масофадан туриб бошқариш мақсадга мувофиқ бўлади. Жиҳозларни таъмирлаш ишлари оддий, қулай ва юқори малака талаб этмаслиги керак. Аппаратларни ишчи юзалари маҳсулот қолдиқларидан осон тозаланиши, маҳсулот ва ювиш воситалари таъсирида емирилмаслиги ва узок вақт узлуксиз ишлаши учун механик жиҳатдан мустаҳкам бўлиши керак.

Технологик жараёнларни амалга ошириш учун қурилма истеъмол қиладиган энергия (электр, иссиқлик) сарфи минимал бўлиши лозим. Бу эса жиҳозларни энергетик жиҳатдан тежамкор бўлишини талаб этади. Бирлик ҳажмда тайёр маҳсулот ишлаб чиқариш учун сарфланган энергия миқдори (кВт·с/тонна, кг буғ/кг) ва энергетик ф.и.к. (фойдали сарфланган энергия миқдорини жиҳозга берилган умумий энергия миқдорига нисбати) жиҳознинг **энергетик кўрсаткичлари** бўлиб ҳисобланади. Энергетик кўрсаткичларнинг қийматлари жараённи қай даражада ташкил этилганлиги, электр юритмаларни ф.и.к., атроф-муҳитга йўқотилаётган иссиқлик миқдори ва иссиқликни химоя қилиш қобиғининг сифати ҳақида таҳлилий хулосага келиш имконини беради.

**Конструктив талаблар** қурилмани лойиҳалаш, тайёрлаш, ташиш ва ўрнатиш билан боғлиқ бўлади. Қурилмалар таркиби унификацияланган қисмлардан, стандартлаштирилган ва ўзаро алмашинувчи деталлардан иборат бўлиши лозим. Ушбу конструктив элементлар арзон ва қайта ишланаётган маҳсулотга зарарли таъсир кўрсатмайдиган материаллардан тайёрланади. Қурилма ва унинг деталлари минимал массага эга бўлиши, уларни тайёрлаш технологияси оддий, аммо мукамал бўлиши лозим. Катта ўлчамли аппаратларни таркибий қисмларга ажралиши ва осон йиғилиши уларни ташиш ва монтаж қилишни енгиллаштиради.

Қурилмани лойиҳалаш жараёнида **эргономик талаблар** ҳам ҳисобга олиниши лозим. Эргономика - жиҳоз ишини бошқариш жараёнида меҳнат шароитларини инсон имконияти ва қобилятига мослаш муаммоларини ўрганадиган фандир. Эргономик талаблар жиҳоз конструкциясига операторни самарали меҳнат қилиши учун ёрдам берувчи гигиеник шароит ва эстетик муҳит яратиш талабларини белгилайди.

**Гигиеник талаблар** қаторига иш жойини ёритилганлиги, ҳарорати, намлиги, чанглар концентрацияси, шовқин ва вибрация даражаси каби кўрсаткичлар киритилади.

Машинага кўрсатиладиган **эстетик талаблар** унинг шаклини бажараётган вазифасига мослиги, оригиналлиги, ўлчамларнинг мутаносиблиги, ранги ва бошқа бир қатор параметрлар бўйича дизайнерлик ечимларининг асосини ташкил этади. Чиройли тайёрланган ва фойдаланишга қулай бўлган жиҳозни ишлатиш пайтида чарчоқ деряли сезилмайди.

**Антропометрик кўрсаткичлар** жиҳознинг бошқарув органларини инсон гавдаси ва бошқаришда иштирок этувчи аъзолари ўлчамларига монанд бўлишини таъминлайди. Мисол учун, бошқарув дастаклари ва тугмачаларининг шакли, ўлчами ва жойлашуви инсон кўлининг узунлигига монанд бўлиши лозим. Ҳар бир бошқарув операцияси кўлнинг табиий ҳаракати туфайли, ортиқча эгилишлар ва зўриқишларсиз бажарилиши керак.

Машинага кўрсатилган **физиологик, психофизиологик ва психологик талаблар** машина ва оператор ўртасидаги маълумот алмашилиш тезлиги инсонни кўриш ва эшитиш

қобилиятига мос бўлишини, бошқариш усулларининг соддалашувини ва бошқарув мосламаларини жисмоний кам куч билан сурилишини конструктив жиҳатдан таъминлайди.

**Иқтисодий талаблар** технологик жиҳозни тайёрлаш, монтаж қилиш, ишлатиш ва таъмирлаш жараёнларидаги сарф-ҳаражатларнинг минимал бўлишини ҳамда уларни тезда қопланишини таъминлайди. Қурилмани конструктив жиҳатдан мукамаллиги унинг техник-иқтисодий кўрсаткичлари - иш унумдорлиги, эксплуатациявий сарф-ҳаражатлар ва ишлаб чиқарилаётган маҳсулотнинг таннархи билан тавсифланади.

Жиҳознинг иш унумдорлиги деганда унинг ёрдамида вақт бирлиги ичида қайта ишланган ёки тайёрланган маҳсулот миқдори (тн/соат, дона/соат, м<sup>3</sup>/соат ва х.) тушунилади. Жиҳознинг иш унумдорлигини унинг бирон-бир конструктив катталигига (масалан, ишчи ҳажмига, қиздириш юзасига ва х.) нисбати қурилманинг самарадорлигини кўрсатади. Мисол учун, қиздириш жиҳозларининг самарадорлиги 1м<sup>2</sup> иситиш юзаси орқали 1 соатда қиздирилган суюқлик миқдори билан ифодаланади.

Барча технологик қурилмалар **хавфсизлик техникаси** нуқтаи назаридан мукамал бўлиши лозим. Қурилмаларнинг ҳаракатланувчи қисмлари (муфтлар, очиқ ҳолатдаги тишли ва тасмали узатмалар, шнеklar ва х.) ҳимоя қобиғи ёки тўри билан ўралиши лозим. Босим остида ишловчи аппаратлар пружинали ёки ричагли ҳимоя клапанлари билан таъминланган бўлиши керак.

**Атроф-муҳитни муҳофаза қилиш** билан боғлиқ талаблар муҳим аҳамиятга эга. Технологик жараёнлар пайтида ҳосил бўладиган газсимон, суюқ ва қаттиқ чиқиндилар тегишли тартибда қайта ишланиши, зарарсизлантирилиши ва шундан сўнг ташлама шаклида корхонадан чиқарилиши мумкин.

Чиқиндиларни қайта ишлаш асосида иккиламчи маҳсулотлар тайёрлашни йўлга қўйилиши хом-ашёдан самарали фойдаланиш ва ёпиқ технологик циклар ташкил этиш имконини яратади.

Юқорида таърифланган барча талабларни технологик жиҳозларда ўзаро уйғунликда бажарилиши алоҳида аҳамиятга эга. Фақат шу йўл билангина мукамал конструкцияли қурилмаларни юқори техник савияда лойиҳалаш ва яратиш мумкин бўлади.

### **Қурилмалар яратиш жараёнининг асосий босқичлари**

Янги қурилмалар яратиш жараёни унга бўлган эҳтиёжни туғилиши ва бу эҳтиёжни фан ва ишлаб чиқаришнинг ривожланиш даражаси асосида қондириш имконияти юзага келиши билан бошланади.

Янги технологик жараёнларни ишлаб чиқиш ва уларни амалга оширувчи қурилмаларни лойиҳалаш пайтида қуйидаги асосий шартларга амал қилиш тавсия этилади:

- қайта ишлаш жараёнларида хом-ашёни йўқотилиш миқдори минимал бўлиши, ишлаб чиқарилаётган тайёр маҳсулотнинг юқори сифати таъминланиши ва бунинг учун меҳнат сарфи кам бўлиши лозим;

- лойиҳаланаётган жиҳоз эксплуатация жараёнида ишончли, унга хизмат кўрсатувчиларга ва атроф-муҳитга безарар ҳамда юқори самарадорликка эга бўлиши керак;

- хом-ашёни комплекс қайта ишлаш, ҳосил бўлган чиқиндилардан иккиламчи маҳсулотлар ёки ҳайвонлар учун омухта ем ишлаб чиқаришни таъминлаш.

Қурилмаларни лойиҳалаш ишлари, мавжуд мезонларга кўра, бир неча босқичда бажарилади. Бу босқичларда бажариладиган лойиҳа-конструкторлик ҳужжатлари таркибига лойиҳачи ташкилотнинг техник таклифи, қурилмани эскиз ва техник лойиҳалари, жиҳознинг тажрибавий наъмунаси (ёки туркуми) учун ишчи ҳужжатлар, серияда ёки оммавий тарзда ишлаб чиқариладиган жиҳознинг якуний ишчи ҳужжатлари жамланмаси киритилади.



Лойиҳа ишлари истеъмолчининг янги жиҳоз яратиш ёки мавжуд қурилмаларни мукамаллаштириш бўйича техник топшириғи асосида амалга оширилади. Техник топшириқда мукамаллаштирилаётган ёки лойиҳаланаётган жиҳознинг тури, иш шароити, иш унумдорлиги, ишчи ҳажми, қиздириш юзаси, қуввати, ишчи органни айланиш тезлиги каби бир қатор муҳим техник параметрларнинг қийматлари ҳақида маълумотлар келтирилади.

Лойиҳаланаётган жараённинг биринчи босқичи техник таклифдир. Техник таклиф тасдиқланган **техник топшириқ**қа асосан ёки унга боғлиқ бўлмаган ҳолда, лойиҳачи ташкилотнинг ўз ташаббуси билан ишлаб чиқилади. Бу босқич уч этапда бажарилади.

Биринчи этапда янги қурилмани лойиҳалаш жараёнининг техник- иқтисодий асослашга доир техник, технологик, илмий ва мезоний мазмундаги материаллар йиғилади. Бу пайтда ўхшаш вазифаларни бажаришга мўлжалланган мавжуд жиҳозларнинг тузилиши, ишлаш принципи ва ишлаб чиқариш синовларининг натижалари батафсил ўрганилади; ўрганилаётган соҳага тегишли бўлган патентлар ва муаллифлик гувоҳномалари ҳам кўриб чиқилади. Шу тариқа техник ечимнинг турлича вариантлари ишлаб чиқилади.

Биринчи этапда бажарилган ишларнинг умумлаштирилган натижалари асосида **техник таклиф** ишлаб чиқилади (иккинчи этап). Бу пайтда жиҳозни танланган вариант бўйича принципиал схемаси, асосий қисмларининг жойлашуви ва унинг бирламчи умумий кўриниш чизмаси тайёрланади.

Учинчи, якуний, этапда техник таклиф тегишли илмий-техник кенгашларда, мутахассислик қўмиталарида кўриб чиқилади. Қизиқувчи томонлар билан келишилади. Шундан сўнг техник таклиф буюртмачи, лойиҳалаш бўлими ва лойиҳаланадиган жиҳозни тайёрловчи машинасозлик корхоналарининг ваколатли бошқарув органлари томонидан тасдиқланади.

Лойиҳалашнинг иккинчи босқичида қурилмани **эскиз лойиҳаси** яратилади. Эскиз лойиҳаси техник таклифни кўриб чиққан илмий-техник кенгаш баённомаси ёки техник топшириқда жиҳоз лойиҳасининг эскиз варианты бажарилиши лозимлиги кўрсатилганда бажарилади. Эскиз лойиҳаси қурилманинг тузилиши ва ишлаш принципи ҳақида умумий тушунчалар берувчи принципиал конструктив ечимлар ва бўлажак жиҳознинг вазифаси, асосий параметрлари ва габарит ўлчамларини белгиловчи маълумотларни ўзида мужассамлаган конструктив хужжатлар тўпламидан иборат бўлади.

Технологик жиҳознинг эскиз лойиҳасини тайёрлаш жараёнида қуйидаги ишларни бажариш кўзда тутилади:

1. Лойиҳаланаётган жиҳознинг технологик схемаси, асосий ишчи органларнинг танланган шакли, ишчи камералар, маҳсулот кирадиган ва чиқадиган туйнукларнинг жойлашуви эскизларда тасвирланади.

2. Белгиланган иш унумдорлиги бўйича қурилманинг реакцион ҳажми, ишчи органларнинг ўлчамлари ва кинематик параметрларини аниқлаш бўйича технологик ҳисоблар бажарилади.

3. Технологик ҳисоблар натижаларига кўра жиҳознинг ишчи органларига таъсир этувчи кучлар қиймати аниқланади; ишчи органларнинг ўлчамлари (пухталик талаблари бўйича) ва зарурий қувват қийматлари ҳисобланади.

4. Лойиҳаланаётган жиҳознинг технологик схемасига асосан унинг кинематик ва структуравий схемалари ҳамда циклограммалари ишлаб чиқилади; кинематик занжир элементларининг параметрлари асосида электродвигателнинг истеъмол қуввати аниқланади.

5. Жиҳоз қисмлари эргономик ва эстетик талаблар асосида компановкаланади.

6. Эскиз ишланмалари технологлар, дизайнерлар, электриклар ва тегишли соҳа мутахассислари ўртасида муҳокама қилинади ва шу тариқа ишланмаларнинг рационал варианты танланади.

7. Лойиҳаланаётган жиҳоз ва унинг асосий қисмларини йиғма чизмалари, принципиал схемалари ва умумий кўриниш чизмаси чизилади.

8. Эскиз лойиҳасини ҳаракатдаги мезоний ҳужжатларда келтирилган талабларга монандлиги текширилади.

9. Лойиҳанинг ҳисоб-тушунтиришлар ёзуви тузилади ва буюртмачига топширилади.

Ушбу босқичда жиҳоз ёки унинг асосий қисмлари макети (моделли) тайёрланиши ва синалиши мумкин. Моделда ўтказилган синов натижаларига кўра назариянинг тўғрилиги текширилади, жараённинг асосий параметрлари ва амалга ошириш режимлари аниқланади.

Эскиз лойиҳасини муҳокама қилиш ва тасдиқлаш тартиби техник таклифни кўриб чиқиш ва тасдиқлаш тартибига айнан ўхшаш бўлади.

Лойиҳалашнинг учинчи босқичида машина ёки қурилманинг **техник лойиҳаси** яратилади. Техник лойиҳа яратилаётган жиҳознинг тузилиши ҳақида тўла тасаввур берувчи якуний техник ечимларни ва ишчи конструкторлик ҳужжатлари ишлаб чиқирилиши учун зарур бўлган бирламчи маълумотларни ўз ичига олади.

Техник лойиҳани ишлаб чиқиш жараёнида қуйидаги асосий ишлар бажарилади:

- конструктив ечимлар қайта ишланади ва жиҳознинг умумий кўриниши, йиғма бирликлар ва мураккаб деталларни (масалан, корпус, асос, ишчи органлар ва б.) чизмалари чизилади;

- дастлабки бажарилган кинематик, мустаҳкамлик ва энергетик ҳисоблар аниқлаштирилади;

- жиҳознинг принципиал схемалари (кинематик, гидравлик, электрик, автоматлаштириш схемалари ва б.) тузилади;

- жиҳоз конструкциясини тайёрлаш технологияси нуқтаи назаридан қулайлиги, эргономик, хавфсизлик ва эстетик талабларга монандлиги қайта кўриб чиқилади;

- конструкцион материаллар, хомаки ва бутловчи қисмлар танлови қайта кўриб чиқилади;

- патент формуляри тузилади, зарурий ҳолларда патент учун сўровномалар расмийлаштирилади;

- зарурий ҳолларда, янги жараёнлар ва жиҳозларни яратиш пайтида, жиҳознинг макети ва тажрибавий намунаси тайёрланади; жараённинг оптимал ишчи параметрлари ва режимларини аниқлаш мақсадида уларда синовлар ўтказилади. Синов натижалари саноат қурилмасининг тажрибавий намунасини яратиш жараёнларида қўлланилади;

- жиҳоз конструкциясининг техник даражаси ва сифати картаси тузилади.

Юқорида санаб ўтилган ишлар ҳажми бажарилгач, техник лойиҳа тегишли тартибда (техник таклиф ва жиҳоз лойиҳаси каби) муҳокамадан ўтказилади ва буюртмачига топширилади.

Шундан сўнг, жиҳозни тайёрловчи корхона белгиланади ва **лоийҳанинг ишчи** ҳужжатларини тайёрлашга киришилади (тўртинчи босқич). Бу босқичдаги конструкторлик ҳужжатлари икки йўналишда

- жиҳознинг тажрибавий саноат намунасини тайёрлашга ва уни массавий тартибда ишлаб чиқаришга мўлжалланиб тайёрланади. Ушбу ҳужжатлар таркибига эксплуатация ва таъмирлаш ҳужжатлари ҳам киритилади.

Технологик жиҳознинг тажрибавий саноат намунасини бирламчи синовлари лойиҳалаш жараёнининг барча босқичларида бажарилган ишларнинг тўғрилигини аниқлаш имконини беради. Синов натижаларига кўра, зарурат бўлганда, лойиҳага тузатишлар киритилиши мумкин.

Қабул қилиш синовлари пайтида буюртмачи, лойиҳачи, тайёрловчи ва синов ўтказиладиган корхона вакиллари қатнашадилар. Ушбу турдаги синовлар ижобий яқунлангач, технологик жиҳозни массавий тартибда тайёрлашга киришилади.

Технологик жиҳозларни лойиҳалаш жараёнида давлат стандартлари, тармок нормативлари, техник шартлар, йўриқномалар ва бошқа меъёрий ҳужжатлардан фойдаланилади.

**Назорат саволлари:** 1.Жараёнлар ва қурилмаларни ҳисоблаш кетма-кетлигини тушунтириб беринг. 2.“Физик катталиқ” тушунчасига таъриф беринг. 3.СИ системаси ҳақида нималарни биласиз? Ушбу системанинг афзалликлари нималардан иборат? 4.Зичлик ва солиштирма оғирлик, динамик ва кинематик қовушқоқлик ҳамда иссиқлик ўтказувчанлик ва ҳарорат ўтказувчанлик ўртасида қандай умумий фарқ бор? 5.Кимё ва қурилиш материаллари маҳсулотлари ва хом-ашёларнинг асосий хоссалари ҳақида нималарни биласиз? 6.Технологик қурилмалар тайёрлаш учун қўлланиладиган материалларга қандай талаблар кўрсатилади? Материалларни танлаш пайтида уларнинг қандай хусусиятларига эътибор берилади? 7. Кимё ва қурилиш материаллари машинасозлигида қўлланиладиган металллар ва қотишмалар ҳақида нималарни биласиз? 8.Нометалл материаллар ва уларни қўлланилиш соҳалари тўғрисида қандай маълумотларга эгасиз? 9.Металллар коррозияси ҳақида нималарни биласиз? Ушбу жараён жиҳозларни лойиҳалаш пайтида қай тарзда ҳисобга олинади? 10. Кимё ва қурилиш материаллари маҳсулотлари ишлаб чиқарувчи жиҳозларга кўрсатиладиган умумий талабларни санаб ўтинг. Уларни бажарилишидан қандай мақсадлар кўзланганлигини тушунтириб беринг. 11.Технологик қурилмаларни яратиш босқичлари ҳақида нималарни биласиз? 12. Технологик жиҳознинг техник лойиҳасини ишлаб чиқиш даврида бажариладиган асосий ишларни шарҳлаб беринг.

### **Мавзу: Технологик жараёнлар ва қурилмаларни моделлаштириш асослари**

#### **Умумий маълумотлар**

Жараёнлар ва аппаратларни таҳлилий ўрганиш, мукаммаллаштириш ва янги технологик тавсиялар ишлаб чиқиш учун дастлаб аналитик тадқиқотлар ва лабораторияда тажрибалар ўтказилади.

Аналитик тадқиқотлардан кўзланган асосий мақсад ўрганилаётган жараённи ҳисоблаш учун зарур бўлган тенгламалар олишдир. Ушбу тадқиқот йўналиши физика ва кимёнинг умумий қонунлари асосида, жараённи тўла тавсифловчи математик боғлиқликларни (кўп ҳолларда дифференциал тенгламаларни) тузиш ва уларнинг ечимини топишдан иборат бўлади.

Дифференциал тенгламалар ўз моҳиятига кўра ўхшаш бўлган бир қатор жараёнлар гуруҳини тавсифлайди. Аммо барча жараёнлар ўз табиати, мураккаблиги ва ўзаро боғланган кўплаб параметрлар системаси билан тавсифланади. Шу сабабдан технологик жараёнларни ифодалаш учун шакллантирилган дифференциал тенгламаларни мавжуд математик услублар ёрдамида ечиш мураккаб ёки уларни ҳар доим ҳам ечиш мумкин бўлавермайди. Бундай ҳолатларда, жараённинг ўзгарувчи параметрлари ўртасидаги боғлиқликларни аниқлаш мақсадида, лаборатория шароитида, қўшимча тажрибалар ўтказилади.

Муайян жараённинг дифференциал тенгламалари ўхшашлик шартлари ва тажриба натижалари асосида қайта ишланса, хусусий ҳарактердаги, бирон-бир аниқ шароит учунгина қўлланилиши мумкин бўлган эмпирик тенгламалар келтирилиб чиқарилади. Технологик параметрларни ўзаро боғловчи бундай аналитик тенгламалардан кейинчалик, параметрлар қийматларининг руҳсат этилган чегараларида, жараённи муҳандислик ҳисобларида фойдаланилади.

Шундай қилиб, аналитик ва лабораториявий тадқиқотлар ўтказиш туфайли бизни қизиқтирадиган жараённи амалга оширилиш шароитлари, қайта ишланаётган модданинг энг муҳим хоссалари, маҳсулотнинг чиқиш фоизи, хом-ашё ва энергияни бирлик сарфлари аниқланади.

Лаборатория шароитида ва синов қурилмаларида ўтказилган тадқиқот ишларининг натижалари, ўхшашлик шартларига мувофиқ қайта ишланиб, саноат қурилмаларига кўчирилади. Ушбу босқичларда режалаштирилган ишларни муваффақиятли амалга оширилиши кўп жиҳатдан жараёнларни моделлаштириш назарияси услубларидан қай даражада тўғри фойдаланилганидан боғлиқ бўлади. Моделлаштириш назарияси янги жараёнлар ва қурилмаларни яратиш ёки уларнинг мавжуд турларини мукамаллаштириш билан боғлиқ бўлган барча аналитик ва тажрибавий тадқиқотлар ҳамда лойиҳалаш ишлари асосини ташкил қилади.

Моделлаштириш услубиётига кўра, тадқиқотлар ҳақиқий объектда (оригиналда) эмас, балки унинг моделида (нусхасида) амалга оширилади. Модел оригиналнинг кичрайтирилган физик нусхаси (физик модели) ёки математик тенгламалар системаси (математик модели) шаклида бўлиши мумкин.

Моделлаштиришнинг асосий мақсади моделдаги изланишлар асосида оригиналда кечадиган жараённинг ишчи ҳолатларини олдиндан аниқлаб беришга қаратилган.

Ишлаб чиқаришга жорий этилаётган жараёнларни мураккаблиги бу борада олиб бориладиган лойиҳа-тадқиқот ишларининг бажарилиш муддатларини чўзилишига сабаб бўлиши мумкин. Ушбу ҳолат кутилган натижаларни маънавий жиҳатдан эскириб қолиш эҳтимолини юзага келтиради. Моделлаштириш қонуниятларидан фойдаланилганда эса янги жараёнлар ва қурилмаларни ишлаб чиқаришга жорий этиш билан боғлиқ ишларни бажарилиш муддатлари сезиларли даражада қисқаради.

Моделлаштириш жараёнида қуйидаги асосий шарт-шароитларни бажарилиши талаб этилади:

- моделда ўтказиладиган тажрибалар оригиналдагига нисбатан қисқа вақт ичида амалга оширилиши, оддий, қулай, арзон ва хавфсиз бўлиши лозим;

- моделдаги тадқиқотлар муайян алгоритмлар бўйича ўтказилади;

- моделни таркиби, тузилиши ва вазифаси моделлаштиришдан кўзланган асосий мақсадларга уйғун бўлиши лозим, чунки ҳеч бир модел оригинални айнан қайтармайди.

Умуман олганда, технологик жараён моделини яратиш пайтида ўхшашлик шартлари ва қоидаларига тўла риоя қилиш лозим.

Моделлаштириш назариясида моделлаштиришнинг физик ва математик услублари мавжуд.

**Физик моделлаштириш** пайтида ўрганилаётган жараён табиатини очиб берувчи тажрибалар саноат қурилмаларидан (оригиналдан) ўлчамлари ва иш унумдорлиги билан фарқланувчи физик моделларда ўтказилади. Физик модел табиати оригинал табиати билан боғлиқ бўлиб, унинг хусусиятларини қайтаради. Физик моделда ўтказилган тажрибалар мобайнида олинган натижалар математик услублар ёрдамида қайта ишланиб, оригиналда амалга ошириладиган жараённи ҳисоблаш ва уни ташкил этиш учун қўлланилади.

**Математик моделлаштириш**нинг асосий мақсади жараённинг физик-кимёвий, гидродинамик ва конструктив катталиклари ўзгаришларини унинг кечиш табиатига ва олинажак якуний натижаларга таъсирини аниқлашга қаратилган. Математик моделлаштириш туфайли жараённинг оптимал ишчи режимларини тез ва арзон аниқлаш мумкин бўлади. Моделлаштиришнинг ушбу услубидан фойдаланилганда жараён ёки қурилманинг физик (реал) моделларини яратишга кўп ҳолларда зарурият қолмайди. Бу пайтда ЭХМдан самарали фойдаланилиши сабабли сифати кафолатланган ва таннархи арзон маҳсулот ишлаб чиқариш технологик тизимларини қисқа вақт ичида синтез қилиш ва лойиҳалаш мумкин.

Шундай қилиб, технологик жараёнлар ва қурилмаларни ўрганиш, уларни мукамаллаштириш ва оптимал лойиҳалаш мақсадларида моделлаштириш услубларини қўллаш муҳим илмий-амалий аҳамиятга эга.

### Ўхшашлик назарияси асослари.

**Ўхшашлик шартлари.** Ўхшашлик назарияси тажрибалар ўтказиш, бу пайтда аниқланувчи параметрлар сонини рационал миқдорларгача қисқартириш, олинган натижаларни қайта ишлаш ва уларнинг қўлланилиш чегараларини аниқлаш йўлларини ўргатади.

Ўхшашлик назарияси ҳодисалар ёки жараёнларнинг ўхшашлигини объектив қонунлари ва уларни қўллаш услубларини ўз ичига олади. Бу назария ҳар бир аниқ жараённи тавсифловчи ўзгарувчан катталиқлар - ўхшашлик критерийлари ҳақидаги таълимотдир. Ўхшашлик қонуниятлари физик моделлаштириш асосини ташкил этади.

Ўрганилаётган жараёнга физик моделлаштириш услубини қўллаш учун қуйидаги ўхшашлик шартлари бажарилиши керак:

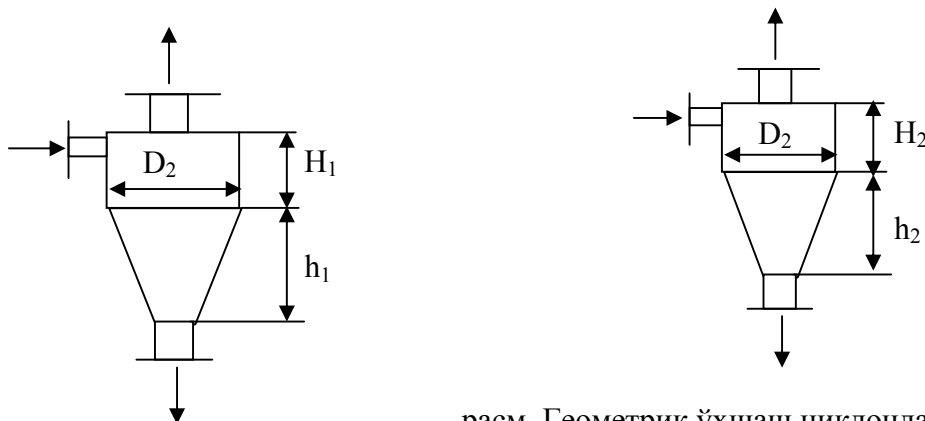
- геометрик ўхшашлик;
- вақт бўйича ўхшашлик;
- физик катталиқларнинг ўхшашлиги;
- бошланғич шартларнинг ўхшашлиги;
- чегаравий шартларнинг ўхшашлиги.

**Геометрик ўхшашлик шартларига** кўра таққосланаётган объект (аппарат, жараён) ва унинг моделини ўхшаш геометрик ўлчамлари ўзаро параллел бўлади, уларнинг нисбатлари эса ўзгармас қиймат билан ифодаланади:

$$D_1/D_2 = H_1/H_2 = h_1/h_2 = \dots = K_l = \text{const}, \quad (4-1)$$

бу ерда  $D_1, H_1$  ва  $h_1$ - оригиналнинг геометрик ўлчамлари;  $D_2, H_2$  ва  $h_2$ - моделнинг геометрик ўлчамлари;  $K_l$ - ўлчамсиз катталиқ бўлиб, уни геометрик ўхшашлик доимийси ёки ўлчамлар масштаби деб юритилади.

Мисол учун, турлича масштабда бажарилган географик карталар геометрик ўхшашликка ёрқин мисол бўла олади.



- расм. Геометрик ўхшаш циклонлар

Геометрик ўхшашлик шартлари бажарилган ҳолатлар учун **вақт бўйича бир хилликка** эришилади. Масалан, 4.1-расмда тасвирланган ўхшаш циклонлардаги моддий оқимлар (газ ёки суюқлик аралашмаси) траекториялари ўзаро ўхшашдир. Ҳар иккала қурилмадаги ўхшаш оқимларнинг ўхшаш заррачалари вақт бирлиги оралиғида ( $\tau_1, \tau_2$ ) бир хил геометрик ўхшаш масофаларга ( $l_1, l_2$ ) силжийди. Бу пайтда заррачаларнинг ҳаракатланиш вақти нисбатлари ўзгармас катталиқдир

$$T_1/T_2 = \tau_1/\tau_2 = K_\tau, \quad (4-2)$$

бу ерда:  $T_1$  ва  $T_2$ - ўхшаш заррачаларни қурилманинг оригинали ва моделида бўлиш вақти;  $\tau_1$  ва  $\tau_2$ - ўхшаш заррачаларни оригинал ва моделда  $l_1$  ва  $l_2$  ўхшаш масофаларни босиб ўтиш вақти;  $K_\tau$ - вақт бўйича ўхшашлик коэффиценти.

**Физик катталиқларнинг ўхшашлиги** геометрик ўхшашлик ва вақт бўйича ўхшашлик шартлари бажарилган ҳолларда мавжуд бўлади. Физик катталиқларнинг ўхшашлик шартлари «иккита ўхшаш системани (оригинал ва модели) фазо ва вақт координатлари бўйича ўхшаш тартибда жойлашган ихтиёрий нуқталаридаги физик катталиқлар нисбати ўзгармас қиймат» эканлигини кўрсатади

$$\begin{aligned}\mu_1/\mu_2 &= \mu_1^1/\mu_2^1 = \mu_1^{11}/\mu_2^{11} = K_\mu, \\ \rho_1/\rho_2 &= \rho_1^1/\rho_2^1 = \rho_1^{11}/\rho_2^{11} = K_\rho,\end{aligned}\quad (4-3)$$

бу ерда  $\mu_1$ ,  $\mu_2$ ,  $\rho_1$  ва  $\rho_2$ - оригинал ва моделдаги физик катталиклар;  $K_\mu$  ва  $K_\rho$ - физик катталикларнинг ўхшашлик коэффициентлари.

Физик катталикларнинг ўхшашлик шартлари физик катталиклар майдонларининг ўхшашликларини ҳам ўз ичига олади. Вақт бирлиги ичида физик катталикларнинг локал қийматларини қурилманинг ишчи ҳажми бўйича тақсимланиши ушбу катталиклар майдони деб юритилади (масалан, ҳароратлар майдони).

**Чегаравий шартларнинг ўхшашлигига** кўра оригинал ва моделнинг ҳолати (мувозанати, ишчи параметрларининг қийматлари ва х.) чегараларини белгиловчи катталиклар ўхшашдир. Системанинг ўхшаш нуқталаридаги ишчи параметрларнинг чегаравий қийматлари нисбати ўзгармасдир.

**Бошланғич шартларнинг ўхшашлигига** кўра оригинал ва моделда ўрганилаётган жараёнларни ифодаловчи физик катталиклар майдонлари тадқиқотларни бошланиш momentiда бир-хил бўлиши лозим. Бу пайтда оригинал ва моделда кечаётган ўхшаш жараёнлар бир хил дифференциал тенгламалар билан тавсифланади, аммо уларнинг салмоғи турлича бўлади.

Шундай қилиб, оригинал ва моделнинг бир номдаги қатор катталиклари нисбатини ифодаловчи ўхшашлик коэффициентлари ўхшаш системаларни ўхшаш нуқталари учун доимийдир. Аммо оригинал ва унинг модели ўлчамлари нисбатларини ўзгариши билан бу коэффициентлар қийматлари ҳам ўзгаради. Бу ҳолат жараёнларни таҳлил қилиш ва ҳисоблаш пайтида бир қатор ноқулайликларни келтириб чиқариши мумкин. Бундай ҳолларда ўхшашлик критерийларидан фойдаланилади.

Агар оригинал ва унинг модели ҳолатларини аниқловчи барча ўхшаш катталиклар нисбий бирликларда ифодаланса, яъни ҳар бир система чегараларидаги ўхшаш катталиклар нисбатлари шаклида

$$\begin{aligned}l_1/D_1 = l_2/D_2 = \dots = \text{inv} = \text{idem} = i_l, \\ T_1/\tau_1 = T_2/\tau_2 = \dots = \text{inv} = \text{idem} = i_\tau,\end{aligned}\quad (4-4)$$

тавсирланса, бундай нисбатлар ўзгармас ва ўлчамсиз катталикларга айланади.

$i_l$  ва  $i_\tau$  катталиклар оригинал ва модел ўлчамларидан боғлиқ эмас. Оригиналга ўхшаш бўлган бошқа бир модел учун ҳам  $i_l$  ва  $i_\tau$  параметрлари бир хил бўлади. Шунинг учун ўхшаш системалардаги иккита бир турдаги катталиклар нисбатини ифодаловчи ўлчамсиз сонлар **(i) ўхшашлик инвариантлари** (лот. invariantis - ўзгармас) деб юритилади.

Бир турдаги (масалан, геометрик) катталиклар нисбатини ифодаловчи ўхшашлик инвариантлари **симплекслар** (лот. simplex - оддий, содда) ёки параметрик **критерийлар** (юнон. criterion - белги, муҳокама қилиш воситаси) деб юритилади. Масалан,  $l_1/D_1$  нисбат геометрик симплекс дейилади. Турли жинсли катталиклар нисбатини ифодаловчи ўхшашлик инвариантлари **ўхшашлик критерийлари** дейилади. Бу критерийлар ушбу катталикларнинг ўлчамсиз комплексини ифодалайди.

Ўхшашлик критерийлари билим соҳаларини муайян жабхалари ривожига сезиларли хисса қўшган олимлар номларининг бошланғич ҳарфлари билан белгиланади, масалан, Re - Рейнольдс критерийси, Ga - Галилей критерийси ва х.

Барча ўхшашлик критерийлари ўлчамсиз, аммо сон қийматига эга бўлади.

**Ўхшашлик теоремалари.** Ўхшашлик назариясининг асосий қонуниятлари куйида келтириладиган учта ўхшашлик теоремалари билан умумлаштирилган. Ушбу теоремалар ўхшашлик назариясини амалиётга қўлланилиш асосларини ташкил этади.

**Биринчи ўхшашлик теоремасини** И.Ньютон кашф этган. Бу теоремага мувофиқ: «ўхшаш ҳодисалар бир хил қийматга эга бўлган ўхшашлик критерийлари билан тавсифланади».

Ўхшашлик критерийларининг тенглиги жараёнлар ўхшашлиги-нинг бирдан-бир миқдорий шартидир. Бундан кўринадики, битта система (оригинал, модел) критерийларининг иккинчи система критерийларига нисбати ҳар доим 1га тенг.

Мисол учун, Рейнольдс критерийси оригинал учун  $Re_1$ , модел учун эса  $Re_2$  бўлсин. У ҳолда

$$Re_1/Re_2 = [(v_1 d_1 \rho_1 / \mu_1) / (v_2 d_2 \rho_2 / \mu_2)] = 1. \quad (4-5)$$

Агар ўхшашлик доимийларининг ( $K_t$ ,  $K_l$  ва х.) нисбати 1 бўлса, бу нисбат **ўхшашлик индикатори** дейилади. Бу кўрсаткич ўхшашлик критерийларининг тенглигига ишоради. Шунга кўра, биринчи ўхшашлик теоремасини қуйидагича таърифлаш мумкин: «ўхшаш ҳодисаларда ўхшашлик индикатори 1га тенг».

Биринчи теоремага асосан, тажрибалар ўтказиш пайтида олинган натижаларни умумлаштириш учун ўхшашлик критерийлари таркибига кирувчи катталикларни ўлчаш (аниқлаш) етарлидир.

**Иккинчи ўхшашлик теоремаси** Бэкингом, Федерман ва Афанасьева-Эренфестлар томонидан исботланган. Бу теоремага асосан: «жараёнга таъсир кўрсатувчи ўзгарувчан катталикларни ўзаро боғловчи дифференциал тенгламалар ечимини ўхшашлик критерийлари ўртасидаги боғлиқликлар кўринишида ифодалаш мумкин»:

$$f(K_1, K_2, K_3, \dots, K_n) = 0, \quad (4-6)$$

бу ерда  $K_1, K_2, K_3, \dots, K_n$  -ўхшашлик критерийлари.

(4-6) ифода одатда аниқланувчи критерийни аниқловчи критерийлардан боғлиқлиги шаклида ёзилади:

$$K_1 = f(K_2, K_3, \dots, K_n) \quad (4-7)$$

ёки даражали функция шаклида

$$K_1 = A K_2^n K_3^m \dots, \quad (4-8)$$

бу ерда  $K_1$ - аниқланувчи ўхшашлик критерийси;  $A$ - коэффициент;  $m$  ва  $n$ - даража кўрсаткичлари.  $A$ ,  $n$  ва  $m$  қийматлари тажрибалар ўтказиш йўли билан топилади.

Ўхшашлик критерийлари ўртасидаги функционал боғланишлар (4-6, 4-7 ва 4-8) **критериал тенгламалар** дейилади.

Аниқловчи критерийлар ўхшашлик шартлари таркибига киритилган физик катталиклардангина иборат бўлади. Аниқланувчи критерий таркибида ўхшашлик шарти таркибига киритилмаган битта бўлсада катталик бўлади.

**Ўхшашликни учинчи теоремаси** М.В.Кирпичев ва А.Г.Гухман томонидан аниқланган. Ушбу теоремага асосан: «сон жиҳатидан тенг аниқловчи критерийларга эга бўлган ҳодисалар ўхшашдир». Бу теорема тажриба асосида олинган ҳисоблаш усулларидан амалиётда фойдаланиш мумкинлигини кўрсатади.

Ўхшашлик шартлари ва ўхшашлик теоремаларидан қандай тартибда фойдаланиш мумкинлигини қуйидаги мисолда, оригинал ва унинг моделидаги ўхшаш оқимларда ҳаракатланаётган ўхшаш заррачаларга таъсир этувчи кучларнинг ўхшашлиги мисолида, кўриб чиқамиз.

Оригинал ва моделдаги физик жараёнлар қуйидаги икки ҳолатларда ўхшаш бўлиши мумкин:

- агар ушбу жараёнлар геометрик ўхшаш системаларда (оригинал ва моделда) кечаётган бўлса;

- ушбу ҳодисаларни тавсифловчи барча бир номдаги физик катталиклар майдонлари ўзаро ўхшаш бўлса.

Ньютонни иккинчи қонунига биноан, заррачаларга таъсир этувчи кучлар қиймати қуйидаги тенглама ёрдамида аниқланади:

$$f = ma = m d\omega/dt, \quad (4-9)$$

бу ерда  $f$ - заррачага таъсир этувчи куч, Н;  $m$ - заррачани массаси, кг;  $\omega$ - тезлик, м/сек;  $\tau$ - вақт, сек;  $a = \omega/\tau$ - тезланиш, м/с<sup>2</sup>;  $\tau = l/\omega$ ;  $l$ - босиб ўтилган масофа, м.

Оригиналдаги заррачага таъсир этувчи кучни  $f$ , моделдаги заррачага таъсир этувчи кучни эса  $f^1$  деб белгилаймиз.

Ньютоннинг иккинчи қонунига кўра

$$f = m \, d\omega/d\tau, \quad f^1 = m^1 \, d\omega^1/d\tau^1. \quad (4-10)$$

Оригинал ва моделнинг ўхшаш нуқталари учун ўхшашлик коэффициентларини қуйидаги нисбатлар шаклида ифодалаймиз

$$m/m^1 = K_m; \quad \omega/\omega^1 = K_\omega; \quad \tau/\tau^1 = K_\tau; \quad a/a^1 = K_a. \quad (4-11)$$

Заррачаларни ҳаракатга келтирувчи кучлар нисбати  $f/f^1$  бу пайтда юзага келувчи кучлар нисбатига тенг бўлади

$$f/f^1 = (m \, d\omega/d\tau)/(m^1 \, d\omega^1/d\tau^1) \quad (4-12)$$

ёки

$$f/f^1 = (m \, d\omega/d\tau)(d\tau^1/m^1 \, d\omega^1) = (m \, d\omega \, d\tau^1)/(m^1 \, d\omega^1 \, d\tau). \quad (4-13)$$

Ўхшашлик коэффициентларининг муҳим хоссаларидан бири - улар таркибига кирувчи бир номдаги катталиклар ўзаро алмашинишлари мумкин. Шу сабабли, бу катталикларнинг ўзгаришлари (орттирмалари) нисбатларини ушбу катталиклар нисбатлари билан алмаштириш мумкин бўлади. Масалан,

$$K_\omega = \omega_1/\omega_1^1 = \omega_2/\omega_2^1 = (\omega_1 - \omega_2)/(\omega_1^1 - \omega_2^1) = \Delta\omega/\Delta\omega^1 = d\omega/d\omega^1.$$

Ушбу хоссани инобатга олиб, юқоридаги (4-13) тенгламадан дифференциал белгиларини тушириб колдирамиз. У ҳолда

$$f/f^1 = (m\omega\tau^1)/(m^1\omega^1\tau) \quad (4-14)$$

ёки ўхшашлик коэффициентларининг ифодалари (4-11) ҳисобга олинса

$$K_f = (K_m K_\omega)/K_\tau. \quad (4-15)$$

Бу ердан

$$C = (K_f K_\tau)/(K_m K_\omega) = 1. \quad (4-16)$$

Ўхшашлик коэффициентларидан тузилган  $C$  катталик қиймати **ўхшашлик индикатори** дейилади. Барча ўхшаш жараёнлар учун  $C=1$ .

(4-16) тенгламадаги ўхшашлик коэффициентларини тегишли катталиклар нисбати билан алмаштирадик, у ҳолда

$$f\tau/m\omega = f^1\tau^1/m^1\omega^1 = idem = Ne.$$

Шундай қилиб, оригинал ва унга ўхшаш бўлган моделнинг ўхшаш нуқталари учун бир хил қийматли ўлчамсиз катталиклар мажмуини келтириб чиқардик. Бу катталик Ньютон критерийси дейилади.

$\tau = l/\omega$  эканлиги ҳисобга олинса

$$f\tau/m\omega = fl/m\omega^2 = Ne. \quad (4-17)$$

Ньютон критерийси оқимда ҳаракатланаётган заррачага таъсир этувчи кучларнинг инерция кучларига бўлган нисбатини ифодалайди.

### Ўхшашлик критерийлари

**Критериал тенгламаларни ҳосил қилиш тартиби.** Жараён ёки ўхшаш жараёнлар гуруҳининг кечиш табиатини тўла тавсифловчи барча дифференциал тенгламаларни ўхшашлик теоремалари ёрдамида, ўхшашлик критерийлари ўртасидаги умумий функционал боғланишлар шаклида ифодалаш мумкин.

Дифференциал тенгламаларни бундай шаклда ўзгартириш қуйидаги кетма-кетликда, критерийларни келтириб чиқариш ва уларни ўзаро боғлаш йўли билан, амалга оширилади.

1. Оригинал ва моделда ўрганиладиган жараённи тавсифловчи дифференциал тенглама тузилади.

2. Дифференциал тенглама таркибига кирувчи физик катталиклар нисбатларини ифодаловчи ўхшашлик коэффициентлари ( $K_\tau, K_l, K_m$  ва х.) шакллантирилади.

3. Дифференциал тенглама таркибига кирувчи ҳар бир катталикни унга тегишли бўлган  $K_i$  ўхшашлик коэффициентига кўпайтирилади. Бу пайтда ўхшашлик коэффициентлари ўзгармас катталиклар сифатида дифференциал белгисидан ташқарига чиқарилади, масалан,  $d(K_\omega\omega)/d(K_l l) = (K_\omega/K_l)(d\omega/d\tau)$ ;  $\partial^n U/\partial x^n = (K_u/K_l^n)(\partial^n U/\partial x^n)$ .



4. Шу тарика, ўзгартирилган ва дастлабки кўринишдаги тенгламаларнинг айнан ўхшашлигини сақлаб қолиш учун ўзгартирилган тенглама қўшилувчилари олдида турган ўхшашлик коэффициентлари комплекси бир-бирига нисбатан тенглаштирилади. Бу пайтда ўхшашлик индикатори  $C=1$  бўлади.

5. Ўхшашлик индикатори таркибига кирувчи ўхшашлик коэффициентлари тегишли катталиклар нисбатлари билан алмаштирилади. Натижада, ўхшашлик критерийларининг ифодалари ҳосил бўлади.

6. Ўхшашликнинг иккинчи теоремасига биноан критерийлар орасидаги боғлиқликлар аниқланади. Шу тарика жараёни дастлабки дифференциал тенгламаси фойдаланиш учун қулай бўлган критериял тенглама шаклини олади.

Жараённинг дифференциал тенгламасидан **ўхшашлик критерий-ларини келтириб чиқаришни** бирмунча **сода услуби** ҳам мавжуд. Бу услубга кўра, бажариладиган ишлар тартиби қуйидагича бўлади.

1. Оригинал ва моделда кечадиган жараёнларни ифодаловчи дифференциал тенглама тузилади.

2. Дифференциал тенгламанинг ҳар иккала томонларини унинг ўнг ёки чап қисмларидан бирига бўлиш туфайли ўлчамсиз шаклга келтирилади.

3. Тенгламалардаги математик операторларнинг белгилари, хусусан дифференциал белгилари, ўчирилади. Бу пайтда ҳосиланинг даража кўрсаткичлари сақланиб қолади. Масалан,  $\partial c/\partial \tau \sim c/\tau$ ;  $\partial^2 \omega/\partial x^2 \sim \omega/l^2$ .

4. Масаланинг моҳиятидан келиб чиқиб, тенгламанинг барча қўшилувчиларини унинг таркибига кирувчи биронта катталикка (масалан, инерция кучига) бўлинади. Натижада катталикларнинг ўзаро нисбатини ифодаловчи ўлчамсиз, аммо физик мазмунга эга бўлган ўхшашлик критерийлари ҳосил бўлади.

Технологик жараёнларни ҳисоблашда қўлланиладиган ўхшашлик критерийлари учта гуруҳга ажратилади: гидродинамик, иссиқлик ва диффузион ўхшашлик критерийлари.

**Гидродинамик ўхшашлик критерийлари.** Гидродинамик ўхшашлик критерийларини келтириб чиқариш учун ҳақиқий (қовушқоқ) суюқликлар ҳаракатини ифодаловчи Навье-Стокс дифференциал тенгламаларидан фойдаланилади. Ушбу тенгламалар системаси ҳаракат миқдорини (импульсни) сақланиш қонунини ифодалайди.

Навье-Стокс тенгламаларидан келтириб чиқарилган критерийлар қовушқоқ суюқликлар ҳаракатига таъсир этувчи кучларни тавсифлайди.

Координатани вертикал  $Z$  ўқига нисбатан импульс узатиш тенгламасининг кенгайтирилган шакли қуйидагича ифодаланади

$$\rho \partial \omega_z / \partial \tau = -\rho (\omega_x \partial \omega_z / \partial x + \omega_y \partial \omega_z / \partial y + \omega_z \partial \omega_z / \partial z) - \partial P / \partial z - \rho g + \mu (\partial^2 \omega_z / \partial x^2 + \partial^2 \omega_z / \partial y^2 + \partial^2 \omega_z / \partial z^2), \quad (4-18)$$

бу ерда  $\rho$ - суюқликнинг зичлиги,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $\omega$ - суюқлик оқими тезлиги,  $\text{м}/\text{сек}$ ;  $\tau$ - вақт,  $\text{сек}$ ;  $g$ - эркин тушиш тезланиши,  $9.81 \text{ м}/\text{с}^2$ ;  $\mu$ - суюқликнинг динамик қовушқоқлиги,  $\text{Па}\cdot\text{с}$ ;  $P$ - гидростатик босим,  $\text{Па}$ ;  $\rho g$ - бирлик ҳажмдаги суюқликнинг оғирлик кучи (ташқи куч) ёки импульс манбаининг ҳажмий зичлиги;  $\partial P / \partial z$ - бирлик ҳажмдаги суюқликнинг босим кучи;  $(\partial^2 \omega_z / \partial x^2 + \partial^2 \omega_z / \partial y^2 + \partial^2 \omega_z / \partial z^2) = \nabla^2 \omega_z$  - Лаплас оператори;  $\mu \nabla^2 \omega_z$ - суюқликнинг бирлик ҳажмига тўғри келувчи қовушқоқлик (ички ишқаланиш) кучлари.

(4-18) тенгламани қуйидаги ихчамлашган шаклда ёзишимиз мумкин

$$\begin{aligned} \partial \omega_z / \partial \tau + (\omega_x \partial \omega_z / \partial x + \omega_y \partial \omega_z / \partial y + \omega_z \partial \omega_z / \partial z) = \\ = -1/\rho (\partial P / \partial z) - g + \nu \nabla^2 \omega_z, \end{aligned} \quad (4-19)$$

бу ерда  $\nu = \mu/\rho$ - суюқликнинг кинематик қовушқоқлиги.

Ушбу (4-19) тенгламанинг ҳар иккала томонидаги барча элементларини тегишли ўхшашлик коэффициентларига (вақт бўйича  $K_\tau$ , тезлик бўйича  $K_\omega$ , ўлчамлар бўйича  $K_l$ , зичлик бўйича  $K_\rho$ , босим бўйича  $K_p$ , тезланиш бўйича  $K_g$ , қовушқоқлик бўйича  $K_\nu$  ўхшашлик коэффициентларига кўпайтирамиз. У ҳолда

$$(K_\omega/K_\tau)(\partial\omega_z/\partial\tau) + (K_\omega^2/K_l)(\omega_x\partial\omega_z/\partial z + \omega_y\partial\omega_z/\partial y + \omega_z\partial\omega_z/\partial z) = [K_p/(K_p K_l)][-(1/\rho)(\partial P/\partial z)] + K_g(-g) + [(K_v K_\omega)/K_l^2(v\nabla^2\omega_z)]. \quad (4-20)$$

Дастлабки (4-18) ва ўзгартирилган дифференциал тенгламалар-нинг айнан ўхшашлигини сақлаб қолиш учун (4-20) тенглама қўшилувчилари олдида турган ўхшашлик коэффициентлари комплексларини бир-бирига тенглаймиз.

$$K_\omega/K_\tau = K_\omega^2/K_l = K_p/(K_p K_l) = K_g = (K_v K_\omega)/K_l^2. \quad (4-21)$$

(1)      (2)      (3)      (4)      (5)

(4-21) тенгламадаги (1), (3), (4) ва (5) ўхшашлик комплексларини инерция кучларини ифодаловчи (2) комплексга бўламиз. У ҳолда

$$C = (K_\omega/K_\tau)(K_l/K_\omega^2) = K_l/(K_\tau K_\omega) = 1; \quad (4-22)$$

$$C = K_p/(K_p K_l)(K_l/K_\omega^2) = K_p/(K_p K_\omega^2) = 1; \quad (4-23)$$

$$C = (K_g K_l)/K_\omega^2 = 1; \quad (4-24)$$

$$C = [(K_v K_\omega)/K_l^2](K_l/K_\omega^2) = K_v/(K_l K_\omega) = 1; \quad (4-25)$$

Келгуси ҳаракатларимизда ўхшашлик индикаторлари таркибига кирувчи ўхшашлик коэффициентларини уларга тегишли бўлган катталиклар нисбати билан алмаштирамиз.

Суюқлик ҳаракатининг нотурғунлигини ҳисобга олувчи (4-22) ифода таркибига кирувчи ўхшашлик коэффициентлари  $K_l$ ,  $K_\omega$  ва  $K_\tau$  ўрнига уларни ташкил этган физик катталиклар нисбатлари -  $l_1/l_2$ ,  $\omega_1/\omega_2$  ва  $\tau_1/\tau_2$  қўйилса

$$C = K_l/(K_\omega K_\tau) = (l_1/l_2)/[(\omega_1/\omega_2)(\tau_1/\tau_2)] = 1$$

ёки

$$l_1/(\omega_1 \tau_1) = l_2/(\omega_2 \tau_2) = l/(\omega \tau) = \text{idem},$$

бу ерда  $l$  - оқимни тавсифловчи геометрик ўлчам, м.

Ушбу нисбатни ҳисоблаш натижасида олинадиган сон қиймати бирдан кичик бўлади. Бу эса ҳисоблашларда ва уларнинг натижаларини талқин этишда айрим ноқулайликларни келтириб чиқаради. Шу сабабдан, ушбу нисбатнинг тескари ифодасидан фойдаланиш қулайроқ. У ҳолда ўлчамсиз комплекс

$$(\omega \tau)/l = \text{Но} \quad (4-26)$$

ўхшаш оқимлардаги ҳаракатнинг нотурғунлигини ҳисобга олувчи **гомохронлик Но критерийси**нинг ифодасидир. Но критерийси нотурғун ҳаракат мавжуд бўлган ўхшаш системаларнинг (оригинал ва моделни) ўхшаш нуқталари учун бир хил (idem) қийматга эга бўлади.

(4-23) ифода асосида гидростатик босим кучларининг инерция кучларига нисбатини ифодаловчи ўхшашлик критерийси ҳосил бўлади

$$C = K_p/(K_p K_\omega^2) = 1$$

ёки

$$P_1/(\rho_1 \omega_1^2) = P_2/(\rho_2 \omega_2^2) = P/(\rho \omega^2) = \text{idem}.$$

Ўлчамсиз нисбат  $P/(\rho \omega^2)$  **Эйлер критерийси** дейилади. Кўплаб муҳандислик масалаларини (масалан, суюқликларни узатиш) ечиш пайтида системадаги абсолют босимни эмас, балки босимлар фарқини  $\Delta P$  аниқлаш муҳимроқ бўлади. Шунинг учун Эйлер критерийси гидростатик босимлар фарқининг суюқлик ҳаракатига таъсирини акс эттиради:

$$Eu = \Delta P/(\rho \omega^2) \quad (4-27)$$

**(4-24) ифода оғирлик кучининг инерция кучига нисбатини тавсифлайди**

$$C = (K_g K_l)/K_\omega^2 = g(l_1/l_2)/(\omega_1^2/\omega_2^2) = 1$$

ёки

$$\omega_1^2/(g l_1) = \omega_2^2/(g l_2) = \omega^2/(g l) = \text{idem}.$$

Ўлчамсиз комплекс  $(\omega^2/g l)$  **Фруд критерийси** дейилади

$$\omega^2/(g l) = \text{Fr}. \quad (4-28)$$

Фруд критерийси оғирлик кучининг суюқлик ҳаракатига таъсирини акс эттиради.

Ички ишқаланиш кучларининг инерция кучларига нисбатини акс эттирувчи (4-25) ифода асосида

$$C = K_v/(K_l K_\omega) = (v_1/v_2)/[(l_1/l_2)(\omega_1/\omega_2)] = 1$$

ёки

$$\omega_1 l_1 / v_1 = \omega_2 l_2 / v_2 = \omega l / v = \text{idem}$$

физик катталикларнинг ўлчамсиз комплекси  $(\omega L/v)$ - критерий ҳосил қилинади. Ишқаланиш кучларининг суюқлик ҳаракатига таъсирини акс эттирувчи ушбу критерий **Рейнольдс критерийси** деб номланади

$$\omega l / v = \omega \rho l / \mu = Re. \quad (4-29)$$

Рейнольдс критерийси ўхшаш оқимлардаги инерция кучларининг ишқаланиш кучларига бўлган нисбатини тавсифлайди.

Re критерийсининг сон қийматларига асосланиб турлича системаларда ҳаракатланаётган суюқлик ёки газ муҳитларининг оқиш режимлари аниқланади.

Ўхшашлик критерийларини келтириб чиқаришнинг иккинчи соддалаштирилган услубига кўра (4-19) тенглама қисмларини қуйидагича ўзгартириш мумкин:

$$\partial \omega_z / \partial \tau \sim \omega / \tau; (\omega_x \partial \omega_z / \partial x + \omega_y \partial \omega_z / \partial y + \omega_z \partial \omega_z / \partial z) \sim \omega(\omega/l) = \omega^2/l;$$

$$(1/\rho)(\partial P / \partial z) \sim P/(\rho l); v \nabla^2 \omega_z \sim v(\omega/l^2).$$

Тенглама ҳадларининг физик мазмунига кўра

$$\omega/\tau = -\omega^2/l - P/l - g + v(\omega/l^2).$$

Инерция кучини масштаб сифатида қабул қилиб, кучлар нисбатини аниқлаймиз:

$$(\omega/\tau)(l/\omega^2) = l/(\tau\omega); [P/(\rho l)(l/\omega^2)] = P/(\rho\omega^2); (gl)/\omega^2;$$

$$v(\omega/l^2)(l/\omega^2) = v/(l\omega).$$

Шу тариқа олинган (4-22), (4-23), (4-24) ва (4-25) ифодалар - Ho, Eu, Fr ва Re критерийларининг айнан ўзи эканлигини кўрамыз.

Ўхшашликнинг иккинчи теоремасига биноан, қовушқоқ суюқликнинг ҳаракатланиш жараёнини тавсифловчи Навье-Стокс дифференциал тенгламасини ечими

$$F(Ho, Eu, Fr, Re) = 0 \quad (4-30)$$

шаклидаги критериал тенглама билан ифодаланади. Ушбу тенглама гидродинамиканинг умумлашган тенгламаси деб юритилади.

Қовушқоқ суюқликлар ҳаракати билан боғлиқ бўлган ҳар қандай масала (4-30) тенглама таркибига кирувчи критерийлар орасидаги боғлиқликларни аниқлаш йўли билан ечилиши мумкин.

(4-30) тенглама таркибига кирувчи барча критерийлар, Eu критерийсидан ташқари, аниқловчидир. Амалий масалаларни ечиш пайтида Eu критерийси таркибига кирувчи босимлар фарқи  $\Delta P$  аниқланиши сабабли (4-30) тенглама аниқланувчи критерий Eu га нисбатан

$$Eu = f(Ho, Fr, Re) \quad (4-31)$$

ёки

$$Eu = A Ho^q Fr^n Re^m \quad (4-32)$$

шаклида ёзилади.

Бу ерда A, q, n ва m коэффициентларининг қийматлари тажрибалар ўтказиш йўли билан аниқланади.

Бир қатор ҳолатларда ўхшашлик критерийлари таркибига кирувчи айрим физик катталикларни аниқлаш мураккаб бўлиши мумкин. Бундай ҳолларда ушбу катталиқни аниқлаш учун ҳосилавий ўхшашлик критерийларидан фойдаланилади. Бу критерийлар таркибидаги қийин аниқланувчи катталиқ тажрибалар ёрдамида ёки аналитик йўл билан, осон аниқланувчи бошқа бирон-бир катталиқ ёрдамида акс эттирилади. Масалан, суюқликнинг турли қатламларида ҳароратни ўзгариши туфайли уларнинг зичликлари орасида фарқ пайдо бўлади. Шу сабабдан табиий конвекция (аралашини) юзага келади. Бу пайтдаги конвектив оқим тезлигини  $\omega$  аниқлаш мураккаб масала ҳисобланади.

Ушбу жараёни тавсифлаш учун Re ва Fr критерийлари нисбатидан фойдаланилади

$$Re^2/Gr = [(\omega^2 l^2 \rho^2)/\mu^2]/(gl^3/\omega^2) = l^3 \rho^2 g/\mu^2.$$

Катталикларни бундай ўлчамсиз комплекси ҳосилавий критерий ҳисобланади ва **Галилей критерийси** деб номланади

$$Ga = l^3 \rho^2 g/\mu^2 = gl^3/\nu^2. \quad (4-33)$$

Ga критерийси оғирлик кучларининг ишқаланиш кучларига нисбатини ифодалайди.

Конвектив оқимларни юзага келишига сабаб бўлувчи зичликлар фарқининг нисбатини  $(\rho_o - \rho_t)/\rho_t$  Ga критерийси ифодасига кўпайтирилса

$$Ga(\rho_o - \rho_t)/\rho_t = (l^3 \rho^2 g/\mu^2)[(\rho_o - \rho_t)/\rho_t] = gl^3(\rho_o - \rho_t)/(\nu^2 \rho_t) = Ar \quad (4-34)$$

кўринишидаги яна бир ҳосилавий критерий - **Архимед критерийси Ar** ҳосил бўлади.

Ar критерийси эркин конвекция жараёнини ифодалайди ва муҳитнинг айрим нуқталаридаги зичликлар фарқи ва ишқаланиш кучлари таъсирида ҳосил бўлувчи кучларнинг ўзаро таъсирини белгилайди.

**Назорат саволлари.** 1. Жараённи мукамаллаштириш бўйича ўтказиладиган тадқиқотлар натижаларини ишлаб чиқаришга жорий этиш қай тартибда амалга оширилади? 2. Жараёнларни физик моделлаштириш услуби ҳақида нималарни биласиз? 3. Физик ва математик моделлаштириш услублари ўртасидаги умумийлик ва фарқларни шарҳлаб беринг. 4. Жараёнларни моделлаштириш пайтида қандай шарт-шароитлар бажарилиши керак? 5. Моделлаштириш услубини қўллаш учун қандай ўхшашлик шартлари бажарилиши лозим? 6. Ўхшашлик шартлари, уларнинг моҳияти ва қўлланилишидан кўзланган мақсадлар ҳақида нималарни биласиз? 7. Ўхшашлик теоремаларининг амалий аҳамиятини тушунтириб беринг. 8. «Ўхшашлик симплекси», «ўхшашлик критерийси» ва «ўхшашлик индикатори» тушунчаларига таъриф беринг. 9. «Критериал тенглама» тушунчасига таъриф беринг. 10. Жараёнларни тавсифловчи дифференциал тенгламалардан критериал тенгламалар ҳосил қилиш услублари ҳақида нималарни биласиз? 11. Гидродинамик ўхшашлик критерийлари ҳақида нималарни биласиз? 12. Ўхшашлик назариясининг афзалликлари ва камчилликларини айтиб беринг.

## **Мавзу: Жараёнлар ва қурилмаларни математик моделлаштириш асослари**

### **Математик моделлаштириш услублари**

Технологик жараёнлар, машиналар ва қурилмаларни фан ва техника тараққиётига монанд равишда мураккаблашуви ҳамда лойиҳалаш муддатларини чекланганлиги лойиҳа-тадқиқот ишларида физик моделлаштириш услубидан фойдаланиш доирасини чегаралаб кўймоқда.

Математик моделлаштириш услубида ўрганилаётган жараённинг асосий параметрлари ва уни амалга оширувчи қурилма ўлчамлари ушбу жараённинг математик моделини компьютер ёрдамида ечиш йўли билан аниқланади.

Математик моделлаштиришнинг қуйидаги учта услублари мавжуд.

**1. Аналитик моделлаштириш услубида** жараён ва унинг элементларини физик моҳияти аналитик йўл билан чуқур таҳлил қилинади ва натижада уларнинг мазмуний математик ифодалари шакллантирилади.

**2. Аналитик-тажрибавий услубда** аналитик моделлар таркибига тажриба натижалари асосида олинган математик ифодалар ҳам киритилади. Масалан, иссиқлик ва масса бериш коэффициентларини аниқловчи эмпирик тенгламаларнинг қўлланилиши моделлаштириш жараёнини соддалаштиради. Шу билан бирга, моделларни чуқур аналитик таҳлил қилиш имконияти ҳам сақланиб қолади.

**3. Тажрибавий моделлаштириш услубига** кўра объектнинг математик модели тажрибавий йўл билан, математик статистика услубларидан фойдаланган ҳолда, тузилади. Жараён кечадиган қурилма «қора яшик» сифатида тасаввур қилинади. Бу пайтда

қурилмага кираётган ва ундан чиқаётган оқим параметрлари ўртасидаги боғлиқликлар ўрганилади.

Озиқ-овқат технологияси жараёнларини тадқиқ этиш учун математик моделлаштиришнинг аналитик ва аналитик-тажрибавий усулларидан фойдаланилади.

Математик модел асосини ташкил этувчи математик ифодалар функционал боғланишлар, графиклар, жадваллар, эгри чизиқлар ва бошқа шаклларда берилиши мумкин.

### **Математик моделлаштириш босқичлари**

Технологик жараёнларни математик моделлаштириш учта асосий босқичга ажратилиши мумкин:

- математик моделни шакллантириш;
- модел ечими алгоритмини ишлаб чиқиш;
- моделни оригиналга нисбатан адекватлигини аниқлаш.

**Моделлаштиришнинг биринчи босқичи**да масалани қўйилишидан қўзланган мақсад ва унинг ечимини топиш йўллари аниқланади. Бунинг учун таҳлил этилаётган жараён табиатини ифодаловчи физик ҳодисалар моҳиятини мумкин қадар чуқурроқ билиш зарур бўлади. Бу эса ўрганилаётган жараённинг физик модели тўғри ва мукамал бўлишини таъминлайди.

Ушбу мақсадлардан келиб чиқиб, аналитик ва аналитик-тажрибавий услубларда моделлаштириш пайтида, ўрганилаётган жараённинг иерархиявий структураси аниқланади. Бунинг учун асосий жараён унинг таркибий қисмларини ташкил этувчи элементар (энг оддий) жараёнларга ажратилади. Иерархиявий зинапояннинг қуйи поғонаси бўйича, элементар жараёнлар ҳам ўз навбатида янада кичикроқ жараёнларга, зарурий ҳолларда эса, атом-молекуляр сатҳдаги жараёнларга ажратилиши мумкин.

Моделлаштиришнинг ушбу босқичида ўрганилаётган жараённинг назарий асослари - фундаментал қонуниятлар ўрганилади. Зарурий ҳолларда тажрибавий тадқиқотлар ҳам ўтказилади.

Жараённинг математик модели таркиби элементар жараёнларнинг математик ифодалари, бошланғич ва чегаравий шартлар ҳамда ишчи муҳитларнинг физик-кимёвий ўзгаришларини ифодаловчи тенгламалардан иборат бўлади.

Модел таркибига кирувчи математик ифодаларни шакллантириш тартиби энг қуйи иерархиявий поғонада турувчи жараёнлардан бошланади. Элементар жараёнларнинг математик ифодаси, улар табиатининг физик-кимёвий моҳиятини тавсифловчи асосий параметрлар ўртасидаги функционал боғланишлар кўринишида ёки математик тенгламалар шаклида бўлиши мумкин.

Жараёнларнинг математик моделларини тузиш пайтида, масаланинг мураккаблигига кўра, қуйидаги тенгламалардан фойдаланилади:

- моддий баланс тенгламалари;
- иссиқлик баланси тенгламалари;
- оқимларнинг узлуксизлик тенгламалари;
- фазавий мувозанат тенгламалари;
- кинетик тенгламалар.

**Моделлаштиришнинг иккинчи босқичи**да ишлаб чиқилган математик модел асосида жараённи тадқиқ этиш тартиблари - алгоритми яратилади. Бу пайтда модел таркибига кирувчи барча тенгламаларни танланган услубда ечиш кетма-кетлиги ва технологик чекламаларни бажарилиш соҳалари (чегаравий шартлар) ўта мукамал тартибда ишлаб чиқилади. Бу босқичда бирламчи ва статистик маълумотлар, математик тенгламалар, жадваллар ва графиклар компьютерга киритиш, қайта ишлаш ва ечишга қулай бўлган шаклларга келтирилади.

Шундан сўнг, ишлаб чиқилган алгоритм асосида, моделни компьютерда реализация қилиш учун модуллаштирилган дастур ёки дастур пакетлари ишлаб чиқилади.

**Моделлаштиришнинг учинчи босқичи**да ишлаб чиқилган математик модел сифати - уни реал жараёнга адекватлиги аниқланади. Бунинг учун моделда олинган натижаларни тажрибада аниқланган жараён параметрларининг қийматларига солиштирилади. Қиёсий таққослаш натижасида аниқланган четлашиш қийматлари махсус услублар ёрдамида қайта ишланиб, моделнинг адекватлиги ҳақида хулоса қилинади.

### **Технологик жараённинг математик моделини куриш**

Объектда кечаётган жараёнларнинг математик моделлари мазмуний, аналитик ва ҳисоблаш аспектларида тузилади.

Моделнинг мазмуний ифодасини тузиш. Ҳар қандай объектнинг моделини куриш унинг мазмуний ифодасини тузишдан бошланади. Моделлаштириш жараёнида дастлаб объектнинг «элементар» жараёнлари аниқлаб олинади.

Одатда моделлаштирилаётган объектнинг қуйидаги «элементар» жараёнлари инобатга олинади:

- фазалар оқимининг ҳаракати;
- кимёвий ўзгаришлар;
- фазалар орасидаги модда алмашинув;
- иссиқлик ўтказиш;
- модданинг агрегат ҳолатини ўзгариши;

Моделлаштириш жараёнида мураккаб объектнинг баъзи бир тўла ўрганилмаган «элементар» жараёнларини ҳисобга олмасдан ҳам унинг математик моделини тузиш мумкин. Бу пайтда жараённинг математик моделини хатолиги жуда катта бўлиб кетмаслигига эътибор бериш керак бўлади.

Моделлаштиришдан олинган натижалар аниқлиги объектнинг конструктив ва физик параметрлари ҳамда элементар жараён параметрларини бу моделда қанчалик тўла ҳисобга олинганлигига боғлиқдир.

Конструктив параметрлар қаторига моддий ва энергетик оқимлар ҳаракати тузилишини ифодаловчи структуравий параметрлар ҳамда геометрик катталиклар (аппарат ўлчамлари) киради.

Физик параметрлар қаторига оқим ҳолатини (концентрацияси, ҳарорати ва б.) ва хусусиятларини (иссиқлик сиғими, қовушқоқлик, зичлик ва б.) ифодаловчи катталиклар киради.

«Элементар» жараён параметрлари қаторига оқим ҳаракатини ифодаловчи гидродинамик (масалан, моддани оқимда кўндаланг аралаштирилиш коэффиценти) ва физик-кимёвий (иссиқлик ва модда алмашилиш коэффицентлари, кимёвий реакция тезлиги доимийси ва б.) параметрлар киради.

**Моделнинг математик ифодасини тузиш.** Моделлаштирилаётган объектнинг математик ифодасини тузиш пайтида системали таҳлил усулларида фойдаланиб (блоклаш принципини кўллаб), унинг элементар жараёнлари чуқур ўрганилади. Дастлаб математик ифода структурасининг асосини ташкил этувчи жараённинг гидродинамик модели ўрганилади. Сўнгра кимёвий реакция кинетикаси ва ундан кейин эса, объектдаги гидродинамик шароитларни ҳисобга олган ҳолда, иссиқлик ва модда алмашилиш жараёнлари ўрганилади. Шу тариқа ҳар бир иерархиявий поғонанинг юқорисида турувчи жараёнлар учун математик ифода тузилади. Модел тузишнинг охириги босқичида барча ўрганилган «элементар» жараёнларнинг математик ифодалари битта тенгламалар системасига бириктирилади.

Шундай қилиб, муайян технологик жараённинг математик моделини тузиш пайтида қуйидагиларни ҳисобга олиш керак:

- модда ва энергиянинг сақланиш қонунларини тавсифловчи математик ифодалар;
- «элементар» жараёнларни тавсифловчи тенгламалар;
- технологик жараён параметрлари орасидаги боғлиқликларни ифодаловчи турли хилдаги эмпирик тенгламалар;

- жараён параметрларига кўрсатиладиган чекламалар.

Агар объект тўғрисидаги назарий маълумотлар етарли бўлмаса, у ҳолда статистик моделлардан фойдаланилади.

**Математик модел тенгламалари системасининг тавсифи.** Моделлаштирилаётган объектнинг хусусиятлари оддий алгебраик тенгламалар, оддий дифференциал тенгламалар, интеграл тенгламалар ёки хусусий ҳосила кўринишидаги дифференциал тенгламалар орқали ифодаланиши мумкин. Математик ифодада объект параметрлари ўзгаришини вақт бўйича ифодаланишига кўра, моделлар стационар ва ностационар бўлиши мумкин. Объектнинг стационар ҳолатини стационар моделлар ифодалайди. Параметрлари мужассамлаган объектларнинг стационар ҳолати, одатда, оддий алгебраик тенгламалар орқали ифодаланади. Бундай объектларнинг ностационар ҳолати оддий дифференциал тенгламалар орқали ифодаланиши мумкин.

Агар жараён параметрлари вақт бўйича ва бир пайтнинг ўзида бошқа параметрлардан бири бўйича ҳам (масалан, аппарат узунлиги бўйича) ўзгарса, бундай объектлар одатда хусусий ҳосила кўринишидаги дифференциал тенгламалар орқали ифодаланади. Жараённинг бундай модели параметрлари тақсимланган модел дейилади.

Параметрлари мужассамланган объектнинг ностационар ва параметрлари тақсимланган объектнинг стационар ҳолатлари оддий, биринчи тартибли дифференциал тенгламалар орқали ифодаланади.

Айрим ҳолларда, моделлаштирилаётган объектни дифференциал тенгламалар орқали ифодаланган математик модели ёрдамида ўрганиш, ҳисоблаш нуқтаи назаридан, ўта мураккаб масаладир. Бу пайтда объектни узлуксиз, параметрлари тақсимланган кўринишдаги дифференциал тенглама ёрдамида ифодаланган математик модели, кўп ҳолларда дискрет, параметрлари мужассамланган, ячейкали структура кўринишидаги моделга келтириб ечилади.

**Моделлаштириш алгоритми.** Математик моделлаштириш жараёнида тенгламалар системасини ечиш кетма-кетлигини аниқлаб, ҳисоблаш алгоритмининг тузиб чиқиш керак бўлади. Математик тенгламалар тизимини аналитик услубда ечиш мумкин бўлса, у ҳолда махсус моделлаштириш алгоритмларини яратишга зарурат йўқолади. Аммо кўп ҳолатларда тенгламалар системаси мураккаб кўринишга эга бўлади. Бундай моделдан фойдаланиш имконияти самарали моделлаштириш алгоритми тузиш мумкинлигидан боғлиқ бўлади. Олинаётган натижаларнинг физик моҳиятини чуқур тушуна билиш асосида самарали ҳисоблаш алгоритмларини тузиш мумкин.

Мураккаб моделлаштириш алгоритмининг ЭХМда бажариш учун баъзи бир ҳолатларда математик моделни содаллаштиришга тўғри келади. Бу пайтда математик моделнинг аниқлиги пасаяди.

**Назорат саволлари.** 1.Математик моделлаштириш деганда нимани тушунаси? 2.Математик моделлаштириш неча босқичда амалга оширилади? 3.Математик модел нима? 4.Моделлаштириш алгоритми нима? 5.Математик моделлаштиришнинг қандай услублари мавжуд? 6.Математик моделни шакллантириш тартиблари ҳақида нималарни биласиз? 7.Элементар жараёнларнинг математик ифодаларини қандай критерийлар асосида қиёсий таққослаш мумкин? 8.Регрессия тенгламасининг коэффициентлари қандай аниқланади? 9. Энг кичик квадратлар усули ҳақида нималарни биласиз? 10.Тенглама коэффициентларини топиш учун қандай амаллар бажарилади? 11.Регрессион таҳлил нима? 12.Тенглама коэффициентларининг таъсир даражаси қандай аниқланади? 13.Тенгламани адекватлиги қандай аниқланади? 14. Трансцендент регрессия усулида тенглама коэффициентлари қандай аниқланади?

## Мавзу: Қаттиқ материалларни майдалаш Умумий маълумотлар

Майдалаш пайтида материал бўлақларининг физик-кимёвий хусусиятлари ўзгармайди, уларнинг ўлчамлари кичрайдиган, сирт юзлари эса ортади. Натижада озик-овқат хом-ашёларини қайта ишлаш пайтида амалга ошириладиган биокимёвий ва диффузион жараёнларни тезлаштириш мумкин бўлади.

Корхоналарда хом-ашёларни ишлаб чиқариш жараёнига тайёрлаш, уларга дастлабки ишлов бериш ва чиқиндиларни қайта ишлаш босқичларида турли хил услубларда амалга ошириладиган майдалаш жараёнларидан кенг фойдаланилади. Мисол тариқасида дон маҳсулотларини тозалаш, саралаш, қобиғини арчиш, майдалаш, элаш; чигитни чақиш, мағзини пўстлоғидан ажратиш ва мағзини пресслаб ёғ олиш; мева ва сабзавотларни саралаш, кесиш, уруғлари ва пўстлоғини ажратиш; гўштни қиймалаш ва суякларни янчиб, омухта ем тайёрлаш каби қатор жараёнларни санаб ўтиш мумкин.

Қаттиқ материалларни майдалаш жараёни, шартли равишда, икки турга бўлинади:

а) **янчиш** (материалларни майда бўлақларга бўлиш) - йирик, ўртача ва майда янчиш;

б) **майдалаш** - юпқа ва ўта юпқа майдалаш.

Майдаланган материал бўлақларининг ўлчамларига кўра майдалаш жараёнларини синфларга бўлиниши қуйидаги 8.1-жадвалда келтирилган.

Майдаланаётган материал бўлақлари ва уларнинг заррачалари одатда тўғри геометрик шаклларга эга бўлмайди. Шу сабабдан, улар «ўртача ўлчам» катталиги билан тавсифланади.

Материал бўлагининг дастлабки  $d_1$  ва майдалангандан сўнги  $d_2$  ўртача ўлчамларининг нисбати **майдаланиш даражаси  $i$**  дейилади

$$i = d_1/d_2 \quad (8-1)$$

Бу кўрсаткич қиймати жараённинг самарадорлигини кўрсатади.

Материал бўлақларининг ўртача ўлчами  $d_y$  қуйидаги ифодага кўра аниқланади

$$d_y = \sqrt[3]{bLh}, \quad m \quad (8-2)$$

бу ерда  $b$ - бўлақнинг кенлиги,  $L$ - узунлиги,  $h$ - баландлиги.

### 8.1- жадвал

#### Майдалаш жараёнларини синфларга бўлиниши

Майдалаш тури	Бўлақларнинг ўртача ўлчами, мм		Майдаланиш даражаси
	майдалангунча	майдалангандан сўнг	
Йирик янчиш	1500÷300	300÷100	2÷6
Ўртача янчиш	300÷100	50÷10	5÷10
Майда янчиш	50÷10	10÷2	10÷50
Юпқа майдалаш	10÷2	2÷0,75	100
Ўта юпқа майдалаш	2÷0,75	7,5·10 <sup>-2</sup> ÷ 1·10 <sup>-4</sup>	

Агар бўлақ шарсимон бўлса, уни тавсифловчи ўлчам сифатида диаметри қабул қилинади, куб шаклида бўлса - куб қиррасининг узунлиги олинади.

Майдаланган бўлақларнинг ўртача ўлчами сараловчи элақлар ёрдамида бир неча фракцияларга ажратилиб аниқланади. Ҳар бир фракциянинг ўртача ўлчами  $d_{yp}$ , ушбу фракциядаги энг катта  $d_{max}$  ва энг кичик  $d_{min}$  бўлақлар ўлчамига кўра, қуйидагича аниқланади

$$d_{yp} = (d_{max} + d_{min})/2 \quad (8-3)$$

Аралашма таркибидаги бўлақларнинг ўртача ўлчами қуйидагича ҳисобланади

$$d_{yp} = \frac{d_{yp1} a_1 + d_{yp2} a_2 + \dots + d_{ypn} a_n}{a_1 + a_2 + \dots + a_n}, \quad (8-4)$$



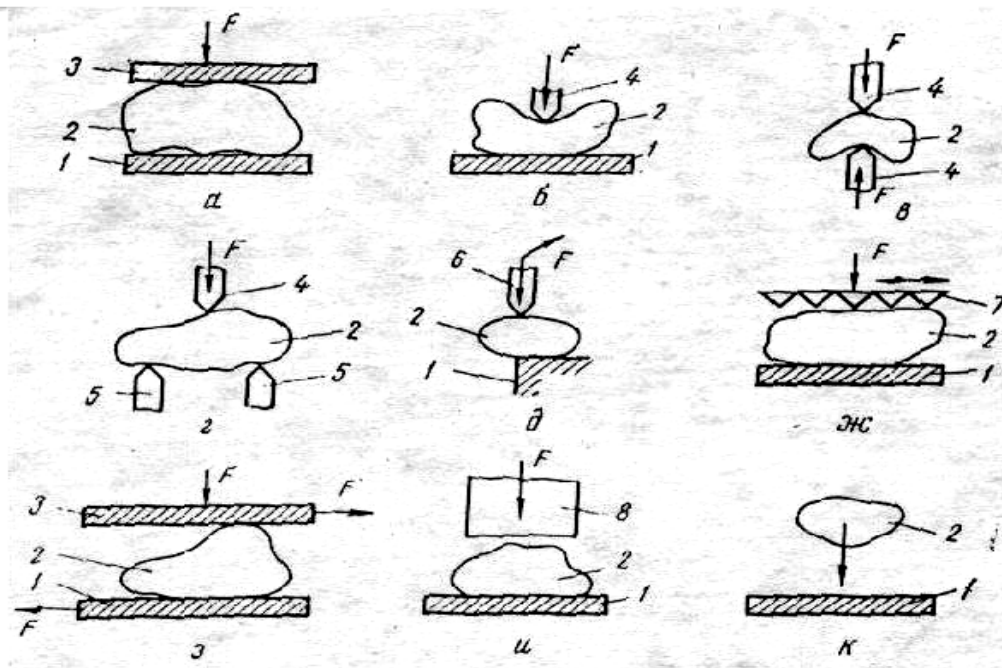
бу ерда  $d_{\text{ўр1}}, d_{\text{ўр2}}, \dots, d_{\text{ўрn}}$  - ҳар бир фракциядаги бўлақларнинг ўртача ўлчами;  $a_1, a_2, \dots, a_n$  - ҳар бир фракциянинг массавий таркиби, %.

### Майдалаш усуллари

Майдалаш жараёни асосан қаттиқ ёки шартли равишда қаттиқ деб қабул қилинган материалларни эзиш, ёриш, синдириш, кесиш, арралаш, емириш (ейилтириш) ва зарба бериш каби усуллар билан амалга оширилади (8.1-расм). У ёки бу усулни танлаш материални ўлчамлари ва унинг физик-механик хоссаларига боғлиқ. Масалан, қаттиқ ва мўрт материаллар уриб ёрилади ёки эзилади, эластик ва қовушқоқ материаллар эса эзиб ейилтирилади.

Материалларни янчиш одатда қуруқ усулда (сув ишлатмасдан), уларни юпқа майдалаш эса намлаб амалга оширилади. Намлаб янчиш жараёнида кам миқдорда чанг ҳосил бўлади. Шу сабабдан, мазкур услуб атроф-муҳитни муҳофаза қилиш талабларига мос келади.

Қўзғалувчи ва қўзғалмас плиталар орасида ташқи куч  $F$  таъсирида **эзиш** (8.1-расм, а-схема) пайтида материал ўз ҳажми бўйича тўла деформацияланади, ундаги ички кучланиш аста-секин ортиб боради. Ички кучланиш  $\sigma_{\text{и}}$  қиймати материални эзиш пайтидаги мустақамлиги чегарасидан  $[\sigma]_{\text{с}}$  ортиб кетса ( $\sigma_{\text{и}} > [\sigma]_{\text{с}}$ ), материал турлича ўлчам ва шаклларга эга бўлган бўлақларга бўлиниб кетади.



-расм. Материалларни майдалаш усуллари: а- майдаланадиган материални (2) қўзғалувчи (3) ва қўзғалмас таянч (1) плиталар орасида эзиш; б- понасимон ишчи орган (4) ёрдамида таянч плита юзасида ёриш; в- понасимон ишчи органлар орасида ёриш; г- таянч элементлари (5) ва понасимон ишчи органлар (4) воситасида бўлақларга бўлиш; д- пичоклар (6) ёрдамида кесиш; ж- арралар (7) воситасида арралаб майдалаш; з-эзувчи плиталар оралиғида ейилтириш; и-прессловчи мослама (8) ёрдамида зарба бериб майдалаш; к-материални ўз оғирлиги таъсирида уриб майдалаш.

Материални понасимон асбоблар билан **ёриш** жараёнида (8.1-расм, б- ва в-схемалар) материал ва таянч плитанинг (понанинг) контакт юзасида, ташқи куч таъсирида, катта ички кучланишлар юзага келади. Натижада материал бир неча бўлақларга бўлинади.

**Синдириб майдалаш** усулида (8.1-расм, г-схема) жараён материални эгувчи куч (момент) таъсирида амалга оширилади.

Юмшоқ тўқимали, пластик ёки аморф материаллар пичоқлар воситасида **кесиш** туфайли майдаланади (8.1-расм, д-схема). Кесилган материал бўлақларининг шакли ва ўлчами олдиндан белгиланиши ёки ихтиёрий бўлиши мумкин.

Материалларни **арралаш** йўли билан ҳам майдалаш мумкин (8.1- расм, ж-схема). Бунинг учун диск ёки лентасимон арралардан фойдаланилади. Бу пайтда арра ва пичоқларнинг ҳаракат йўналиши майдалаш юзасига параллел бўлади.

Қўзғалувчи ва таянч плиталар орасида материални сиқилиши ва плиталарни ўзаро карама-қарши йўналишлардаги ҳаракати туфайли материаллар **емирилади**. Натижада юпка ва ўта юпка янчилган маҳсулотлар ҳосил бўлади (8.1-расм, з-схема).

Қаттиқ ва мўрт материаллар **зарба бериш** усулида майдаланади. Бу пайтда материал бирон-бир асбоб билан уриб майдаланади ёки ўзининг оғирлиги таъсирида таянч плитанинг юзаси билан эркин тўқнашади.

Майдалаш жараёнлари бир ёки бир неча босқичларда, очиқ ёки ёпиқ циклда, амалга оширилади.

Очиқ циклда материаллар йирик ва ўртача ўлчамларда, майдалаш машиналаридан бир маротаба ўтказиб янчилади.

Жараённи ёпиқ циклда ўтказиш пайтида майдалаш машинасидан чиққан материал ундан кейин ўрнатилган жиҳозда сараланади. Ўлчами талаб даражасидан катта бўлган материал фракцияси ажратиб олинади ва майдалаш машинасига иккинчи маротаба қайта ишлов бериш учун қайтарилади.

#### **Жараённинг асосий қонуниятлари**

Механик куч таъсири остида амалга ошириладиган янчиш жараёнида қаттиқ материал дастлаб деформацияланади (сиқилади), сўнгра унинг сирт юзасида ҳосил бўлган катта ва кичик ёриқлар бўйлаб емирилади (бўлақларга ажрайди). Шу тариқа янги юзалар ҳосил бўлади.

Янчиш пайтида материални ҳажмий деформациялаш учун сарфланган иш  $A_d$  емирилаётган бўлақ ҳажмининг ўзгаришига  $\Delta V$  мутаносиб бўлади

$$A_d = k \Delta V, \quad (8-5)$$

бу ерда  $k$ - мутаносиблик коэффициенти, жисмнинг бирлик ҳажмини деформациялаш учун сарф бўлган иш миқдори.

Янчиш пайтида янги юзалар  $\Delta F$  ҳосил қилиш учун сарфланган иш  $A_{ю}$  куйидагича ҳисобланади

$$A_{ю} = \sigma \Delta F, \quad (8-6)$$

бу ерда  $\sigma$ - мутаносиблик коэффициенти, қаттиқ жисмда янги юза бирлигини ҳосил қилиш учун сарфланган иш миқдори.

Янчиш учун сарфланадиган ташқи кучнинг тўла иши Ребиндер тенгламаси билан топилади

$$A = A_d + A_{ю} = k \Delta V + \sigma \Delta F. \quad (8-7)$$

Йирик янчиш ( $i \rightarrow \min$ ) пайтида янги юзалар ҳосил қилиш учун сарфланадиган иш  $A_{ю}$  анча кичик қийматга эга бўлишини ва  $\Delta V \cong d^3$  эканлиги ҳисобга олинса

$$A = k \Delta V = k_1 d^3, \quad (8-8)$$

бу ерда  $k_1$ - мутаносиблик коэффициенти,  $d$ - бўлақнинг аниқловчи ўлчами.

Ушбу (8-8) тенглама Кук-Кирпичевнинг янчиш гипотезасини ифодалайди: “материални янчиш учун сарфланадиган иш янчилаётган бўлақ ҳажмига (ёки массасига) мутаносибдир”.

Юпка майдалаш жараёнида ( $i \rightarrow \max$ ) ҳажмий деформациялаш учун сарфланган ишни ҳисобга олмаса ҳам бўлади ( $A_d \rightarrow \min$ ). Бундай ҳолатда

$$A = \sigma \Delta F = k_2 d^2, \quad (8-9)$$

бу ерда  $k_2$ - мутаносиблик коэффициенти.

Ушбу тенглама Риттенгер гипотезасини ифодалайди: “қаттиқ жисмни янчиш учун сарфланган иш янги ҳосил бўлган юзага мутаносибдир”.

Сарфланадиган ишнинг  $A_d$  ва  $A_{ю}$  ташкил этувчиларини ҳисобга олиш зарур бўлган ҳолат учун (майдаланиш даражасининг ўртача қийматлари учун) Бонд тенгламасидан фойдаланилади

$$A = k_3 \sqrt{d^3 d^2} = k_3 d^{2.5} . \quad (8-10)$$

Бонд тенгламасига асосан битта бўлакни янчиш учун сарфланган иш унинг ҳажми ( $d^3$ ) ва янги ҳосил бўлган юза ( $d^2$ ) ўртасидаги ўртача геометрик қийматга мутаносибдир.

Юқоридаги барча тенгламалар таркибига кирувчи  $k_1$ ,  $k_2$  ва  $k_3$  коэффицентларнинг қийматлари номаълум бўлганлиги учун ушбу тенгламаларни муҳандислик амалиётида қўллаш доираси чекланган. Мазкур тенгламалар майдалаш жараёнларининг самарадорлигини ўзаро солиштириш (таққослаш) мақсадларида ишлатилади. Шунинг учун ҳам янчиш машиналарининг истеъмол қувватлари тажриба йўли билан, эмпирик тенгламалар ёрдамида, аниқланади.

### Майдалаш машиналари ва уларни ҳисоблаш услублари

Майдалаш жиҳозлари шартли равишда икки гуруҳга бўлинади:

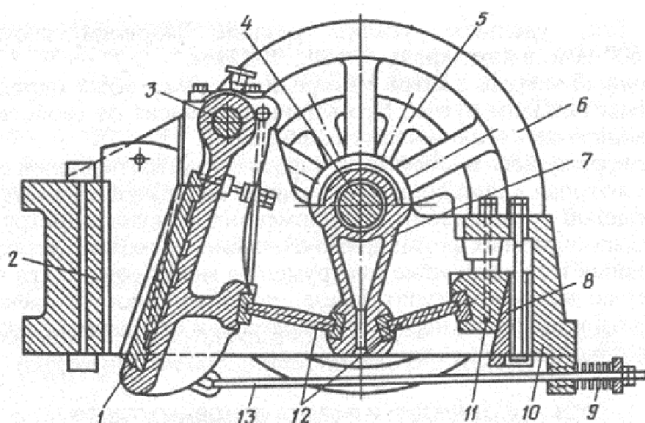
- материалларни йирик, ўртача ва майда бўлақларга ажратувчи **янчиш машиналари**;

- материалларни юпқа ва ўта юпқа майдалайдиган **тегирмонлар**.

Ишчи циклига кўра очик ва чегараланган циклларда ишловчи машиналар мавжуд. Очик циклда ишловчи машиналарда материал бир маротаба майдаланади. Чегараланган циклда ишловчи машиналарда эса янчилган аралашма таркибидан материалнинг катта бўлақлари ажратиб олинади ва иккинчи маротаба майдалаш учун машинага қайтарилади.

Кимё ва қурилиш материаллари ишлаб чиқарувчи корхоналарда йирик янчиш учун **ясси плитали (щека) ва конусли машиналардан** фойдаланилади. Бундай машиналарда ўлчами 1500 мм дан кам бўлмаган бўлақлар 300÷100 миллиметргача майдаланади. Шундан сўнг материал ўртача ва майда янчишга (100÷10мм) мўлжалланган конуссимон валикли машиналарга узатилади.

Щекали машиналарнинг асосий қисми ишқаланишга чидамли бўлган пўлатдан тайёрланган тарам-тарам юзали кўзгалувчан 1 ва кўзғалмас плиталардан 2 иборат бўлади (8.2-расм).



-расм. Щекали майдалагич схемаси:  
1- кўзгалувчи ясси плита (щека); 2- кўзғалмас плита; 3- кўзгалувчи плита ўки; 4- эксцентрикли вал; 5- шкив; 6- маховик; 7- шатун; 8,11- ростловчи поналар; 9- пружина; 10- корпус; 12- ричаглар; 13- тяга (тортқич).

Кўзгалувчи плита эксцентрикли вал 4 ва пружинали тортқич (9,13) воситасида ҳаракатга келтирилади. Натижада, плиталар орасидаги тирқиш даврий равишда торайиб ва кенгайиб туради. Кўзгалувчан плитани 2 пружинали тортқич 13 воситасида орқага қайтиши пайтида эзилган материал плиталар оралиғида ҳосил бўлган тирқишдан қуйига тушиб қолади.

Ясси юзали янчиш машиналарининг тузилиши содда ва ишончли бўлиб, улар эзиш учун зарур бўлган ўта катта механик босим ҳосил қилади. Машинадаги чайқалувчи массив бирикмалар (плита ва маховик) мавжудлиги уни катта фундаментга ўрнатилишини

талаб этади. Машинани ишлатиш жараёнида кўплаб микдорда чанг, кучли шовқин ва вибрация ҳосил бўлади. Машинада жараён даврий тарзда амалга оширилади. Бу пайтда маҳсулотнинг майда фракцияси кўплаб микдорда ҳосил бўлади.

Машинанинг иш унумдорлиги  $Q$ , қуввати  $N$ , эксцентрик валнинг айланиш тезлиги  $n$  ва материални щекалар оралиғида ушланиб қолиш бурчаги  $\alpha$  унинг асосий технологик кўрсаткичларидир. Одатда  $\alpha \leq 2\varphi$ , бу ерда  $\varphi$  - ишқаланиш бурчаги,  $\operatorname{tg}\varphi = f$ ;  $f$  - материални шека юзаси бўйлаб сирпаниши пайтидаги ишқаланиш коэффиценти,  $f=0.3$ ;  $\alpha = 15 \div 22^\circ$ .

Эксцентрикли валнинг айланиш тезлиги  $n$  ( $\text{мин}^{-1}$ ) куйидаги тенглама ёрдамида аниқланади:

$$n_{\max} = \sqrt{\frac{450gtg\alpha}{S}} = 66.5\sqrt{\frac{tg\alpha}{S}}, \text{ мин}^{-1}, \quad (8-11)$$

бу ерда  $S$  - щеканинг сурилиш йўли, м;  $g=9.81\text{м/с}^2$  - эркин тушиш тезланиши. Одатда  $n=150 \div 280 \text{ мин}^{-1}$ .

Машинанинг иш унумдорлиги ( $\text{м}^3/\text{соат}$ ) куйидаги тенгламалар ёрдамида ҳисобланади:

$$Q = 60nV\mu = 60nFb\mu, \quad (8-12)$$

бу ерда  $V$  - щекани бир маротаба сурилиши пайтида майдаланиб тушган материал ҳажми,  $\text{м}^3$ ;  $F$  - юклаш туйнугининг юзаси,  $\text{м}^2$ ;  $b$  - туйнукнинг узунлиги, м;  $\mu$  - маҳсулотни машинадан чиқиш пайтидаги майдаланиш (талқонланиш) коэффиценти,  $\mu = 0.3 \div 0.65$ .

Маҳсулотни ушланиб қолиш бурчагининг ҳар қандай қийматлари учун щекали янчиш машинасининг иш унумдорлиги ( $\text{кг}/\text{соат}$ ) куйидагича аниқланиши мумкин

$$Q = 60Sb\rho\mu d_{\text{ўр}}/\operatorname{tg}\alpha, \quad (8-13)$$

бу ерда  $\rho$  - майдаланаётган материалнинг зичлиги,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $d_{\text{ўр}} = (2L+S)/2$  - майдаланган бўлақларнинг ўртача ўлчами, м;  $L$  ва  $b$  - маҳсулот чиқариш туйнугининг эни ва узунлиги, м;

Майдалаш учун зарур бўлган қувват ( $\text{кВт}$ ) куйидаги ифодага кўра аниқланиши мумкин

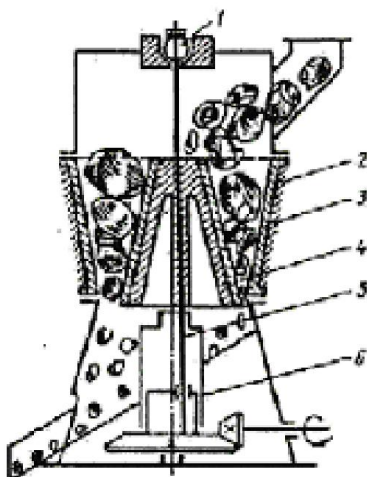
$$N = [\sigma]_c nb(d_1-d_2)/(234 \cdot 10^9 E), \quad (8-14)$$

бу ерда  $[\sigma]_c$  - сиқилаётган материалнинг мустаҳкамлик чегараси,  $\text{Па}\cdot\text{с}$ ;  $d_1$  ва  $d_2$  - материал заррачаларининг дастлабки ва майдалангандан сўнги ўлчамлари, м;  $E$  - материалнинг бикирлик модули,  $\text{Па}$ .

**Конусли машиналарда** (8.3-расм) маҳсулот кўзғалувчи конуссимон каллак 4 ва кесик конус шаклидаги кўзғалмас корпус 2 орасидаги тирқишнинг кичрайиши туфайли йирик, ўртача ва майда бўлақларга майдаланади.

Ҳаракатчан конус 4 кўзғалмас ўқ атрофида, конуссимон тишли ғилдирак ёрдамида, эксцентрикли вертикал вал 5 воситасида айлантририлади. Эксцентриситет 6 туфайли каллак 4 эксцентрик айланма ҳаракат қилади. Майдаловчи каллак конуссимон корпуснинг бир томонига яқинлашганда, унинг иккинчи қарама-қарши томонидан, бу пайтда ҳосил бўлувчи ҳалқасимон тирқишдан, маҳсулот ўз оғирлиги таъсирида куйига тушади.

Машинанинг конуси баланд, маховиксиз ва енгил ишлайди. Машинада янчилаётган маҳсулотнинг майдаланиш даражаси юқори.



-расм. Конусли (ёки гирацион) майдалогич схемаси:  
1- шарли таянч; 2- корпус; 3- зихрли кесик конуссимон плита; 4- майдаловчи каллак; 5- вертикал вал; 6- эксцентрик.

Эксцентрикли валнинг айланиш частотаси куйидаги тенглама бўйича ҳисобланади:

$$n = 47[(\operatorname{tg} \alpha_1 + \operatorname{tg} \alpha_2) / L_3]^{1/2}, \quad \alpha_1 + \alpha_2 \leq 2\varphi, \quad (8-15)$$

бу ерда  $\alpha_1$  ва  $\alpha_2$ - ҳар иккала конуслар учун материални тутилиб (ушланиб) қолиш бурчаги;  $L_3$ - эксцентрик узунлиги, м.

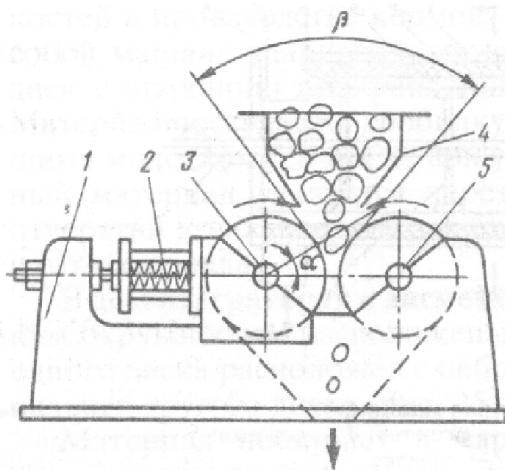
Машинанинг иш унумдорлиги ( $\text{м}^3/\text{соат}$ ) куйидаги тенглама бўйича ҳисобланади:

$$Q = 340\mu n D_T L_3 d / (\operatorname{tg} \alpha_1 + \operatorname{tg} \alpha_2), \quad (8-16)$$

бу ерда  $D_T$ - маҳсулотни чиқиши учун мўлжалланган тирқишнинг ташқи диаметри, м;  $d$ - майдаланган материал бўлақларининг ўртача ўлчами, м;  $\mu=0.3\div 0.5$ .

**Валикли янчиш машиналарида** (8.4-расм) материал бир-бирига қарама-қарши йўналишда айланувчи валиклар орасида ўртача, майда ва юпка янчиш турларини тавсифловчи ўлчамларгача янчилади (эзилади).

Валикли янчиш машиналарининг кўплаб турлари буғдой донидан ун тайёрлаш, ўстирилган арпа дони солодини арчиш ва янчиш, кунжарани япроксимон шаклда эзиш каби технологик мақсадларда кенг қўлланилади.



- расм. Валикли майдалаш машинаси: 1- корпус; 2- пружина; 3- қўзғалувчи валик; 4- бункер; 5- қўзғалмас валик.

Валикларнинг диаметри ва айланиш тезликлари бир хил ( $n_1=n_2$ ,  $d_1=d_2$ ) ёки аксинча, ҳар хил ( $n_1 \neq n_2$ ,  $d_1 \neq d_2$ ) бўлиши мумкин.

Валиклар чўяндан куйилади, сўнгра уларнинг юзаси бўйлаб ишқаланишга чидамли пўлат қоплама қопланади. Валиклар юзаси силлиқ, тарам-тарам каналли ёки тишли бўлиши мумкин. Валиклар сони биттадан саккизтагача, уларнинг чизиқли тезликлари эса  $v=2\div 4,5$  м/с гача (max 7 м/с) бўлади.

Валикли машиналарда мўрт материалларнинг майдаланиш даражаси  $i=10\div 15$ , қаттиқ материаллар учун эса  $i < (3\div 4)$  ораликларда бўлади. Валиклар диаметри  $D > (20\div 25)d_{\text{ўрт}}$  чегараларда, маҳсулотни ушланиб қолиш бурчаги эса  $\alpha < 30^\circ$  бўлади. Шу билан бирга, лойихалаш жараёнларида ушбу бурчак қийматини куйидаги ифодадан аниқлаш тавсия этилган

$$\operatorname{tg} \alpha / 2 = f, \quad (8-17)$$

бу ерда  $f$ - ташқи ишқаланиш коэффициентини, дон маҳсулотлари учун

$f=0.28\div 0.37$ .

Валикларнинг айланиш тезлиги ( $\text{мин}^{-1}$ ) қуйидаги ифода бўйича ҳисобланиши мумкин

$$n = 616\sqrt{f/(pd_1D)} \quad (8-18)$$

ёки

$$\omega = \pi Dn/60 \text{ м/сек} , \quad (8-19)$$

бу ерда  $d_1$ - майдаланаётган материалнинг дастлабки ўлчами, м.

Агар  $D_1=D_2=D$  ва  $n_1=n_2=n$  бўлса, у ҳолда валикли машинанинг иш унумдорлиги ( $\text{кг/соат}$ ) қуйидаги тенглама ёрдамида ҳисобланиши мумкин:

$$Q = 60\pi\delta nDL\rho\mu , \quad (8-20)$$

бу ерда  $\delta$ - валиклар орасидаги тирқишни кенглиги, м;  $L$  ва  $D$ - валикнинг узунлиги ва диаметри, м;  $n$ - валикнинг айланиш тезлиги,  $\text{мин}^{-1}$ ;  $\mu=0,2\div 0,3$ .

Агар валиклар тезлиги турлича ( $n_1\neq n_2$ ) бўлса

$$Q = 3600\delta L v_m \rho \mu , \quad (8-21)$$

бу ерда  $v_m$ - маҳсулотнинг валиклар орасидан ўтиш тезлиги,  $v_m = (v_1+v_2)/2$ ;  $v_1$ - тез айланувчи (етақловчи) валикнинг тезлиги;  $v_2$ - секин айланувчи (эргашувчи) валик тезлиги.

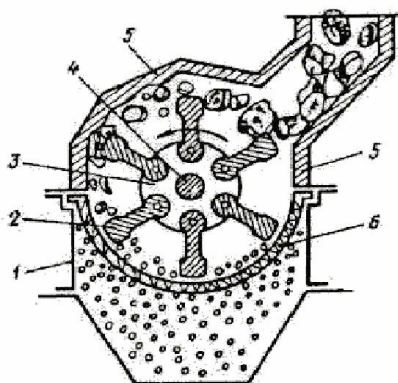
Майдалаш машинасининг валидаги қувват ( $\text{кВт}$ ) қиймати қуйидаги тенглама бўйича аниқланиши мумкин

$$N = (DLn/35300)(d_1/2 + D^2/24000). \quad (8-22)$$

Ушбу (8-22) тенгламадаги барча геометрик ўлчамлар бирлиги сантиметрларда олинади.

**Болғали янчиш машиналарининг** (8.5-расм) асосий ишчи органи пластинка шаклидаги пўлат болғачалардан 2 иборат бўлади. Болғачалар дискларга 3 ўтказилган ўқларга эркин ҳолатда осилади. Бундай машиналарда материалга бериладиган оний зарба марказдан қочма кучлар таъсирида амалга оширилади.

Машинанинг ишчи органлари ўта тез ҳаракатланиши ( $v=30\div 55$  м/сек) сабабли материалга болғачалар воситасида зарба бериш вақти ўта қиска бўлади. Маҳсулотни майдаланиш даражаси  $i=10\div 15$ . Болғачалар зарбаси остида материал машина корпусига қопланган зихрли плитага 5 урилиб, элакка 6 ишқаланиши туфайли майдаланади. Турли диаметрли элакларни алмашлаб жойлаштириш йўли билан машинадан чиқаётган янчилма ўлчамлари (ёки  $i$  қиймати) танланади.



-расм. Болғали янчиш машинаси схемаси: 1- корпус; 2- болға; 3- диск; 4- вал; 5- зихрли плита; 6- колосникли панжара (элак).

Болғали янчиш машинасининг иш унумдорлиги ( $\text{тн/соат}$ ) қуйидаги тенглама ёрдамида ҳисобланади:

$$Q = 3600 kD^2Ln^2/(i-1),$$

бу ерда  $D$  ва  $L$ - роторнинг диаметри ва узунлиги, м;  $n$ - роторнинг айланишлари сони,  $\text{мин}^{-1}$ ,  $k=4\div 6$ . 2- эмпирик коэффицент.

Жиҳоз электродвигателининг қуввати ( $\text{кВт}$ ) қуйидаги эмпирик тенгламадан топилади

$$N = 0,15Qi . \quad (8-24)$$

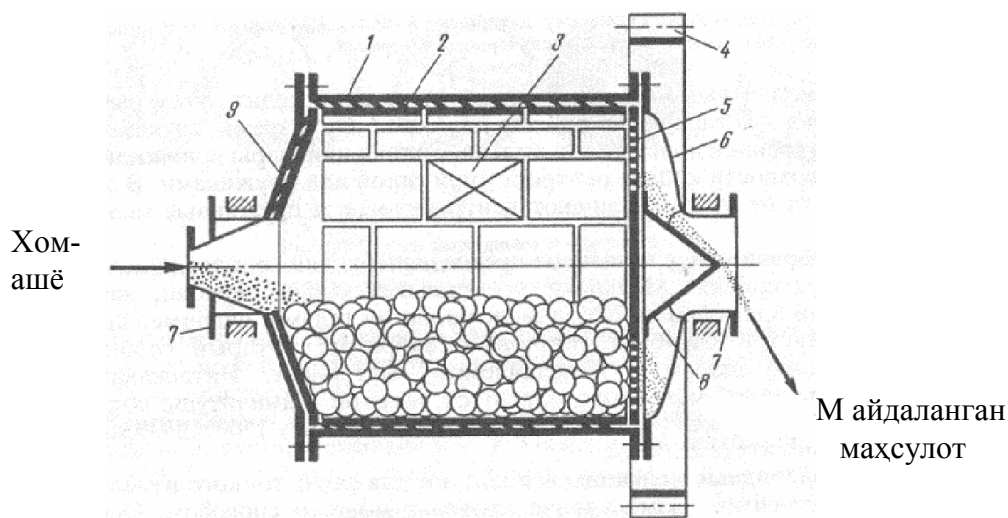
Болғали янчиш машиналари суякларни майдалаш, омукта ем ва дон ёрмаси тайёрлаш каби жараёнларда кенг қўлланилади.

**Шарли тегирмонлар** (8.6-расм) ўз ўқи атрофида айланувчи горизонтал барабан шаклида тайёрланади. Бундай машиналар маҳсулотни кукунсимон шаклда майдалаш учун фойдаланилади.

Барабан ҳажми диаметри  $35 \div 175$  мм бўлган металл ёки фарфор шарлар билан  $30 \div 35\%$  гача тўлдирилади. Барабан ичига хом-ашё ва шарлар бир пайтнинг ўзида юкланади.

Айланаётган барабанда материал ва шарлар маълум баландликка кўтарилгач, ўз оғирликлари таъсирида пастга, материалнинг асосий қатламига қулайди.

Майдаланаётган материал шарларнинг доимий зарбаси остида бўлади ва ўзаро тўқнашаётган шарлар орасида ишқаланиб эзилади.



8.6-расм. Шарли тегирмон схемаси. 1- барабансимон корпус; 2- зихрланган қоплама; 3- туйни; 4- шўрлик; 5- шўрлик; 6- шўрлик; 7- шўрлик; 8- шўрлик. Барабаннинг критик  $n_{кр}$  ва ишчи  $n_{иш}$  айланишлари сони ( $мин^{-1}$ ) қуйидаги эмпирик тенгламалар ёрдамида аниқланади:

$$n_{кр} = 42.4 \sqrt{D} ; n_{иш} = 0,75 n_{кр} = 32 / \sqrt{D} . \quad (8-25)$$

Шарли тегирмон электродвигателининг қуввати (кВт) эса қуйидаги ифода асосида ҳисобланади:

$$N = 6,1 M_{ш} \sqrt{D} , \quad (8-26)$$

бу ерда  $M_{ш}$ - шарларнинг умумий массаси, тн.;  $D$ - барабан диаметри, м.

**Дискли янчиш машинаси - дисмембратор** (8.7-расм) корпус ичига жойлаштирилган кўзғалмас ва тез айланувчи валга ўрнатилган кўзғалувчи дисклардан иборат бўлади. Дисклар юзаси трапециясимон тишли бўлиши ёки уларга калта қозиклар (палец) ўрнатилган бўлиши мумкин. Дисклардаги тишлар бир-бирига кириб турган ҳолатда бўлади.

Дисмембраторлардан фарқли равишда дезинтеграторларнинг ҳар иккала ишчи дисклари тез айланувчи валларга ўрнатилган бўлади (8.8-расм). Битта дискда жойлашган қозикларнинг концентрик айлана қатори иккинчи дискдаги қозиклар қаторига унча катта бўлмаган оралиқ тирқиш билан ўрнатилади.

Дисклар  $200 \div 1200$   $мин^{-1}$  тезликда айланади, улар орасидаги тирқиш пружинали механизм ёрдамида ростланади.

Дискли янчиш машиналарида маҳсулот тез айланувчи қозиклар юзасига урилиши ва улар орасида эзилиши туфайли майдаланади. Бундай машиналарнинг бир соатлик иш унумдорлиги  $0.5 \div 20$  тн.

**Назорат саволлари:** 1. Озиқ-овқат технологиясининг қайси бир йўналишларида майдалаш жараёнлари кенг қўлланилади? Уларни амалга оширишдан кўзланган мақсад

нима? Жавобларингизни мисоллар асосида изохлаб беринг. 2.Майдаланиш даражасига таъриф беринг. 3.Майдаланган материал бўлакларининг ўртача ўлчами қандай аниқланади? 4.Майдалаш жараёни қандай синфларга бўлинади? 5.Қаттиқ материалларни майдалашнинг қандай усуллари мавжуд? Ушбу усулларнинг қайси бирини тавсифлай оласиз? 6.Материалларни янчиш жараёни механизми ҳақида нималарни биласиз? Жараён мобайнида бажарилган ишни аниқлаш учун қандай тенгламалар мавжуд? Нима учун ушбу тенгламалар муҳандислик амалиётида кенг қўлланилмайди? 7.Майдалаш жиҳозлари қандай принципларга асосан гуруҳларга ажратилади? 8.Озиқ-овқат корхоналарида қандай типдаги майдалагичлар қўлланилади? Ушбу жиҳозларнинг тузилиши ва ишлаш принципи ҳақида нималарни биласиз? 9.Валикли майдалагичнинг ишлаш принципини тушунтириб беринг. Бундай майдалагичдан озиқ-овқат корхоналарида қандай мақсадларни амалга ошириш учун қўлланилади? Мисоллар келтиринг. 10.Донни майдалаш учун қайси типдаги машиналарни қўллаш мумкин? Жавобингизни изохлаб беринг.

### **Мавзу: Сочилувчан материаллар ва донали маҳсулотларни саралаш Умумий маълумотлар**

Сочилувчан аралашмалар ва донали маҳсулотларни (мева ва сабзавотларни) шакли, ўлчами, суюқлик ёки газ муҳитларида чўкиши ва бошқа хоссаларига кўра уларни алоҳида фракцияларга ажратиш жараёни **саралаш** (хиллаш) дейилади.

Ушбу жараён қуйидаги технологик мақсадларни амалга ошириш учун қўлланилади:

- маълум катталиқ ёки зичликка эга бўлган фракциялар олиш - **асосий жараён**;
- маҳсулот ёки хом-ашё таркибидан чиқитларни (чанг, кум, тупроқ, металл заррачалари, қипиқлар, пўчоқлар, тошчалар ва б.) ажратиш - **тозалаш жараёни**.

Саралаш жараёни механик услубда (элаклаш), гидравлик услубда (сув муҳитида) ва ҳаво муҳитида (сепарация) ўтказилади.

Озиқ-овқат саноати корхоналарида маҳсулот ёки хом-ашёни пневматик, гидравлик ва марказдан қочма кучлар майдонида саралаш, элаш ҳамда магнит майдонида улар таркибидан ферромагнит чиқитларни ажратиш олиш усуллари қўлланилади.

#### **Материалларни элаш назарияси асослари**

Элаш жараёни тўқилган ёки штамповкаланган элак (ёки ғалвир) тешикларидан материалларни ўтишига асосланган. Аралашманинг бир қисми элак юзасида қолади, бошқа қисми эса унинг тешикларидан ўтиб кетади. Элаш жараёнидан кўзланган технологик мақсадларга кўра, материални элак юзасида қолган қисми чиқит, ундан ўтгани эса маҳсулот ҳисобланади (ёки аксинча).

Элаклар ипак ва капрон иплардан, пўлат, мис ёки латун симлардан тўқилган бўлиб, квадрат ёки тўғри тўртбурчак шаклига эга. Штамповкаланган элак тешикларининг шакли думалоқ ёки чўзинчоқ овал кўринишда бўлади.

Ҳар бир элак аниқ мезоний тартиб рақамига ва ўтказиш юзасига эга. Элакнинг тартиб рақами ундаги тешиклар ўлчамига (мм) тенг. Масалан, N:4 элак тешикларининг ўлчамлари 4x4 мм бўлади.

Элакнинг ўтказиш юзаси  $\phi$  қиймати элакдаги барча тешиклар юзасини  $\Sigma f_0$  элакнинг умумий юзасига  $F_0$  нисбати орқали аниқланади

$$\phi = (\Sigma f_0 / F_0) 100 \% = [(\pi n d_0^2 / 4) / (\pi D^2 / 4)] 100 \% , \quad (10-1)$$

бу ерда  $n$ - элак тешикларининг сони.

Одатда  $\phi=50\div 70\%$  бўлиб, унинг қиймати элак турига боғлиқ.

Элаклаш жараёнининг самарадорлиги (%) қуйидаги тенглама бўйича ҳисобланади

$$X = \frac{C}{Q\alpha / 100} 100 = \frac{C}{Q\alpha} 10^4 , \quad (10-2)$$

бу ерда  $Q$ - дастлабки материал (аралашма) массаси, кг;  $C$ - элакдан ўтган маҳсулот массаси, кг;  $\alpha$  - элакдан ўтган фракциянинг дастлабки маҳсулотдаги миқдори;  $\alpha = C/Q$ .



Эланган маҳсулотга нисбатан жараённинг моддий баланси тенгламаси қуйидаги кўринишга эга

$$\frac{Q^* \alpha}{100} = C + \frac{T^* \beta}{100}, \quad (10-3)$$

бу ерда  $T$ - элак юзасида қолган маҳсулот миқдори, кг;  $\beta$ - элакдан ўтиши лозим бўлган маҳсулотнинг  $T$  даги қолдиқ миқдори (чала эланганлик кўрсаткичи).

Жараён самарадорлигини

$$X = \alpha - \beta. \quad (10-4)$$

кўринишда ҳам ифодалаш мумкин.

Материал заррачаларини тавсифлаш учун (+) ва (-) белгилар ишлатилади. (-) белгиси заррача ўлчами элак тешиклари ўлчамадан кичик эканлигини билдиради, (+) эса - аксинча. Масалан, заррачанинг ўлчами 2 миллиметрдан катта ва 3 миллиметрдан кичик ( $2 < d < 3$ ) бўлсин. Бундай заррача 3 миллиметрли элак тешигидан ўтиб кетади, 2 мм тешикли элак юзасида эса ушланиб қолади. Бундай заррачани -3+2 деб белгилаш қабул қилинган. Ўлчамлар бўйича фракцияларга ажратиш усули (элаклаб анализ қилиш) ушбу принципга асосланган. Унинг мақсади сочилувчан материал заррачаларининг дисперслигини (дисперсиявий таркибини) аниқлашдир.

Дисперслик ( $1/d$ ) сочилувчан материалнинг технологик хоссаларини аниқловчи катталиқ бўлиб, у заррачаларнинг катталиги ёки солиштирма юзаси бўйича тақсимот функцияси билан ифодаланади.

Солиштирма юза деб маҳсулот зарралари сирт юзасини уларнинг массасига ёки ҳажмига нисбати тушунилади. Амалда сочилувчан материаллар таркиби қуйидагича тавсифланади:

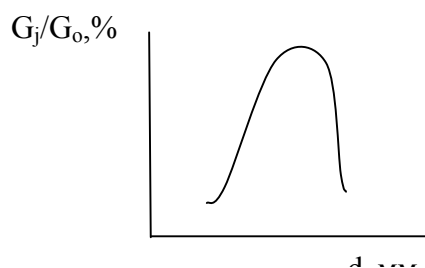
- материал зарраларининг ўлчамлари бўйича (элаклар ёрдамида таҳлил қилиш);
- зарралар солиштирма юзасининг ўртача қиймати бўйича.

Корхона лабораторияси шароитида сочилувчан материал элаклар тўплами ёрдамида эланиб, бир неча фракцияларга ажратилади. Ҳар бир фракциядаги зарраларчанинг ўлчамлари элаклар тешикларининг ўлчами билан ифодаланади.

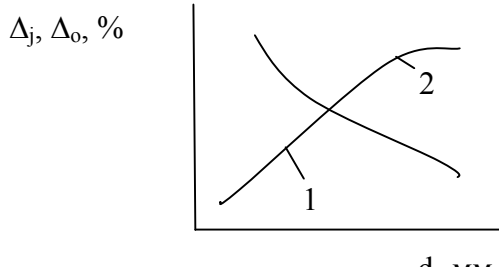
Тўпламдаги дастлабки элак тешиги ўлчамини  $d_{j-1}$  ундан кейинги элак тешиги ўлчамига  $d_j$  нисбати элаклар тўпламининг модули (доимий катталиқ,  $m = d_{j-1}/d_j$ ) дейилади.

Маҳсулот дисперслигини таҳлил этиш учун элак тешикларидан катта ёки кичик бўлган барча фракцияларнинг умумий фоизларини ифодаловчи тақсимотнинг эгри чизиқлари (10.1- ва 10.2-расмлар) курилади.

Ушбу графиклар қуйидаги тартибда курилади. Горизонтал ўқ бўйлаб кетма-кет жойлашган элаклар тешикларининг диаметрлари белгиланади. Вертикал ўқ бўйича эса элакда қолган фракциялар миқдори (материалнинг дастлабки ўлчанган вазнига нисбатан, %) белгиланади. Тегишли нуқталар ўзаро туташтирилиб, элакларда қолган маҳсулот фракцияларининг тегишли элак тешиклари диаметри бўйича тақсимланишининг дифференциал эгри чизиғи (10.1-расм) курилади.



- расм. Тақсимотнинг дифференциал эгри чизиғи  $G_j/G_0 = f(d_j)$ .



расм. Тақсимотнинг интеграл эгри чизиғи  $\Delta_j = F(d_j)$ , бу ерда: 1- элакдан ўтган маҳсулот; 2- элак юзасида қолган маҳсулот.

Худди шу услубда элак тешикларидан ўтган маҳсулот фракцияларини тешиклар диаметри бўйича тақсимланишининг интеграл эгри чизиқларини (10.2-расм) ҳам қуриш мумкин. Бунда вертикал ўққа тегишли элаклардан ўтган ёки уларда тутилиб қолган маҳсулотнинг умумий миқдорлари (материалнинг дастлабки вазнига нисбатан, %) белгиланади.

Элак ўлчамларидан катта ёки кичик бўлган барча фракцияларининг умумий фоизлари миқдори қуйидаги нисбатлардан топилади

$$\Delta_0 = G/G_0; \Delta_j = (G_j/G_0)100\%, \quad (10-5)$$

бу ерда  $G_j$ - элак юзасида тутилиб қолган маҳсулот вазни, г;  $G$ - элак тешикларидан ўтган маҳсулот вазни, г.

Фракциялар бўйича маҳсулот заррачаларининг ўртача ўлчамлари қуйидаги тенглама ёрдамида аниқланади

$$d_y = m_1d_1 + m_2d_2 + m_3d_3 + \dots + m_jd_j = \sum m_j d_j, \quad (10-6)$$

бу ерда  $m_1, m_2, \dots, m_j$ - сочилувчан маҳсулотнинг алоҳида фракциялари вазни (миқдори);  $d_1, d_2, \dots, d_j$ - заррачаларнинг алоҳида фракциялар бўйича ўртача ўлчамлари;  $j= 1, 2, \dots, n$  - фракциялар сони.

Синов натижалари асосида маҳсулот тақсимотининг интеграл эгри чизиғини (10.2-расм, 1-ва 2-чизиқлар) ифодаловчи “фоизлардаги фракция миқдори  $\Delta_j$  - ушбу фракция заррачаларининг ўртача ўлчами  $d_y$ ” графиги қурилади.

Четлашиш коэффициенти қуйидаги тенглама ёрдамида ҳисобланади

$$K_q = [(d_{84} - d_{16})/(2 d_{50})]100\%, \quad (10-7)$$

бу ерда  $d_{84}$ - элакларда ушланиб қолган маҳсулот фракцияларини ифодаловчи интеграл эгри чизиқнинг 84%- миқдорига мос келувчи элак тешикларининг ўлчами, мм;  $d_{16}$  ва  $d_{50}$  - ушбу эгри чизиқнинг 16% ва 50% ларига мос келувчи элак тешикларининг тегишли ўлчамлари, мм.

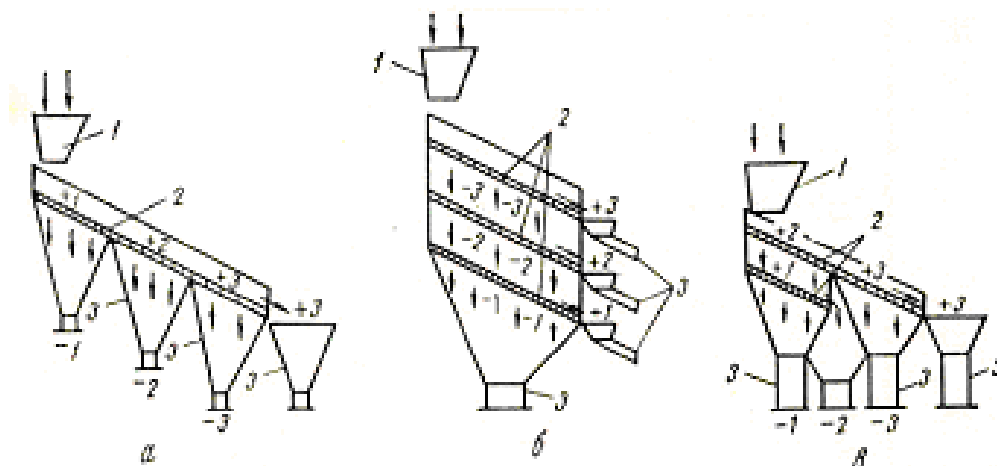
### Саралаш машиналари

Технологик мақсадларга кўра материаллар бир маротаба ва кўп маротаба эланиши мумкин. Ушбу жараёнлар - майдадан йирикка, каттадан кичикка ва аралаш услубларда амалга оширилади.

Кўп маротаба элаклар услубларининг принципиал схемалари 10.3-расмда келтирилган.

«Майдадан йирикка» принципида ишловчи машиналардан фойдаланиш қулай, аммо элак тешикларини катта ўлчамдаги заррачалар билан тикилиб қолиш ҳолатлари кўп бўлиши сабабли уларнинг самарадорлиги паст.

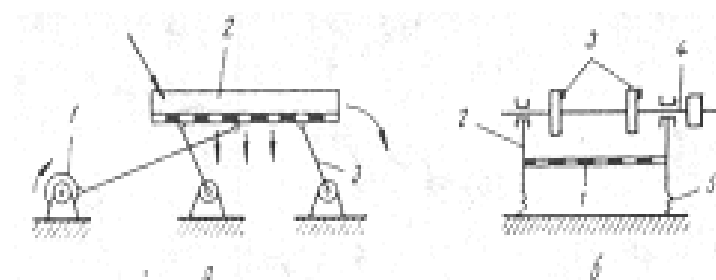
Материални «йирикдан майдага» услубида элайдиган машиналарда амалга ошириладиган жараён самарадорлиги анчагина юқори, лекин бундай жиҳозларга хизмат кўрсатиш мураккаб.



10.3- расм. Кўп маротаба элаш усуллари: а- “майдадан йирикка” усули; б- “йирикдан майдага” усули; в- аралаш усул; 1- юклаш бункери; 2- элаклар; 3- фракцияларни йиғувчи бункерлар.

Технологик жараёнларни аралаш услубларда ташкил этиш туфайлиги юқорида келтирилган ҳар иккала элаш услубларига хос бўлган кўплаб камчилликларни бартараф этиш мумкин.

Саралаш машиналари туркумига элаш машиналари (грохотлар), калибровкалаш мосламалари, дон тозаловчи триерлар, маҳсулотнинг зичлиги, магнит ва электр хусусиятлари бўйича ажратувчи турли хилдаги сепараторлар киритилади.



-расм.Элаклаш машиналарининг принципаал схемалари: а- силкинувчи ясси элакли машина: 1- эксцентрик; 2- корпус; 3- таянч тутқичлар; в- тебранувчи ясси элакли машина: 1- элак; 2- корпус; 3- дебаланс; 4- вал; 5- пружина.

Элаш машиналарининг асосий ишчи органи - элаклар ясси текис юзали, цилиндрик ёки конуссимон шаклда бўлиши мумкин.

Эловчи жиҳозларда ясси текис элаклар силкитма ҳаракатли ёки тебранма ҳаракатли бўлиши мумкин, цилиндрик элаклар эса айланма ҳаракат қилади.

Силкинувчи элакли грохотлар бир ёки бир неча ярусли типда ишлаб чиқарилади. Грохотлардаги ясси элаклар дебалансли вибратор ёки кривошип-шатунли механизмлар ёрдамида тебранади. Элакларни тебраниши грохотларнинг иш унумдорлигини аниқловчи асосий катталиқ ҳисобланади. Шунинг учун бу катталиқни минимал  $n_{\min}$  ва максимал  $n_{\max}$  қийматлари элаклар ишининг таҳлили асосида аниқланади.

Кўзгалмас ясси элаклар горизонтга нисбатан муайян бир қиялик бурчаги  $\alpha$  остида ўрнатилгандагина унинг юзаси бўйлаб сочилувчан материал ҳаракатини кузатиш мумкин. Бу пайтда материал оқимининг ҳаракат тезлиги  $v$  (м/сек) қуйидагича аниқланади

$$v = g\tau(\sin\alpha - f \cos\alpha), \quad (10-8)$$

бу ерда  $\tau$ - ҳаракатланиш вақти, сек.;  $g=9.81$  м/сек<sup>2</sup>- эркин тушиш тезланиши;  $f$ - ҳаракатдаги материални элак юзасига ишқаланиши пайтидаги қаршилик коэффиценти.

Ушбу тенгламадан кўринадик, материални қия юза бўйлаб силжиш вақтини чўзилиши билан унинг тезлиги ҳам мутаносиб равишда ортиб боради.

Материал оқими тезлигининг маълум қийматлари оралиғида ҳаракатдаги қатламни юқори қисмида бўлган заррачалар элак юзасига тегмаслиги мумкин. Шунинг учун, жараён сифатини ошириш мақсадида, маҳсулот қия элак юзаси бўйлаб юпқа қатламда ҳаракатланиши лозим. Аммо бу пайтда элакнинг иш унумдорлиги камаяди.

Ясси элакларнинг иш унумдорлигини ошириш учун уларни кичик қиялик бурчаги  $\alpha=6\div 14^\circ$  остида ўрнатилади. Материални элак юзаси бўйлаб ҳаракати элакни тебрантириш йўли билан амалга оширилади. Бунинг учун элак бикир пўлат пластиналар воситасида машина асосига ўрнатилади ва кривошип-шатунли механизм ёрдамида тебранма ҳаракатга келтирилади.

Горизонтал йўналишда тебранаётган элак юзасидаги материал оғирлик, инерция ва ишқаланиш кучлари таъсири остида бўлади.

Тебранишлар частотасининг маълум бир қийматларида, ишқаланиш кучлари таъсири ортиб, эланаётган маҳсулот ҳаракати тўхтаб қолиши мумкин. Ушбу ҳолатдан келиб чиқиб, элакнинг тебраниш частотасини минимал қийматлари аниқланади

$$n_{\min} = 30[(\operatorname{tg} \varphi - \alpha)r]^{1/2}, \quad (10-9)$$

бу ерда  $\varphi$ - ишқаланиш бурчаги,  $\operatorname{tg}\varphi = f$ ;  $r$ - кривошип радиуси, м.

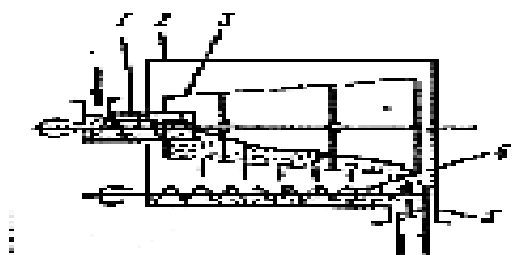
Тебранишлар частотасининг юқори қийматларида инерция кучлари оғирлик кучларидан катта бўлади. Бу ҳолатда қия элакдаги маҳсулот оқими юқорига кўтарилиб, қарама-қарши оқимлар юзага келиши мумкин. Мазкур ҳолатнинг олдини олиш учун элаklar тебраниши, ҳаракатлантирувчи куч ва инерция кучлари тенглигидан келиб чиқиб, маълум бир максимал қийматдан ортмаслиги керак. Шундай қилиб, элакнинг тебранишлар частотасини максимал қиймати қуйидаги тенгламадан аниқланади

$$n_{\max} = [(\operatorname{tg} \varphi + \alpha)r]^{1/2}. \quad (10-10)$$

Вибрацион грохот элагининг тешиклари кам тиқилиши сабабли унда турли хил материалларни, шу жумладан, ўта нам маҳсулотларни ҳам элаш мумкин. Грохотлар нисбатан кам энергия сарфлайди, уларни тузилиши содда ва ишлатишга қулай.

Цилиндрик ёки конуссимон шаклдаги айланувчан элакли машиналар буратлар деб аталади (10.5-расм).

Бундай машиналар таркиби маҳсулотни машинага узатувчи шнек 1, айланувчи рамага тортилган элак 3, эланган материал ёки чиқитларни машинадан чиқарувчи шнекли транспортёрлардан 4



- расм. Конуссимон бурат схемаси: 1-узатувчи шнек; 2- кожух; 3-конуссимон элак; 4- шнекли транспортёр; 5- чиқитни чиқарувчи патрубкка.

иборат бўлади. Цилиндрик буратнинг элаги  $10^\circ$  қиялик бурчаги остида ўрнатилади. Конуссимон элак тешикларининг ўлчамлари материални ҳаракат йўналиши бўйича катталашиб боради.

Буратларнинг иш унумдорлиги барабанни айланиш частотасидан  $n_6$  боғлиқ. Аммо  $n_6$  қийматини маълум бир чегараларгача орттириш мумкин. Айланишлар частотасининг ўта юқори қийматларида материал эланмайди ва барабан билан бирга айлана бошлайди.

Барабанли элакни айланиш частотаси, унинг оптимал иш унумдорлиги қийматларидан келиб чиқиб, қуйидаги ифода бўйича аниқланади:

$$n_6 = 0,5[(g/\pi^2 R_y)]^{1/2}, \quad (10-11)$$

бу ерда  $R_y$ - конуссимон элакнинг ўртача радиуси, м;  $g$ - эркин тушиш тезланиши.

Буратлар дон, ун, шакар ёки кукунсимон материалларни элаш учун мўлжалланган.

**Саралаш машиналарининг ҳисоблари.** Грохотларнинг иш унумдорлиги,  $1 \text{ м}^2$  элак юзасидан 1 соат вақт ичида 8 тн тозаланмаган маҳсулот ўтиши ҳисобидан келиб чиқиб, қабул қилинади.

Грохотнинг электр юритмаси валини айлантириш учун зарур бўлган қувват (кВт) қуйидаги эмпирик тенглама бўйича ҳисобланади

$$N = k n^3 r^2 (G_y + G_m) 10^{-3} / 53430. \quad (10-12)$$

бу ерда  $k=2 \div 2.5$ - тажрибавий коэффициент;  $n$ - кривошипни айланиш частотаси,  $\text{мин}^{-1}$ ;  $G_y$ - элакнинг чайқалувчи қисмларини оғирлиги (одатда шатун оғирлигининг  $2/3$  қисми ҳам қўшилади), Н;  $G_m$ - элакдаги маҳсулот оғирлиги, Н.

Элакдаги маҳсулотнинг оғирлиги қуйидаги тенглама ёрдамида ҳисобланиши мумкин

$$G_m = F h p g, \quad (10-13)$$

бу ерда  $F$ - элак юзаси,  $m^2$ ;  $h$ - маҳсулот қатламининг баландлиги,  $m$ ;  $\rho$ - маҳсулотнинг зичлиги,  $kg/m^3$ ;  $g$ - эркин тушиш тезланиши.

Айланувчан цилиндрик элакли бурат электродвигателининг қуввати (кВт) куйидаги тенглама бўйича ҳисобланади

$$N = (N_1 + N_2) / \eta, \quad (10-14)$$

бу ерда  $N_1$ - вал подшипникларидаги ишқаланиш кучларини енгиш учун сарфланадиган қувват, кВт;  $N_2$ - барабаннинг бурилиш бурчагига тўғри келувчи баландликка маҳсулотни кўтариш учун сарфланадиган қувват, кВт;  $\eta=0.5 \div 0.7$ - механик узатмаларнинг умумий ф.и.к.

$N_1$  қувват қиймати куйидаги тенглама бўйича ҳисобланади

$$N_1 = (G_\delta + G_M) f_1 \pi d n 10^{-3} / 60, \quad (10-15)$$

бу ерда  $G_\delta$  ва  $G_M$ - барабан ва ундаги маҳсулотни оғирликлари,  $H$ ;  $f_1 = 0.15 \div 0.2$ - подшипниклардаги сирпаниш қаршиликлари коэффиценти;  $d$ - валнинг подшипник остида жойлашган бўғини диаметри,  $m$ ;  $n$ - вални айланиш частотаси,  $min^{-1}$ .

Цилиндрик барабандаги маҳсулотнинг оғирлик марказини кўтарилиш баландлиги  $H=0.3R$  деб қабул қилинади. Бу ерда  $R$ - барабан радиуси. Маҳсулотни  $H$  баландликка кўтариш пайтида бажарилган иш миқдори (Ж)

$$A = G_M H = G_M \cdot 0.3R. \quad (10-15)$$

Цилиндрик элакни  $\alpha=45^\circ$  га бурилиши пайтида бу иш барабанни тўлик айланишининг  $1/8$  қисмида ёки  $\tau = 60/(8n)$  вақт давомида бажарилади. У ҳолда 1 секунд ичида бажарилган иш (Вт)

$$W = A/\tau = G_M \cdot 0.3R \cdot 8n/60 = G_M R n / 25 \quad (10-15)$$

ёки  $N_2$  қувват қиймати (кВт)

$$N_2 = W/1000 = G_M R n / 25000. \quad (10-16)$$

### Пневматик ва гидравлик услубда саралаш

Қайта ишлаш корхоналарига келтириладиган қишлоқ хўжалиги экинларининг уруғлари (дон, чигит ва б.) таркибида зичлиги, ўлчами ва шаклига кўра улардан деярли фарқ қилмайдиган (барг ва поя парчалари, ёт ўсимлик уруғлари, қаттиқ минерал чикитлар ва х.) бўлади. Бундай чикитларни асосий хом-ашё таркибидан элаклаб ажратиш ҳар доим ҳам етарли даражада самара бермайди. Шунинг учун саноат корхоналарида бундай дондор материаллар пневматик услубда сараланади. Ўсимлик уруғлари ва чикиндиларни аэродинамик хусусиятлари ўртасидаги фарқлар ушбу ажратиш услубининг принципиал асосини ташкил этади.

Ҳаво оқимидаги ҳар қандай моддий заррача оғирлик кучи  $G$  ва ҳаво муҳитининг қаршилик кучи  $P$  таъсири остида бўлади. Агар заррача оғир бўлса ( $G > P$ ), у ҳаво оқими бўйлаб пастга қулайди ва аксинча, енгил заррача ( $G < P$ ) ҳаво оқими бўйлаб юқорига кўтарилади.

Заррачанинг ҳаво муҳитидаги ҳаракати унинг оғирлиги, ўлчамлари, аэродинамик хусусиятлари (шакли, оқимга нисбатан тутган ҳолати, сирт юзасининг ҳолати) ва ҳаво оқимининг тезлигига боғлиқ бўлади.

Ҳаво оқимининг заррача ҳаракатига кўрсатадиган қаршилик кучи ( $H$ ) куйидаги тенгламадан аниқланади:

$$P = k F v^2 \rho_x, \quad (10-17)$$

бу ерда  $k$ - заррачанинг аэродинамик хусусиятидан боғлиқ бўлган қаршилик коэффиценти;  $F$ - заррачанинг ҳаво оқимига перпендикуляр бўлган текисликдаги кўндаланг кесим юзаси,  $m^2$ ;  $v$ - заррачанинг ҳаво оқимидаги нисбий тезлиги,  $m/сек$ ;  $\rho_x$  - ҳавонинг зичлиги,  $kg/m^3$ .

Ҳаво оқими тезлигини  $v_x$  маълум қийматларида заррачага таъсир этувчи кучлар мувозанат ҳолатга ( $G=P$ ) келади. Бу пайтда заррачани абсолют тезлиги нулга, унинг ҳаво оқимига тескари бўлган йўналишдаги нисбий тезлиги эса муҳитнинг ҳақиқий тезлигига

тенг бўлади. Бундай ҳолатда заррача ҳаво муҳитида муаллақ туради. Ушбу ҳолатга тўғри келувчи ҳаво оқимининг тезлиги критик тезлик  $v_{кр}$  ёки заррачанинг муаллақ эркин учиб юриш тезлиги дейилади.

Ушбу критик тезлик қиймати  $G = P$  тенглик асосидаги

$$P = kFv^2\rho_x = G$$

тенгламадан қуйидагича аниқланади

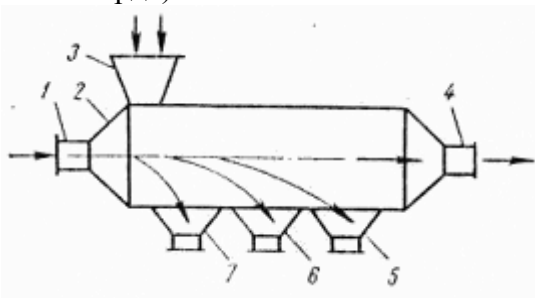
$$v_{кр} = [G/(kF\rho)]^{1/2} . \quad (10-18)$$

Амалиётдан маълумки, дон маҳсулотлари (буғдой, арпа, сули) учун  $v_{кр} = 8.5 \div 11.5$  м/сек,  $k = 0.2 \div 0.22$ .

Енгил чиқиндиларнинг муаллақ учиб юриш тезлиги доннинг шопирилиш тезлигидан анча кичик бўлади. Шунинг учун доннинг муаллақ учиб юриш тезлигидан кичик бўлган тезликларда дон оқимида ҳаво бериш туфайли уни енгил чиқитлардан тозалаш мумкин.

Дон, дуккакли экинлар, чигит ва бошқа дондор материалларни тозаловчи жиҳозлар (пневматик сепараторлар) таркиби вентилятор, тебранувчи ясси элаклар, аспирация каналлари, енгил чиқиндиларни чўктириш камералари ва циклонлардан иборат бўлади.

Элаклар асосий материал массасидан ўлчамлари билан фарқланувчи, зичлиги катта бўлган чиқитларни ажратади; вентилятор жиҳоздаги материал қатламида ҳаво ҳайдаб, унинг таркибидаги енгил чиқитларни ажратади. Келгусида енгил чиқитлар чўктириш камераларида тутиб қолинади. Жараён мобайнида ҳосил бўлган чанг ва майда чиқитлар аспирация тармоғи орқали циклонларга узатилади. Циклонлар воситасида тозаланган ҳаво жиҳозларга қайтарилади (ёпиқ системада) ёки атмосферага чиқариб юборилади (очик системаларда).

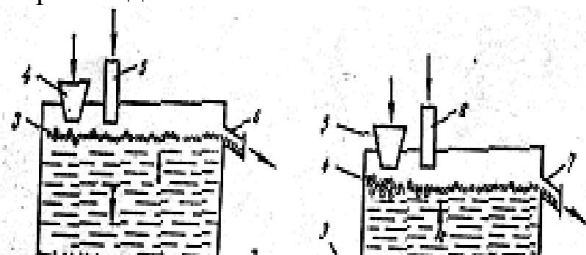


- расм. Вейка схемаси: 1- ҳаво патрубкиси; 2- корпус; 3- юклаш патрубкиси; 4- енгил фракцияни чиқариш патрубкиси; 5,6 ва 7- ажратилган фракцияларни йиғувчи бункерлар.

-расмда энг оддий шопириш мосламаси бўлган вейканинг принципиал схемаси тасвирланган. Ҳаво оқимида ҳаракатланаётган материалнинг оғир заррачалари вейканинг дастлабки бункерларида чўкади. Сўнгра, унинг қайси бир фракцияси нисбатан енгил (зичлиги кам) бўлса, шу фракция вейка узунлиги бўйича нисбатан узоқроқда жойлашган бункерлардан бирига тушади. Энг енгил фракция (чиқит ёки чанг) ҳаво оқими билан аппаратдан чиқиб кетади.

**Гидравлик услубда** (сув муҳитида) **саралаш** жараёнлари нўхот, мош, маккажўхори донлари ва бошқа майда ўлчамли хом-ашёларни фракцияларга ажратиш учун қўлланилади. Ушбу мақсадлар учун қўлланиладиган аппаратлар гидравлик сепараторлар ёки классификаторлар (10.7-расм) дейилади. Улар одатда оқин сувли металл желоб ёки чанлар сифатида тайёрланади.

Аппаратга маҳсус тўйнуқ орқали ажратилиши лозим бўлган хом-ашё киритилади. Дончаларнинг зичлигига кўра, унинг оғир фракцияси (масалан, нўхот) аппарат тубига чўкади, енгил чиқит ва пучаклар эса сув юзасига қалқиб чиқади ва аппаратдан оқова сув билан бирга чиқарилиб юборилади. Гидротранспортёрда ювилаётган мева ва сабзавотлар таркибидан оғир чиқиндилар (кум, тош, тупроқ ва б.) ҳам худди шу принципда ажратилади.



-расм. Гидравлик классификатор схемаси: 1- резервуар; 2- оғир фракция; 3- енгил фракция; 4 - юклаш бункери; 5- сув бериш патрубкиси; 6- енгил фракция учун лоток; 7- оғир фракцияни чиқарувчи лоток.

**Назорат саволлари:** 1. Дисперслик тушунчасига таъриф беринг. 2.Элаклар тўпламининг модули қандай катталиқ? 3.Элак тешиklarининг ўтказиш юзаси қандай ҳисобланади? 4.Маҳсулот заррачаларининг ўлчамлари бўйича тақсимотнинг дифференциал ва интеграл эгри чизикларини қуриш тартибини тушунтириб беринг. 5.Фракцияланган маҳсулот заррачаларининг ўртача ўлчами қандай аниқланади? 6.Маҳсулотларни саралашдан (элашдан) кўзланган технологик мақсад нималардан иборат бўлиши мумкин? 7.Элакларнинг турлари ҳақида нималарни биласиз? 8.Маҳсулотларни элаш услублари, уларнинг афзалликлари ва камчилликлари ҳақида нималарни биласиз? 9.Сочилувчан маҳсулот таркибини дисперсиявий таҳлил қилишдан кўзланган мақсад нима? 10.Сочилувчан материалларни ажратиш жараёнига таъриф беринг. Ушбу жараён турлари ва уларни амалга ошириш услублари ҳақида нималарни биласиз? 11.Элаклар жараёнининг моддий баланси тенгламасини туза оласизми? 12.Элаклар машиналарининг қандай турлари мавжуд? Уларнинг ишлаш принципларини тушунтириб беринг. 13.Барабанли бурат ва грохотларнинг иш унумдорлиги ва қувватини аниқлаш учун қандай тенгламалар тавсия этилган? 14.Пневматик ва гидравлик саралаш услублари ўртасидаги умумийлик ва фарқларни изохлаб беринг. 15.Енгил заррачаларни муаллақ учиб юриш тезлигининг критик қиймати қандай аниқланади? 16.Мева ва сабзавотларни хиллашдан мақсад нима? Хиллаш машиналарининг қандай турлари мавжуд? Уларнинг иш принципларини тушунтириб бера оласизми? 17.Барабанли хиллаш машиналарининг иш унумдорлиги ва қувватини аниқлаш тенгламаларини ёза оласизми? Ушбу тенгламалар таркибига кирувчи катталиқларни машинанинг иш унумдорлигига таъсирини изохлаб беринг.

### **Мавзу: Гидромеханик жараёнлар ва аппаратлар. Гидростатика асослари**

Озиқ-овқат маҳсулотлари ишлаб чиқариш тизимларида гидромеханик жараёнлар алоҳида ўрин тутади. Ушбу жараёнлар қаторига қуйидагиларни киритиш мумкин:

- суюқликлар, газлар ва уларнинг аралашмаларини технологик қувурлар орқали узатиш;
- технологик жараёнларни амалга ошириш пайтида ҳосил бўладиган турли жинсли бирикмаларни ажратиш;
- суюқлик муҳитларини механик аралаштиргичлар ёрдамида, пневматик услубда ёки циркуляция қилиш туфайли аралаштириш;
- майдаланган каттик материал заррачалари ёки сочилувчан хом-ашёларни сиқилган ҳаво ёрдамида узатиш (пневмотранспорт, аэрозольтранспорт);

- хом-ашё, материаллар ва маҳсулотларга мавҳум қайнаш қатламида ишлов бериш ва бошқалар.

Технологик жараёнларнинг интенсивлиги гидромеханика қонунлари асосида аниқланади.

Озиқ-овқат технологияси жараёнлари ва аппаратларини ҳисоблаш пайтида қурилмалардаги гидродинамик шароитлар (оқимлар тезлиги ва гидродинамик структураси) ҳисобга олинади. Бундан ташқари, суюқликлар сарфини аниқлаш, технологик сиғимларни тўлдириш (бўшатиш) вақтини аниқлаш, насосларни танлаш каби бир қатор муҳандислик масалаларининг ечимини топиш учун гидромеханика қонунларини билиш зарур бўлади.

**Гидромеханика** суюқликнинг мувозанати ва ҳаракатини ҳамда суюқлик ва унинг таркибидаги қаттиқ жисм заррачалари ўртасидаги ўзаро таъсир жараёнларини ўрганади. Гидромеханика қонунлари ва уларни амалиётда қўллаш усуллари гидравлика фани материалларида ёритилади.

Гидравлика гидростатика ва гидродинамика қисмларидан иборат. Гидростатикада суюқликларнинг мувозанат қонунлари ва тинч ҳолатдаги суюқликка тўла ёки қисман чўктирилган жисмларга кўрсатиладиган таъсир (акс таъсир) қонуниятлари ўрганилади. Суюқликлар ҳаракати ва жисмни суюқлик оқими юзидан ўтиши пайтидаги ўзаро таъсир қонуниятлари гидродинамика бўлимида келтирилади.

### Умумий маълумотлар

Гидравлика фанининг асосий атамаларидан бири **суюқлик** тушунчасидир. Суюқликлар оқувчан хусусиятга ва ҳажмга эга, аммо муайян шаклга эга эмас. Ташқи кучлар таъсири бўлмаган шароитларда, молекуляр кучлар таъсири остида, суюқлик шар шаклини олади.

**Газлар** суюқликлар каби шаклсиз, аммо муайян ҳажмга эга бўлмайди. Улар ҳар қандай идиш ҳажмини тўла эгаллайди. Суюқликларга нисбатан газларнинг қовушқоқлиги ва зичлиги анча кичик. Газлар катта босимлар остида суюлтирилади.

Технологик системалардаги суюқлик, буғ ва газларнинг ҳаракат тезликлари товуш тезлигидан анча паст бўлади. Шунинг учун ҳам уларнинг ҳаракатланиш қонунлари амалий жиҳатдан суюқликларнинг ҳаракат қонунлари билан деярли бир хил бўлади. Шу сабабдан, узлуксиз ҳаракатдаги барча оқувчан моддий муҳитлар (моддалар) гидравликада суюқлик сифатида кўрилади.

Гидромеханиканинг асосий қонунларини келтириб чиқариш ва ҳақиқий (реал) суюқликларнинг ҳаракат қонуниятларини ўрганишни осонлаштириш мақсадида идеал суюқлик тушунчаси киритилган. Босим ва ҳарорат таъсири остида ўз ҳажмини ўзгартирмайдиган, сиқилмайдиган, ўзгармас зичликка ва абсолют оқувчанликка эга (қовушқоқлиги йўқ) бўлган суюқликлар **идеал суюқликлар** деб таърифланади.

Суюқликларнинг физик хусусиятлари ҳақидаги дастлабки маълумотлар ушбу қўлланмани 3.3 бандида келтирилган.

Ташқи кучлар таъсири остида суюқликларнинг ўз ҳажмини ўзгартириш хусусияти сиқилувчанлик дейилади ва ҳажмий сиқилиш коэффициентини  $\beta$  билан тавсифланади

$$\beta = -(dV/dP)(1/V), \quad (12-1)$$

бу ерда,  $dV$ - ҳажмнинг нисбий ўзгариши,  $m^3$ ;  $V$ - дастлабки ҳажм,  $m^3$ ;  $dP$ - босимнинг ортиши, Па.

Сув учун  $\beta = 0,5 \cdot 10^{-9} m^3/H$ . Демак, сув деярли сиқилмайдиган суюқлик бўлиб, босим 40 МПа гача оширилса  $\beta$  қиймати атиги 2% га ортади.

Ҳажмий сиқилиш коэффициентига тескари бўлган катталиқ ҳажмий бикирлик модули  $E$  дейилади:

$$E = 1/\beta. \quad (12-2)$$



Ушбу катталик пластик ва қовушқоқ маҳсулотларни (хамир, қийма, пюре, сироп ва б.) тавсифлаш учун кенг қўлланилади.

Хом-ашёни қайта ишлаш ва маҳсулот тайёрлаш жараёнларида суюқликларни юқори ҳарорат таъсирида кенгайиши кузатилади. Ушбу жараён ҳарорат таъсирида ҳажмий кенгайиш коэффициентини  $\beta_t$  билан тавсифланади:

$$\beta_t = (dV/dt)(1/V), \quad (12-3)$$

бу ерда  $dt$ - ҳароратнинг ортиши,  $^{\circ}\text{C}$ .

Ушбу коэффициентнинг  $0 \div 100^{\circ}\text{C}$  ҳарорат чегараларидаги сув учун аниқланган қиймати  $\beta_t = 208 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ .

Суюқликларнинг айрим хоссалари - қовушқоқлиги, сирт таранглиги ва капиллярлиги ички (молекуляр) кучлар таъсирида намоён бўлади.

Реал суюқликлар нисбий ва абсолют тинч ҳолатларда бўлиши мумкин. Суюқликнинг нисбий тинч ҳолати ҳаракатдаги идиш (жихоз) деворларига нисбатан кузатилади. Қўзғалмас идишдаги суюқликни тинч ҳолати ерга нисбатан абсолют тинч ҳолат деб ҳисобланади.

### Реал суюқликларга таъсир этувчи кучлар

Ҳаракатсиз суюқлик сирт ва ҳажмий кучлар таъсири остида бўлади.

Сирт кучлари суюқликни атроф-муҳитдан ажратиб турувчи юзага таъсир кўрсатади. Таъсир кучи юза майдонига пропорционал бўлади. Бундай кучлар қаторига босим кучлари ва ишқаланиш (қовушқоқлик) кучлари киради.

Ҳажмий (массавий) кучлар суюқлик ҳажми бўйича бир хилда тарқалган бўлади. Бу кучларнинг таъсири суюқлик массасига нисбатан пропорционал бўлади.

Оғирлик кучи, инерция кучлари ва марказдан қочма кучлар массавий кучлар гуруҳига киради.

Оғирлик кучининг  $G$  интенсивлиги суюқликни солиштирма оғирлиги ( $\text{H}/\text{м}^3$ ) билан тавсифланади:

$$\gamma = \lim_{v \rightarrow 0} (G/V) = \lim_{v \rightarrow 0} (mg/V) = \rho g.$$

Суюқликнинг босим кучларини идиш тубига, деворларига, унга қисман ёки тўла чўктирилган жисм сиртига кўрсатадиган таъсири гидростатик босим қиймати билан белгиланади

$$P_F = \Delta P / \Delta F \quad \text{ёки} \quad P = \lim_{\Delta F \rightarrow 0} (\Delta P / \Delta F), \quad (12-4)$$

бу ерда  $\Delta F$ - таъсир юзаси,  $\text{м}^2$ ;  $\Delta P$ - суюқлик сатхининг босим кучи, Па.

Тинч ҳолатдаги суюқликнинг ҳар қандай нуқтасидаги босим қиймати, барча йўналишлар бўйича бир хил ва ҳамма вақт нормал бўйича йўналган бўлади.

Босимни СИ системасидаги ўлчов бирлиги Па (ёки  $\text{H}/\text{м}^2$ ). Амалиётда гидростатик босим кПа, МПа, техник атмосфера (ат), физик атмосфера (атм), мм симоб устуни, метр сув устуни ва бошқа ўлчов бирликларида ифодаланиши мумкин. Масалан,  $1 \text{ атм} = 103300 \text{ Па} = 760 \text{ мм симоб устуни} = 10 \text{ м сув устуни}$ ;  $1 \text{ МПа} = 10^3 \text{ кПа} = 10^6 \text{ Па}$ .

Агар суюқлик сиртига таъсир қилаётган атмосфера босими  $P_{\text{атм}}$  ҳисобга олинса, у ҳолда абсолют (ёки тўла)  $P_{\text{абс}}$  босим

$$P_{\text{абс}} = \rho g H + P_{\text{атм}}, \quad (12-5)$$

бу ерда  $\rho g H$ - суюқликнинг босими;  $g = 9,81 \text{ м}/\text{с}^2$ - эркин тушиш тезланиши;  $H$ - суюқлик сатхининг баландлиги, м.

Атмосфера босимидан ортиқча (ёки манометрик) босим қиймати  $P_{\text{ман}}$  суюқликдаги абсолют босим  $P_{\text{абс}}$  ва  $P_{\text{атм}}$  ўртасидаги айирмага тенг

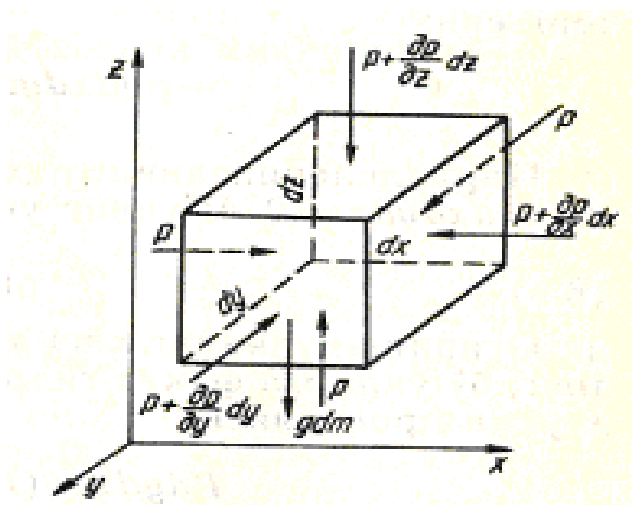
$$P_{\text{ман}} = P_{\text{абс}} - P_{\text{атм}}. \quad (12-6)$$

Сийракланиш (вакуум) шароитида амалга ошириладиган жараёнлар учун вакуум қиймати

$$P_{\text{вак}} = P_{\text{атм}} - P_{\text{абс}} = -P_{\text{ман}}; P_{\text{вак}} < P_{\text{атм}}. \quad (12-7)$$

## Мувозанатдаги суюқлик учун Эйлернинг дифференциал тенгламаси

Бирон-бир идишда тинч ҳолатда турган суюқликка оғирлик ва босим кучлари таъсир этишини юқорида айтиб ўтдик. Бу кучларнинг ўзаро таъсирини суюқлик ичида тақсимланиши Эйлернинг дифференциал тенгламаси билан ифодаланади. Ушбу тенгламани келтириб чиқариш учун идишдаги суюқлик ҳажмидан, ихтиёрий равишда, қирралари  $dx$ ,  $dy$  ва  $dz$  бўлган параллелепипед шаклидаги элементар бўлакча ажратиб олинади (12.1-расм). Сўнгра фазовий



- расм. Суюқликнинг мувозанат ҳолати учун Эйлернинг дифференциал тенгламасини келтириб чиқариш схемаси.

координаталар системасида суюқликнинг ушбу бўлаги мувозанатини сақловчи оғирлик ва гидростатик кучлар таъсири кўриб чиқилади.

Параллелепипед ҳажми  $dV = dx dy dz$ , унга таъсир этувчи оғирлик кучи эса

$$dG = g dm, \quad (12-8)$$

бу ерда  $dm$ - элементар бўлакчанинг массаси, кг.

Параллелепипедни ҳар бир томонига таъсир этувчи гидростатик босим кучлари қиймати гидростатик босимни  $p$  элементар бўлакча юзасига кўпайтмасига тенг бўлади. Гидростатик босим юзаларга ўтказилган нормаллар бўйича таъсир этиши сабабли ушбу босим барча координаталар ўқларининг функциясидир

$$p = f(x, y, z).$$

Параллелепипеднинг қарама-қарши томонларида гидростатик босимни ўзгаришлари қуйидагича бўлади:

$$(\partial p / \partial z) dz; (\partial p / \partial y) dy; (\partial p / \partial x) dx.$$

Статиканинг асосий принципига биноан, мувозанатдаги суюқлик бўлакчасига таъсир этаётган кучларнинг координаталар ўқларига туширилган проекциялари йиғиндиси нулга тенг, яъни:

$$\Sigma X_i = 0; \quad \Sigma Y_i = 0; \quad \Sigma Z_i = 0. \quad (12-9)$$

Кучларнинг  $Z$  ўқиға нисбатан олинган проекциялари:

- оғирлик кучи  $Z$  ўқи йўналишиға қарама-қарши йўналган бўлади

$$dG = -g dm = -g \rho dV = -\rho g dx dy dz;$$

- параллелепипеднинг юқори қиррасига таъсир қилувчи гидростатик босим кучи  
-  $[p + (\partial p / \partial z) dz] dx dy$ ,
- параллелепипеднинг қуйи қисмига таъсир қилувчи босим кучи эса  
 $p dx dy$ .

Шундай қилиб,  $Z$  ўқиға туширилган кучлар проекцияларининг йиғиндиси

$$\Sigma Z_i = 0; -\rho g dx dy dz - (p + \frac{\partial p}{\partial z} dz) dx dy + p dx dy = 0. \quad (12-10)$$

Қавс очилгач, ушбу ифодани соддалаштирилгандан сўнги кўриниши

$$-\rho g dx dy dz - \frac{\partial p}{\partial z} dx dy dz = 0. \quad (12-11)$$

$dx dy dz = dV \neq 0$  бўлганлиги сабабли

$$-\rho g - \frac{\partial p}{\partial z} = 0. \quad (12-12)$$

$X$  ўқиға туширилган кучлар проекцияларининг йиғиндиси

$$\Sigma X_i = 0; p dy dz - [p + (\partial p / \partial x) dx] dy dz = 0 \quad (12-13)$$

ёки

$$p dy dz - p dy dz - (\partial p / \partial x) dx dy dz = 0. \quad (12-14)$$

(12-14) тенгламани тегишли тартибда соддалаштирилган сўнги кўриниши куйидагича бўлади

$$-\partial p / \partial x = 0. \quad (12-15)$$

$Y$  ўқиға туширилган кучларнинг проекциялари йиғиндиси

$$\Sigma Y_i = 0; -[p + (\partial p / \partial y) dy] dx dz + p dx dz = 0. \quad (12-16)$$

Ушбу (8-16) тенгламани юқорида келтирилган тартибда соддалаштирсак, унинг сўнги кўриниши

$$-\partial p / \partial y = 0. \quad (12-17)$$

Шундай қилиб, элементар ҳажмли параллелепипеднинг мувозанат шарти (12-12), (12-15) ва (12-17) тенгламалар системаси билан ифодаланади:

$$\begin{cases} -\rho g - \partial p / \partial z = 0; \\ -\partial p / \partial x = 0; \\ -\partial p / \partial y = 0. \end{cases} \quad (12-18)$$

Ушбу (12-18) тенгламалар системаси суюқликнинг мувозанат ҳолати учун Эйлернинг дифференциал тенгламаси деб юритилади. Ушбу тенглама тинч ҳолатдаги суюқликнинг гидростатик босими фақатгина унинг сатхи бўйича (вертикал йўналишда) ўзгаришини кўрсатади ( $\partial p / \partial x = 0$ ,  $\partial p / \partial y = 0$ ). Горизонтал текисликдаги ҳар бир нуқта учун босим қиймати бир хил бўлади.

### Гидростатиканинг асосий тенгламаси

**Эйлернинг дифференциал тенгламасини (12-18) интеграллаш туфайли тинч ҳолатдаги суюқликнинг исталган ихтиёрий нуқтасида гидростатик босим ва оғирлик кучларининг қийматларини аниқлаш мумкин.**

(12-18) тенгламалар системасида  $\partial p / \partial x = 0$  ва  $\partial p / \partial y = 0$  эканлиги сабабли,  $\partial p / \partial z$  хусусий ҳосилани  $dp/dz$  билан алмаштириш мумкин. У ҳолда

$$-\rho g - dp/dz = 0. \quad (12-19)$$

Ўз навбатида (12-19) тенгламани

$$-dp - \rho g dz = 0$$

кўринишда ифодалаш мумкин.

Шундан сўнг, ушбу тенгламанинг ҳар иккала ҳадини  $\rho g$  кўпайтмасига бўлиб, уларнинг ишораларини алмаштирамиз:

$$dz + dp\left(\frac{1}{\rho g}\right) = 0.$$

Сикилмайдиған бир жинсли суюқликлар учун  $\rho = \text{const}$  эканлиги сабабли

$$dz + d\left(\frac{P}{\rho g}\right) = 0 \quad \text{ёки} \quad d\left(z + \frac{P}{\rho g}\right) = 0.$$

**Ушбу тенгламани интеграллаш натижасида қуйидаги ифодага эга бўламиз:**

$$z + \frac{P}{\rho g} = \text{const}, \quad (12-20)$$

бу ерда  $z$ - нуктанинг суюқликдаги ихтиёрий горизонтал текисликка нисбатан олинган баландлиги ёки геометрик напор (босим), м;  $p/(\rho g)$  - статик (пьезометрик) босим ёки босим кучи, м.

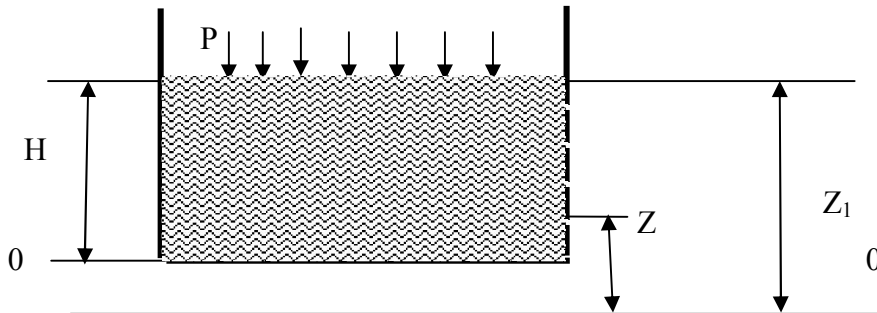
(12-20) тенглама гидростатиканинг асосий тенгламаси дейилади. Ушбу тенгламага асосан, тинч ҳолатдаги суюқликнинг ҳар қандай нуктасида геометрик ва статик босим кучларининг йиғиндиси ўзгармас миқдорга тенг.

Умумий ҳолда гидростатиканинг асосий тенгламасини қуйидагича ёзиш мумкин

$$P = P_0 + \rho g H, \quad (12-21)$$

бу ерда  $P_0$ - суюқлик юзасига таъсир қилаётган босим (атмосфера босими, вакуум ёки атмосфера босимидан ортиқ бўлган босим);  $H$ - суюқлик устуни баландлиги.

(12-21) тенглама гидростатик босим қиймати суюқлик устуни баландлигидан боғлиқ эканлигини кўрсатади.

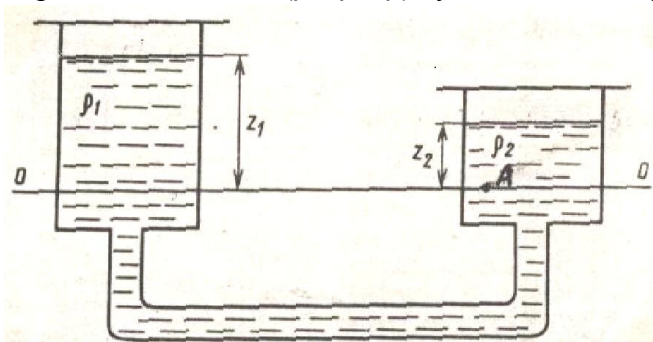


расм. Гидростатиканинг асосий тенгламасини тушунтириш учун схема.

### Гидростатиканинг асосий тенгламасидан амалиётда фойдаланишга доир мисоллар

Гидростатиканинг асосий тенгламаси бир қатор муҳим амалий иловаларга эга. Уларнинг айримларини кўриб чиқамиз.

**Туташ идишлар принципи ва ундан фойдаланиш.** Иккита очик туташ идишлар бир хил зичликдаги ( $\rho_1 = \rho_2 = \rho$ ) суюқлик билан тўлдирилган бўлсин.



- расм. Туташ идишларда мувозанат шартлари.

Ихтиёрий А нуқтадан ўтказилган О-О текисликка нисбатан гидростатиканинг асосий тенгламаси қуйидаги кўринишда бўлади:

$$P_{\text{атм}} + \rho g Z_1 = P_{\text{атм}} + \rho g Z_2.$$

Ушбу тенгламадан  $Z_1=Z_2$  эканлиги аниқ кўринади. Шундай қилиб, бир хил босим остида бўлган ва бир хил зичликдаги суюқлик билан тўлдирилган очиқ ёки ёпиқ туташ идишлардаги суюқликлар сатхи, идишларнинг кўндаланг кесим юзаси ва шаклидан қатъий назар, ўзаро тенг бўлади ва бир хил баландликда жойлашади.

Агар туташ идишлар турлича зичликдаги ( $\rho_1 \neq \rho_2$ ) суюқликлар билан тўлдирилган бўлса, у ҳолда суюқликларнинг геометрик босимлари (нивелир баландликлари) нисбати ушбу суюқликларнинг зичликлари нисбатига тескари пропорционал бўлади

$$Z_1/Z_2 = \rho_2/\rho_1. \quad (12-23)$$

Сиғимли идишларга ўрнатиладиган суюқлик сатҳини ўлчовчи трубкалар ва гидравлик затворлардан фойдаланиш принциплари туташ идишлар қонунларига асосланган.

Бир хилдаги суюқлик билан тўлдирилган туташ идишларда суюқликлар юзасига таъсир этувчи босимлар қиймати турлича ( $P_1 \neq P_2$ ) бўлиши мумкин. У ҳолда гидростатиканинг асосий тенгламаси қуйидаги кўринишда бўлади:

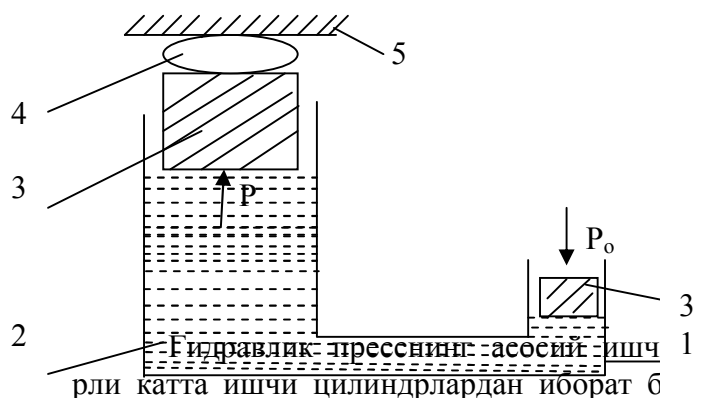
$$P_1 + \rho g Z_1 = P_2 + \rho g Z_2. \quad (12-24)$$

Ушбу тенгламадан идишлардаги суюқлик сатҳлари айирмаси аниқланади;

$$Z_1 - Z_2 = (P_1 - P_2)/\rho g. \quad (12-25)$$

Мазкур тенглама U- шаклдаги дифференциал манометрлар ёрдамида босимни ёки турли нуқталардаги босимлар фарқини ўлчаш учун қўлланилади.

**Гидравлик пресслар.** Гидравлик прессларнинг ишлаш принципи (-расм) ҳам гидростатиканинг асосий тенгламасидан фойдаланишга асосланган. Бундай пресслар узум, мева ва сабзавотлардан шарбат ажратиш олиш, сочилувчан маҳсулотларни брикетлаш ва бошқа мақсадларда қўлланилади.



12.4- расм. Гидравлик пресс схемаси: 1,2- цилиндрлар; 3- поршень; 4- маҳсулот; 5- қўзғалмас плита.

Гидравлик пресснинг асосий ишчи цилиндрлардан иборат бўлиши катта ишчи цилиндрлардан иборат бўлган катта бўлмаган куч билан босилса, туташ системада  $P$  босим ҳосил бўлади. Бу пайтда поршенларга кўрсатилаётган босим кучларининг қийматлари

$$P_1 = \rho \pi d_1^2/4; \quad P_2 = \rho \pi d_2^2/4. \quad (12-26)$$

Ушбу кучларнинг нисбати

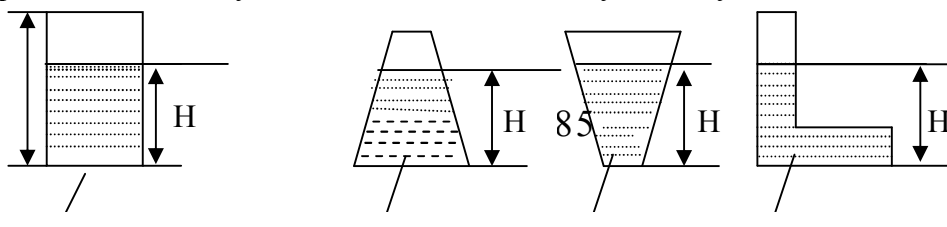
$$P_1/P_2 = d_2^2/d_1^2. \quad (12-27)$$

Шундай қилиб, катта диаметрлик поршенга кўрсатилаётган босим кучи

$$P_2 = P_1(d_2^2/d_1^2). \quad (12-28)$$

Демак, гидравлик прессларда куч нуқтаи назардан эришиладиган ютуқ поршенлар диаметрлари квадратларининг нисбатига тўғри пропорционалдир.

**Суюқликларни идиш деворига ва тубига кўрсатадиган босими.** Ҳар қандай шаклдаги идишга (12.5-расм) қуйилган суюқликни унинг горизонтал тубига кўрсатадиган гидростатик босим кучи идишнинг шаклига ва ундаги суюқлик ҳажмига боғлиқ эмас.



Босим кучининг тўла қиймати суюқлик устунининг баландлиги  $H$  ва идиш тубининг юзаси  $S$  билан аниқланади:

$$F = PS = (P_0 + \rho g H)S . \quad (12-29)$$

Демак, ушбу ҳолатдан қуйидагича хулоса қилиш мумкин: ўзаро тенг юзали туб қопқоқли, аммо турлича шаклдаги идишларга бир хил сатҳда суюқлик қуйилса, бу идишлар тубига таъсир этувчи босим кучлари, идишлар шаклидан қатъий назар, бир хил қийматга эга бўлади. Бу ҳодиса Галилей томонидан аниқланган ва гидравлик парадокс деб номланади.

Суюқликнинг идиш деворига кўрсатадиган гидростатик босими қиймати унинг баландлиги бўйича ўзгаради:

$$P = (P_0 + \rho g H)F , \quad (12-30)$$

бу ерда  $F$ - девор юзаси;  $H$ - идишдаги суюқлик сатҳи.

Агар идиш девори унинг вертикал ўқиға нисбатан  $\alpha$  бурчак остида бажарилган бўлса, у ҳолда

$$P = (P_0 + \rho g L \sin\alpha)F , \quad (12-31)$$

бу ерда  $L$ - деворнинг хўлланган қисми узунлиги.

**Назорат саволлари:** 1.Кимё ва қурилиш материаллари саноат корхоналарида қўлланиладиган гидромеханик жараёнларга мисоллар келтиринг. 2.Гидростатика ва гидродинамикада суюқликларнинг қандай қонунлари ўрганилади? 3.«Суюқлик», «газ» ва «идеал суюқлик» атамаларига таъриф беринг 4.Реал ва идеал суюқликлар ўртасидаги фарқни тушунтириб беринг. 5.Суюқликларнинг физик хоссаларини санаб ўтинг, ушбу катталикларни тавсифлаб бера оласизми? 5. Абсолют ва нисбий тинч ҳолатлардаги суюқликларга қандай кучлар таъсир кўрсатади? 6.Гидростатик босимнинг хусусиятлари ҳақида нималарни биласиз? Босим қиймати қандай ўлчов бирликларида ўлчанади? 7.Идишдаги абсолют босимни қандай аниқлаш мумкин? 8.Эйлернинг дифференциал тенгламаси моҳиятини тушунтириб беринг? 9.Гидростатиканинг асосий тенгламаси қандай кўринишга эга? 10.Туташ идишлар принциpidан фойдаланишга оид мисоллар келтиринг. 11.Гидравлик прессларда кучдан қай тартибда ютиш мумкин? 12.Идиш деворига ва тубига кўрсатиладиган босим кучлари қандай ҳисобланади? 13.Гидравлик парадоксга оид мисоллар келтира оласизми?

## Мавзу: Гидродинамика асослари

### Умумий маълумотлар

Гидродинамика суюқлик оқими ҳаракатининг асосий қонунларини ўрганади. Суюқликни технологик қувур ёки канал бўйлаб ҳаракати асосан насослар воситасида амалга оширилади. Суюқлик сатҳлари ёки зичликлари орасида фарқ бўлган ҳолатда ҳам оқим юзага келади.

Суюқликни ҳаракатланиш жараёни қуйидаги кинетик тенглама билан тавсифлади:

$$dV/(Fd\tau) = (1/R)\Delta P, \quad (13-1)$$

бу ерда  $V$ - суюқлик ҳажми,  $m^3$ ;  $F$ - қувурнинг кўндаланг кесим юзаси,  $m^2$ ;  $\tau$ - жараён даври,  $s$ ;  $R$ - оқимга кўрсатиладиган қаршилик;  $\Delta P$ - босимлар фарқи, Па.

Гидродинамика қонунларига асосан берилган миқдордаги суюқликни ҳайдаш учун зарур бўлган босим қиймати ва энергия сарфи аниқланади, ёки аксинча, босимлар фарқи қийматига кўра суюқликнинг сарфи ва тезлиги ҳисобланади.

Гидродинамикани ўрганиш жараёнида ички, ташқи ва аралаш масалалар ажратилади. Ички масалада суюқликни қувурлар ва каналлар бўйлаб ҳаракати ўрганилади. Гидродинамиканинг ташқи масаласи (суюқликни механик услубда аралаштириш, қаттиқ жисм заррачаларини чўктириш каби жараёнлар) турли жисмларнинг суюқлик муҳитидаги ҳаракатига бағишланади. Суюқлик ва газларни қаттиқ жисм қатлами орқали ҳаракатини ўрганиш (мавҳум қайнаш қатлами, фильтрация, адсорбция ва х.) гидродинамиканинг аралаш масаласига тегишли бўлади.

### Суюқлик оқимининг асосий тавсифлари

Суюқлик оқимини тавсифлаш учун тезлик, сарф, оқим тури ва ҳаракат режими каби тушунчалардан фойдаланилади.

**Оқимнинг тезлиги ва сарфи.** Вақт бирлиги ичида қувурлар ёки каналлар орқали оқиб ўтган суюқлик миқдори суюқлик сарфи деб юритилади. Суюқлик сарфи ҳажмий  $Q$  ( $m^3/сек$ ) ёки массавий ( $кг/сек$ ) бирликларда ўлчанади.

Суюқликнинг ҳажмий сарфи қуйидаги тенглама ёрдамида аниқланади

$$Q = v_y F, \quad (13-2) \quad \text{бу ерда } v_y -$$

суюқлик оқимининг ўртача тезлиги,  $m/s$ ;  $F$ - оқимнинг кўндаланг кесим юзаси,  $m^2$ .

Суюқликнинг массавий сарфи

$$M = \rho v_y F = Q \rho, \quad (13-3)$$

бу ерда  $\rho$ - суюқликнинг зичлиги,  $кг/м^3$ .

Суюқлик ҳаракати (оқими) унинг ҳар бир заррачаси тезлиги билан тавсифланади. Оқимнинг кўндаланг кесим юзасидаги ҳар бир заррача вақт моменти бўйича турлича тезликка ва йўналишга эга бўлади.

Технологик қувурда ҳаракатланаётган суюқлик оқимининг тезлиги қувур марказида максимал қийматга эга бўлади. Қувур девори юзасининг нотекислиги сабабли, девор ва унга тегиб ҳаракатланаётган суюқлик қатлами ўртасида ишқаланиш кучи юзага келади. Натижада қувур девори яқинида оқим тезлиги кескин камаяди. Оқимнинг кўндаланг кесим юзаси бўйлаб тезликлар тақсимоти номаълумлиги сабабли, муҳандислик ҳисобларида суюқликнинг ўртача тезлиги  $v_y$  тушунчаси қўлланилади. Бу пайтда оқимдаги барча заррачалар бир хил тезликда ҳаракатланади деб ҳисобланади. Бундай шартли тезлик суюқликнинг ҳажмий сарфини оқимнинг кўндаланг кесимига бўлган нисбати билан аниқланади:

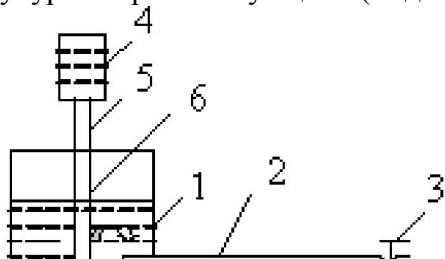
$$v_y = Q/F. \quad (13-4)$$

Айрим ҳолларда суюқликнинг массавий тезлиги  $v_m$  [ $кг/(м^2с)$ ] тушунчаси қўлланилади

$$v_m = \rho v_y. \quad (13-5)$$

**Реал суюқликларнинг ҳаракат режимлари.** Суюқликни қувурдаги ҳаракати инглиз олими Осборн Рейнольдс томонидан ўта содда қурилма (13.2-расм) ёрдамида тўлиқ ўрганилган.

Қурилма таркиби ишчи суюқлик идиши 1, унга бириктирилган шаффоф горизонтал қувур 2 ва рангли суюқлик (индикатор) учун идишчадан 4 иборат бўлган.



Тажрибалар мобайнида 1 идишдаги ишчи суюқлик сатхини ўзгармас ҳолатда бўлиши таъминланган. Дастлаб шаффоф қувурга ўрнатилган жўмрак 3 бироз очилиб, ундан суюқлик оқиб чиқади. Шундан сўнг, 4 идишдаги рангли суюқлик жўмрагини 5 очиш туфайли капилляр трубка 6 орқали шаффоф трубкага 2 индикатор юборилади. Индикатор зичлиги ва тезлиги ишчи суюқлик параметрларига монанд бўлади.

Тажрибалар пайтида, шаффоф қувурдаги ишчи суюқлик сарфи кичик бўлганда, рангли суюқликнинг ингичка оқими ип шаклида (аниқ горизонтал ҳолатда) бўлади. Бу пайтда индикатор ва ишчи суюқликларнинг ўзаро аралашуви кузатилмаган. Демак, ишчи суюқлик ва буёқ заррачаларининг йўллари тўғри чизикли бўлиб, улар ўзаро параллел траекториялар бўйича ҳаракатланади. Суюқликнинг бундай турғун оқими параллел оқимчали ёки ламинар (лот. lamina- қатлам) оқим деб номланган.

Келгусида, ишчи суюқлик сарфи оширилганда, шаффоф қувурдаги рангли суюқлик толаси дастлаб тўлқинлана бошлайди ва ниҳоят ишчи суюқлик массаси билан аралашиб, тўла ювилиб кетади.

Оқимнинг кўндаланг кесимида интенсив аралашувга сабаб бўладиган бундай тартибсиз ҳаракат турбулент (лот. turbulentus- тартибсиз, тез оқар) оқим деб белгиланган.

Рейнольдс ўз тажрибалари ёрдамида ҳаракатни ламинар режимдан турбулент режимга ўтиши нафақат оқим тезлигидан, балки суюқликнинг физик хоссалари (зичлиги, қовушқоқлиги) ва аниқловчи геометрик ўлчамдан (қувурнинг ички диаметридан) ҳам боғлиқ эканлигини аниқлади. Бу ўзгарувчан катталиқлар асосида Рейнольдс қуйидаги ўлчамсиз комплексни келтириб чиқарди:

$$Re = \rho d v / \mu = \rho d / \nu, \quad (13-10)$$

бу ерда  $\rho$ - оқимни ўртача тезлиги, м/с;  $d$ - қувурнинг ички диаметри, м;  $\rho$ - суюқликнинг зичлиги, кг/м<sup>3</sup>;  $\mu$ - қовушқоқликнинг динамик коэффициенти, Па·с;  $\nu$ - қовушқоқликнинг кинематик коэффициенти, м<sup>2</sup>/сек.

Ушбу ўлчамсиз комплекс Рейнольдс критерийси дейилади.  $Re$  критерийсининг сон қиймати ҳаракат режимини аниқлаш билан бирга оқим ҳаракатидаги қовушқоқлик ва инерция кучларининг ўзаро нисбатини ҳам аниқлайди.

Суюқликни ҳаракат режими Рейнольдс критерийсининг критик қиймати  $Re_{кр}$  билан аниқланади. Тўғри ва текис юзали қувурлар учун  $Re_{кр}=2300$ . Агар  $Re < 2300$  бўлса суюқлик оқими ламинар режимда, агар  $Re > 2300$  бўлса - турбулент режимда бўлади.  $Re > 10^4$  бўлганда суюқликнинг турғун турбулент режими юзага келади.  $2300 < Re < 10^4$  чегаралар ўтиш соҳаси бўлиб, бу пайтда қувур девори ёнида суюқлик ҳаракати ламинар, унинг ўқи атрофида эса турбулент режимда бўлади.

Суюқликлар кесим юзаси думалоқ бўлмаган турлича шаклдаги каналларда ҳам оқиши мумкин. Бундай ҳолларда (13-10) тенгламадаги аниқловчи геометрик ўлчам - қувур диаметри ўрнига каналнинг эквивалент диаметри  $d_3$  (13-6) ишлатилади.

**Турбулент оқимнинг тузилиши.** Саноат корхоналарида бир қатор технологик жараёнлар моддий оқимлар ҳаракатининг турбулент режимларида амалга оширилади. Бундай шароитларда жараёнларнинг кечиш интенсивлиги кескин ортади. Турбулент оқим



структураси суюкликнинг ҳаракат режими, физик хоссалари ва оқимни чегараловчи каналнинг шакли ва ўлчамлари билан аниқланади.

Хаотик (нестационар) тарзда ҳаракатланувчи уюрмалар оқимнинг алоҳида элементлари бўлиб ҳисобланади. Уюрмалар битта умумий оний ўқ атрофида бир хил бурчак тезлик билан айланувчи заррачалар гуруҳи деб талқин этилади. Турбулент оқим пайтида уюрмалар узлуксиз равишда юзага келади ва сўнади. Оқимнинг турбулентлик чегараси ташқи чегараловчи омиллардан, масалан, қувур диаметридан, боғлиқ бўлади. Уюрмаларнинг тартибсиз кўчиб юриши оқим кесими юзаси бўйлаб суюкликнинг интенсив аралашувига сабаб бўлади. Пульсация – уюрмалар турбулентлигини тўларок белгиловчи омил бўлиб ҳисобланади.

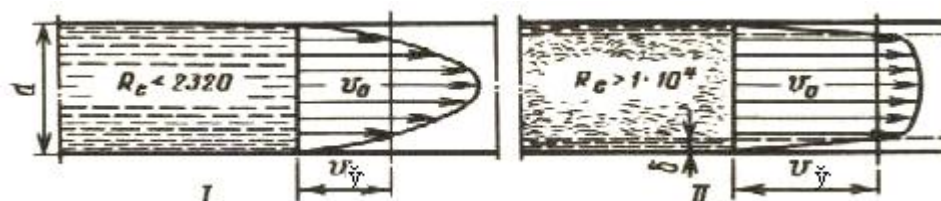
Ламинар режимда тўғри ва думалоқ қувур ўқи бўйлаб қузатиладиган энг юқори тезлик  $v_{\max}$  ўртача тезликка нисбатан икки марта катта бўлади:

$$v_{\bar{y}} = 0,5 v_{\max} \quad (13-11)$$

Турбулент режимда қувур кесими бўйича тезлик нисбатан текис тарқалади

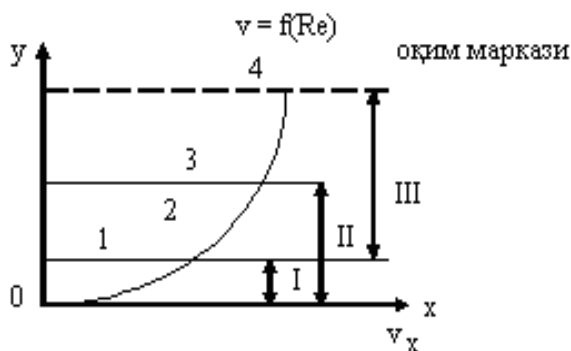
$$v_{\bar{y}} = (0,8 \div 0,9) v_{\max} \quad (13-12)$$

Оқим режимларида тезликлар тақсимотининг эгри чизиқлари 13.3-расмда тасвирланган.



-расм. Оқимнинг кесим юзаси бўйича тезликлар тарқалишининг эгри чизиқлари: а- ламинар режим учун; б- турбулент режим учун.

Турбулент оқим шартли равишда оқим ядроси ва чегара қатлами соҳаларига ажратилади. Чегаравий қатламда турбулент оқимни ламинар оқимга айланиши қузатилади. Бу пайтда оқим тезлиги максимумдан (қувур ўқида) нулга (девор юзасида) қадар камаяди.



-расм. Тезлик тақсимоти бўйича турбулент оқимнинг кўндаланг кесимини тузилиш модели: 1- қовушқоқ қатлам; 2- оралик (буфер) қатлам; 3- тўлиқ турбулент қатлам; 4- оқим ядроси; I- қовушқоқ оқим соҳаси; II- девор олди соҳаси; III- тўла турбулент оқим.

Турбулент оқимнинг кўндаланг кесими бўйича тезлик тақсимотининг назарий модели 13.4-расмда тасвирланган. Мазкур графикнинг таҳлили асосида думалоқ қувурлар ва каналлардаги оқимни бир неча соҳаларга ажратиш мумкин.

1 соҳа - қовушқоқ қатламда оқимнинг ўртача тезлиги молекуляр қовушқоқлик қийматидан боғлиқ бўлади, тезликни ўзгариши амалий жиҳатдан тўғри чизиқли (ламинар оқимдагидек). Ушбу қатлам қалинлиги оқим радиусининг деярли 1%-ини ташкил этади.

2 соҳа - оралик (буфер) қатлам қалинлиги ҳам оқим радиусининг деярли 1% ини ташкил этади. Бу зонада қовушқоқлик ва турбулентлик кучлари таъсирида юзага келувчи кучланишлар ўзаро тенглиги сабабли оқимнинг турбулентлиги кескин сўнади.

3 соҳа - тўлиқ турбулент қатламда девор юзасининг оқимга таъсири сезиларли ва турбулентлик даражаси юқорилиги сабабли қовушқоқлик кучланишларини ҳисобга олмас ҳам бўлади. Оқимнинг ўртача тезлиги логарифмик қонуният асосида ўзгаради.

4 соҳа - турбулент оқим ядроси. Бу соҳада оқим тўла турбулент режимда бўлади, турбулентлик масштаби кувур ёки каналнинг аниқловчи геометрик ўлчами билан белгиланади.

1 ва 2 соҳа қатламлари умумлаштирилиб, қовушқоқ қатлам ёки қовушқоқ оқим соҳаси (I) деб юритилади. Бу соҳада ишқаланиш кучларини юзага келиши ва ҳаракат энергиясини узатилишида қовушқоқлик асосий роль ўйнайди. Қовушқоқ қатлам қалинлиги девор ғадир-будурликлари баландлигидан катта бўлган ҳоллардагина қовушқоқ оқим юзага келиши мумкин.

3 ва 4 соҳалар тўла турбулент оқим зонасини (III) ташкил этади. Бу зонада турбулентлик масштаби қовушқоқликдан боғлиқ бўлмайди.

1, 2 ва 3 соҳалар чегаравий (девор олди) зонани (II) ташкил этади. Бу зонада турбулент ҳаракат ламинар ҳаракатга айланади.

Юқорида кўриб чиқилган турбулент оқимнинг тўрт қатламли назарий модели реал оқимдан анча фарқ қилади. Ҳақиқатда эса қатламларнинг оралари аниқ чегараланмаган. Шунинг учун  $v=f(Re)$  чизиғида (13.4-расм) ажратилган 1,2,3 ва 4 нукталар шартлидир.

**Назорат саволлари:** 1.Суёқликларнинг кувурлар ва каналлар бўйлаб оқишига сабаб бўлувчи кучлар табиати ҳақида нималарни биласиз? 2.Суёқлик оқимининг тезлиги ва сарфи қандай аниқланади? 3.Суёқликнинг ўртача тезлиги тушунчасини қўллашдан мақсад нима? 4.Суёқликнинг турғун ва нотурғун ҳаракатлари ўртасида қандай фарқ мавжуд? 5.Қандай ҳолатларда асосий аниқловчи ўлчам сифатида эквивалент диаметр қўлланилади? 6.Оқимнинг узлуксизлиги тенгламасининг моҳияти нимадан иборат? 7.Суёқлик оқими ҳаракатини ўрганиш учун Рейнольдс яратган тажриба қурилмасининг ишлаш принципини тушунтириб беринг. 8.Ламинар ва турбулент оқим ўртасидаги фарқни изохлаб беринг. 9. Турбулент оқим структураси ҳақида нималарни биласиз? 10.Суёқлик ҳаракатини ифодаловчи қандай дифференциал тенгламалар мавжуд? Ушбу тенгламалар қандай кучлар ўртасидаги боғлиқликларни ифодалайди? 11.Бернулли тенгламасини қўллаш асосида қайси бир турдаги муҳандислик масалаларини ҳал этиш мумкин? Жавобларингизни мисоллар асосида изохлаб беринг. 12.Технологик кувурлар системасининг гидравлик қаршилигини ҳисоблашдан кўзланган асосий мақсад нима? 13.Ички ишқаланиш кучлари ва маҳаллий қаршиликларни енгил учун зарур бўладиган босим йўқотилишлари қандай ҳисобланади? 14.Технологик кувурнинг оптимал диаметрини аниқлаш услубини тушунтириб беринг. 15.Суёқликнинг резервуардан оқиб чиқиш тезлиги, сарфи ва вақти қандай аниқланади? Ушбу катталикларни ҳисоблашдан мақсад нима? 16.Ньютон ва ноньютон суёқликлар ўртасида қандай фарқлар бор? 17.Аномал суёқликларнинг қандай турлари мавжуд? Уларнинг реологик хусусиятларини таърифлай оласизми? 18.Аномал суёқликнинг ҳаракат тезлиги ва сарфини аниқлаш учун қандай тенгламалар мавжуд?

### **Мавзу: Суёқликларни насослар ёрдамида узатиш Умумий маълумотлар**

Саноат корхоналарида турли хил суёқликлар технологик кувурлар ёрдамида горизонтал ёки вертикал йўналишларда узатилади. Суёқликларни узатиш учун насослардан фойдаланилади.

Насос - бу гидравлик машина бўлиб, унда электродвигателнинг механик энергияси узатилаётган суёқлик оқими энергиясига (босимига) айлантирилади. Насос суёқликни қуйи сатхдан юқори сатхга узатиш учун қўлланилади. Ушбу сатхлардаги суёқлик босимлари ўртасидаги фарқ (потенциал энергия, жараённи ҳаракатлантирувчи кучи) уни технологик кувурлар ёки қурилмалар бўйлаб ҳаракатлантиради.

Ишлаш принципага кўра ҳажмий, парракли (марказдан қочма типдаги), уярмавий ва ўқли (пропеллерли) насослар мавжуд.

Ҳажмий насосларни ишлаш принципи маълум бир ҳажмдаги суюқликни ёпик камерадан, айланма ёки илгариланма-қайтма ҳаракат қилувчи ишчи орган ёрдамида, суриб чиқаришга асосланган. Ҳажмий насослар туркумига поршенли, диафрагмали, тишли ғилдиракли, винтли ва пластинали насослар киради.

Парракли насослар марказдан қочма типдаги ва пропеллерли (ўқли) насосларга ажратилади. Марказдан қочма типдаги насосларда суюқлик парракли ишчи ғилдирак марказидан насос корпуси деворига томон ҳаракатланади. Бу пайтда юзага келувчи марказдан қочма куч суюқлик босимини ҳосил қилади. Пропеллерли насос ёрдамида узатилаётган суюқлик ишчи ғилдиракнинг ўқи йўналишида сурилади.

Уюрмавий ва ўқли насосларда суюқлик ишчи ғилдиракларнинг айланиши пайтида уюрмаларни интензив ҳосил бўлиши ва парчаланиши натижасида юзага келувчи ишқаланиш энергияси ҳисобига узатилади.

### Насосларнинг асосий ишчи параметрлари

Насос ишини тафсифловчи асосий катталиклар қаторига иш унумдорлиги  $Q$  ( $\text{м}^3/\text{соат}$ ,  $\text{л}/\text{сек}$ ), босими  $H$  (м) ва истъёмол қуввати  $N$  (кВт) киритилган.

Насос босими (напори)  $H$  ҳайдалаётган суюқликнинг бирлик массасига берилган солиштирма энергия миқдори билан тавсифланади ва одатда метрларда ўлчанади.

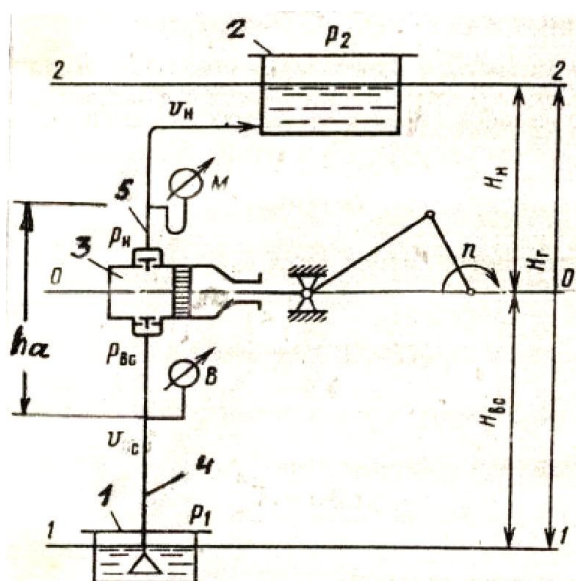
Суюқликни бир идишдан (қурилмадан) иккинчи идишга (қурилмага) ҳайдаш ҳар қандай насоснинг асосий вазифаси эканлигидан келиб чиқиб, унинг принципиал схемасини (14.1-расм) ыуйидагича тасвирлаш мумкин.

Насос қурилмасининг схемасига асосан унинг сўриш баландлиги  $H_c$ , ҳайдаш баландлиги  $H_x$  ва суюқликнинг геометрик кўтарилиш баландлиги  $H_r$  аниқланади.  $H_r$  катталик насоснинг тўла босими (напори) деб юритилади.

Қуйи сатҳда жойлашган идишдаги суюқлик юзасидан то насос ўқигача бўлган баландлик насоснинг сўриш баландлиги  $H_c$  дейилади.

Насос ўқидан то юқори идишдаги суюқлик сатҳигача бўлган масофа, вертикал ўк бўйича, насоснинг ҳайдаш баландлиги  $H_x$  дейилади.

Суюқликнинг геометрик кўтарилиш баландлиги сўрилиш ва ҳайдаш баландликлари йиғиндисига ( $H_r = H_c + H_x$ ) ёки ҳар иккала идишдаги суюқлик сатҳлари орасидаги масофага тенг бўлади.



- расм. Насос қурилмасининг схемаси: 1- қуйи сатҳдаги идиш; 2- юқори сатҳдаги идиш; 3-насос; 4- сўриш линияси; 5- ҳайдаш линияси; В- вакуумметр; М- манометр;  $h_\alpha$ - вакуумметр ва манометр ўрнатилган нуқталар орасидаги вертикал масофа.

Насос ҳосил қиладиган тўла босимни аниқлаш мақсадида ҳайдаш ва сўриш линиялари учун Бернулли тенгламасидан фойдаланамиз. Бунинг учун насос ускунасининг схемаси шартли равишда 3 та сатҳга ажратилади: 0-0 - насос ўқи орқали ўтадиган

таққослаш сатхи, 1-1 - пастки идишдаги суюқлик сатхи ва 2-2- юқорида жойлашган идишдаги суюқлик сатхи.

Насоснинг сўриш линияси (0-0 ва 1-1 сатхлар) учун Бернулли тенгламаси қуйидаги кўринишда бўлади

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = H_c + \frac{v_c^2}{2g} + \frac{P_c}{\rho g} + h_c. \quad (14-1)$$

Насоснинг ҳайдаш линияси (0-0 ва 2-2 сатхлар) учун Бернулли тенгламаси

$$P_x/(\rho g) + v_x^2/2g = H_x + v_x^2/2g + P_2/(\rho g) + h_x. \quad (14-2)$$

бу ерда  $P_1$ - пастки идишдаги босим;  $P_2$ - юқори идишдаги босим;  $v_1$  ва  $v_2$ - пастки ва юқори идишлардаги суюқликнинг тезлиги;  $v_c$  ва  $v_x$ - сўриш ва ҳайдаш қувурларидаги суюқликнинг ҳаракатланиш тезлиги;  $\rho$ - суюқликнинг зичлиги;  $g$ - эркин тушиш тезланиши;  $h_c$  ва  $h_x$ - сўриш ва ҳайдаш қувурларидаги гидравлик қаршиликларни енгиш учун сарфланадиган босим;  $P_c$  ва  $P_x$ - суюқликнинг сўриш ва ҳайдаш босими.

Идишлардаги суюқлик тезликлари, уни сўриш ва ҳайдаш қувурларидаги ҳаракатланиш тезликларига нисбатан ўта кичиклиги ( $v_1 \ll v_c$ ,  $v_2 \ll v_x$ ) сабабли,  $v_1=0$  ва  $v_2=0$  деб қабул қилинади. У ҳолда (14-1) ва (14-2) тенгламалар кўриниши бирмунча соддалашади:

$$P_1/(\rho g) = H_c + v_c^2/2g + P_c/(\rho g) + h_c; \quad (14-3)$$

$$P_x/(\rho g) + v_x^2/2g = H_x + P_2/(\rho g) + h_x. \quad (14-4)$$

Насос ҳосил қиладиган суюқлик босими  $H$  оқимнинг насосга киришдаги  $P_c/(\rho g)$  ва ундан чиқишдаги  $P_x/(\rho g)$  солиштирма энергиялари айирмасига тенг

$$H = (P_c - P_x)/(\rho g) \quad (14-5) \text{ эканлигини ҳисобга}$$

олиб, (14-3) ва (14-4) тенгламалар айирмасидан

$$H = (P_c - P_x)/(\rho g) = (P_2 - P_1)/(\rho g) + (v_c^2 - v_x^2)/2g + H_c + H_x + h_c + h_x. \quad (14-6)$$

Насоснинг ҳайдаш ва сўриш қувурлари диаметри одатда бир хил бўлади. Демак бу қувурлардаги суюқлик тезликларининг қиймати ҳам бир хил,  $v_x = v_c$  бўлади.

Бундан ташқари, 14.1-расмга биноан,  $H_r = H_c + H_x$ . Қувур тизимининг умумий гидравлик қаршилиги  $h_{ym} = h_c + h_x$ . Ушбу ҳолат учун насос ҳосил қиладиган умумий босим қуйидаги ифодага асосан аниқланади:

$$H = H_r + \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + h_{ym}. \quad (14-7)$$

Демак, насоснинг умумий босими суюқликни аниқ бир геометрик баландликка  $H_r$  кўтариш, қуйи ва юқори сатхларда жойлашган идишлардаги босимлар фарқини ( $P_2 - P_1$ ) ҳамда қувур тармоғидаги гидравлик қаршиликларни  $h_{ym}$  енгиш учун етарли бўлиши керак.

Ушбу (14-7) тенглама иккита хусусий кўринишга эга бўлади:

- агар идишлардаги босимлар ўзаро тенг бўлса ( $P_2 = P_1$ ), насос босими суюқликни маълум баландликка кўтариш ва қувурнинг гидравлик қаршилигини енгиш учун сарфланади:

$$H = H_x + h_{ym} = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + h_{ym}; \quad (14-8)$$

- агар суюқлик горизонтал қувурлар бўйлаб ҳайдалса ( $H_r = 0$ ), насос босими қувурнинг гидравлик қаршилигини енгиш учунгина сарфланади

$$H = h_{ym}.$$

Ишлаб турган насос напорининг сон қийматини сўриш ва ҳайдаш қувурларига ўрнатилган вакуумметр ва манометр кўрсаткичлари бўйича аниқлаш ҳам мумкин

$$H = H_m + H_b + h, \quad (14-9)$$

бу ерда  $h$ - ўлчов асбоблари ўрнатилган нукталар орасидаги масофа, м.

Насоснинг сўриш баландлиги (14-1) тенглама асосида аниқланади:

$$H_c = (P_{atm} - P_c)/(\rho g) + v_c^2/2g + h_c, \quad (14-10)$$

бу ерда  $P_{атм}$  - пастки сатхда жойлашган идишдаги суюқликнинг эркин юзасига таъсир этувчи атмосфера босими,  $P_a = P_1$ .

Насоснинг сўриш баландлиги унинг техник имкониятидангина боғлиқ бўлмайди. Бунда атмосфера босими ва суюқлик ҳароратининг қийматлари асосий аниқловчи омиллар бўлиб ҳисобланади. Узатилаётган суюқлик уни сўриб олиш учун етарли бўлган сийракланиш ( $P_a - P_c$ ) остида қайнаб кетиши мумкин. Бу пайтда суюқлик интенсив буғланади. Ҳосил бўлган буғ пуфакчалари суюқлик билан бирга насоснинг юқори босимли зоналарига ўтгач ёрилиб, буғлар конденсацияланади. Натижада насос қобиғида сийракланиш юз беради, шовкин ҳосил бўлади ва гидравлик зарбалар пайдо бўлади. Бу ҳодиса кавитация деб юритилади. Кавитация пайтида насоснинг иш унумдорлиги ва босими пасайиб кетади. Ушбу режимда узоқроқ ишланса насос парраклари тез емирилиб, ишдан чиқиши мумкин.

Насоснинг мўътадил ишлаши учун унинг сўриш босими  $P_c$  узатилаётган суюқликнинг ишчи ҳароратидаги тўйинган сув буғи босимидан  $P_t$  юқори бўлиши керак. Бу пайтда насоснинг мўътадил иш шароити қуйидаги тенглама билан ифодаланади

$$P_c / (\rho g) = P_{атм} / (\rho g) - (H_c + v_c^2 / 2g + h_c) \geq P_t / (\rho g). \quad (14-11)$$

Ушбу (14-11) тенгламадан насоснинг сўриш баландлиги чегараси аниқланади:

$$H_c \leq P_{атм} / (\rho g) - [P_t / (\rho g) + v_c^2 / 2g + h_c]. \quad (14-12)$$

Ҳайдалаётган суюқлик ҳароратини ортиши билан унинг тўйинган буғи босими ҳам ортиб боради. Буғ босими суюқликни қайнаш ҳароратида ташки атмосфера босимига тенглашади. Бу пайтда суюқликни насос билан тортиб олиш мумкин бўлмайди, чунки  $P_{атм} - P_t = 0$  бўлганлиги сабабли  $H_c = 0$ . Шу сабабдан, қовушқоқ ва юқори ҳароратли суюқликларни узатиш учун, насосни суюқлик билан узлуксиз таъминловчи идиш насосга нисбатан юқори сатхда ўрнатилади.

Шундай қилиб, насоснинг сўриш баландлиги ҳайдалаётган суюқлик ҳарорати билан чегараланар экан. Буни қуйидаги 14.1- жадвалда келтирилган материаллардан ҳам кўриш мумкин.

14.1-жадвал.

Насоснинг сўриш баландлигини ўзгариши

Сувнинг ҳарорати, °С	10	20	30	40	50	60	65
Сўриш баландлиги, м	6	5	4	3	2	1	0

Суюқликни ҳайдаш учун фойдали сарфланган қувват  $N_{\phi}$  (Вт) унинг массив сарфи  $G$  ва босимини  $H$  ўзаро кўпайтмасига тенг:

$$N_{\phi} = GH = Q\rho gH, \quad (14-13)$$

бу ерда  $\rho$ - суюқликнинг зичлиги, кг/м<sup>3</sup>;  $g=9,81$  м/с<sup>2</sup>- эркин тушиш тезланиши;  $H$ - насоснинг тўла босими, метр сув устуни;  $Q$ - насоснинг ҳажмий иш унумдорлиги, м<sup>3</sup>/сек.

Насос валидаги қувват  $N_b$  (ёки насос электродвигателининг истеъмол қуввати) қуйидагича аниқланади:

$$N_b = N_{\phi} / \eta_n, \quad (14-14)$$

бу ерда  $\eta_n$ - насоснинг фойдали иш коэффициентини ф.и.к.), энергиянинг йўқотилиш миқдорини ифодалайди.

$\eta_n$  коэффициенти қиймати насоснинг конструктив жиҳатдан мукамаллиги, ишлатиш жиҳатдан тежамкорлиги ва уни емирилиш даражасидан боғлиқ бўлиб, қуйидаги ифода ёрдамида ҳисобланади:

$$\eta_n = \eta_v \eta_{\Gamma} \eta_{мех}, \quad (14-15)$$

бу ерда  $\eta_v$ - хажмий ф.и.к., насос иш унумдорлигининг камайишини (клапанлар, сальниклар ва системанинг герметиклигини бузилиши натижасида насос қобиғидан суюқликнинг бир қисмини оқиб чиқиши сабабли) ҳисобга олади;  $\eta_v=Q_x/Q_l$ ;  $Q_x$  ва  $Q_l$ - насоснинг ҳақиқий ва лойиҳавий иш унумдорликлари;  $\eta_r$ - гидравлик ф.и.к., насоснинг ҳақиқий босимини  $H_x$  унинг лойиҳавий босимига  $H_l$  нисбатини ифодалайди,  $\eta_r=H_x/H_l$ ;  $\eta_{мех}$ - механик ф.и.к., подшипниклар, сальниклар ва насоснинг бошқа қисмларида ишқаланиш қаршиликларини енгиш учун қувватнинг йўқотилишини ҳисобга олади.

$\eta_n$  ўртача қийматлари - поршенли насослар учун  $0.8 \div 0.9$ , марказдан қочма типдаги насослар учун эса -  $0.7 \div 0.95$ .

Насос қурилмасининг тўлиқ ф.и.к.

$$\eta_{ум} = \eta_n \eta_m \eta_{дв} = N_v/N_{дв}, \quad (14-16)$$

бу ерда  $\eta_m$ - механик узатмаларнинг ф.и.к.;  $\eta_{дв}$ - электродвигателнинг ф.и.к.;  $N_{дв}$ - электродвигатель қуввати.

Насос учун двигатель танлаш пайтида унинг қувватини бирмунча катта қабул қилинади

$$N = K_N N_{дв}, \quad (14-17)$$

бу ерда  $K_N$ - насосни ишга тушириш пайтидаги зўриқишларни ҳисобга олувчи қўшимча қувват коэффициентини,  $K_N = 1.1 \div 2.0$ .

Қувват ортиши билан  $K_N$  коэффициентининг кичик қиймати қабул қилинади (14.2-жадвал).

14.2-жадвал.

$K_N=f(N_{дв})$  боғлиқлигини ўзгариши

Насос двигателининг истеъмол қуввати $N_{дв}$ , кВт	1	1.5	5÷50	50
Қўшимча қувват коэффициентини $K_N$ қиймати	2÷1.5	1.5÷1.2	1.2÷1.15	1.1

### Насосларнинг тузилиши ва ишлаш принципи

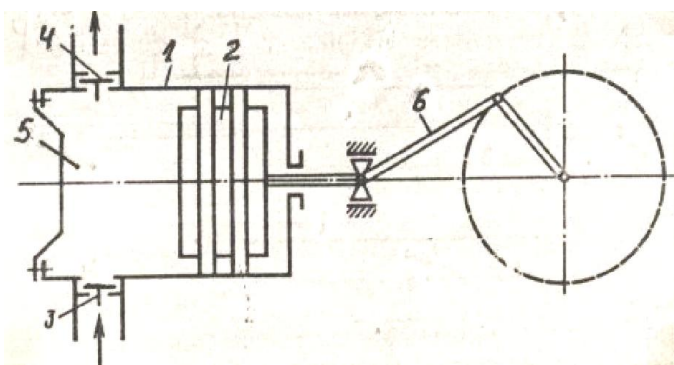
Поршенли насослар. Бу типдаги насосларнинг ишчи цилиндрларидаги суюқлик илгариланма-қайтма ҳаракатланувчи поршень ёки плунжер воситасида, кривошип-шатунли механизмлар ёрдамида, ҳайдаш қувурига сиқиб чиқарилади. Поршенли насослар турлари, тузилиши ва қўлланиш соҳалари бўйича гуруҳларга ажратилади. Поршенларнинг кўриниши бўйича поршенли ва плунжерли насослар гуруҳи мавжуд.

Поршенлар (плунжерлар) сонига кўра, бир ва ундан ортиқ поршенли (плунжерли) насослар мавжуд. Ишчи цилиндрларнинг насос қобиғида жойлашувига кўра горизонтал ва вертикал цилиндрли насослар бўлади. Барча поршенли (плунжерли) насослар ишлаш принципига кўра оддий, икки босқичли ва кўп босқичли бўлиши мумкин. Ишчи босим қийматида кўра паст ва юқори босимли насослар туркуми мавжуд.

Оддий поршенли насосда (14.2-расм) суюқлик поршеннинг олдинги томони билан бир томонга (ишчи камерага) сўрилади ва ундан ҳайдалади.

Суюқликни сўриш жараёнида поршень 2 ишчи цилиндр 1 бўйлаб ўнг томонга сурилади. Бу пайтда ишчи камера хажми катталашади, ундаги босим атмосфера босимидан кичик (вакуум) бўлади. Натижада, суюқлик босими ва вакуум қийматларининг фарқи таъсирида клапан 3 очилиб, суюқлик ишчи камерани тўлдирди. Бу пайтда ҳайдаш

клапани 4 ёпиқ бўлади. Поршень ўнг четки ҳолатни эгаллагач, унинг ҳаракат йўналиши тескари томонга (чапга) ўзгаради.



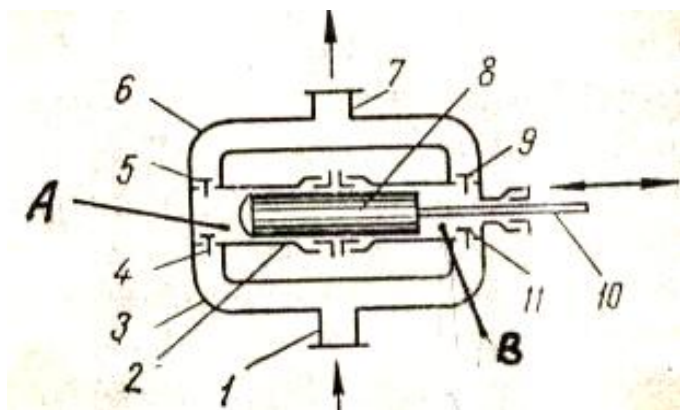
-расм. Поршенли насос схемаси: 1-цилиндр; 2- поршень; 3- сўриш клапани; 4- хайдаш клапани; 5-ишчи камера; 6- кривошип-шатунли механизм.

Натижада камерадаги суюқликка босим берилади. Бу босим остида сўриш клапани ёпилади, хайдаш клапани эса очилади ва у орқали суюқлик хайдаш линиясига узатилади.

Суюқликни сўриш ва хайдаш қувурларидаги ҳаракат тезлиги ҳамда босимларнинг пульсацияланишини тенглаштириш мақсадида насоснинг ишчи камерасига ҳаво қалпоқчалари ўрнатилади.

Икки томонлама ишлайдиган плунжерли насоснинг ишчи схемаси -расмда тасвирланган. Ушбу насос цилиндрининг ҳар иккала томонида тегишлича сўриш ва хайдаш клапанлари бўлган биттадан мустақил ишчи камераси бўлади. Бундай насосни иккита оддий поршенли насослардан иборат техник комплекс деб қараш мумкин.

Плунжер 8 ўнг томонга қараб ҳаракатланганда суюқлик коллектор 3 ва клапан 4 орқали чап камерага сўрилади. Бу пайтнинг ўзида плунжер иккинчи (ўнг) камерадан суюқликни клапан 9 орқали коллектор 6 га сиқиб чиқаради. Плунжер чап томонга қараб ҳаракатланганда ўнг камерада сўрилиш, чап камерада эса хайдаш жараёнлари юз беради.



- расм. Икки томонлама ишлайдиган горизонтал плунжерли насос схемаси: 1- сўриш патрубкиси; 2- ишчи цилиндр; 3,6- коллекторлар; 4,11- сўриш клапанлари; 5,9- хайдаш клапанлари; 7- хайдаш патрубкиси; 8- плунжер; 10- шток; А,В- чап ва ўнг камералар.

Поршенли насосларда поршень ва силлик деворли цилиндр орасидан суюқлик сирқиб чиқмаслиги учун поршеннинг ён сиртига металл ёки резинадан ишланган зичловчи ҳалқалар ўрнатилади. Плунжерда бундай ҳалқалар бўлмайди, унинг узунлиги диаметрига нисбатан анча катта бўлади.

Плунжерли насослар ёрдамида ифлосланган ва ўта қовушқоқ суюқликлар юқори босимларда ( $5 \div 100$  МПа) хайдалади, уларнинг иш унумдорлиги кичик ( $Q < 15 \text{ м}^3/\text{соат}$ ), ўртача ( $Q = 15 \div 60 \text{ м}^3/\text{соат}$ ) ва юқори ( $60 < Q < 150 \text{ м}^3/\text{соат}$ ) бўлиши мумкин. Кривошип-шатунли механизмни айланиш частотаси қийматларига кўра секин ( $45 \div 60 \text{ мин}^{-1}$ ), нормал ( $60 \div 120 \text{ мин}^{-1}$ ) ва тез ишлайдиган ( $\geq 120 \div 180 \text{ мин}^{-1}$ ) насослар туркуми мавжуд.

Барча поршенли насослар учун суюқликни сўриш ва хайдаш цикли даврийдир. Шу сабабли уларда узатилаётган суюқлик пульсацияланади. Суюқликнинг бир маромда узатилишини таъминлаш учун кўп босқичда (2,4,6 ва ундан ортиқ) ишловчи насослар

қўлланилади. Бундай насосларнинг иш унумдорлиги оддий поршенли насосларнинг иш унумдорлигига нисбатан, босқичлар сонига мутаносиб равишда, ортиқ бўлади.

Абразив модда заррачаларини тутган суюқликларни ҳайдаш пайтида поршенли насосларнинг клапан ва зичлаш ҳалқалари емирилиши сабабли улар тез-тез таъмирлаб турилади. Поршенни ҳаракатга келтирувчи кривошип-шатунли механизм насоснинг габарит ўлчамларини ортишига сабаб бўлади ва уни оғир фундаментга ўрнатилишини тақозо этади. Шу билан бирга, поршенли кўчма электронасос агрегатлари ҳам мавжуд. Корхона шароитида кўчма насосларни турли мақсадларда қўллаш ўта қулай.

**Насоснинг иш унумдорлиги.** Поршеннинг бир маротаба бориб келиш вақти ичида узатилган суюқлик миқдори насоснинг иш унумдорлиги дейилади.

Поршенли (плунжерли) насоснинг ҳақиқий иш унумдорлиги ( $m^3/сек$ ) қуйидаги тенглама ёрдамида аниқланади:

$$Q = \eta_v F s n z, \quad (14-18)$$

бу ерда  $\eta_v$ - ҳажмий узатиш коэффиценти, одатда  $0.85 \div 0.95$ ;  $F$ - поршень ёки плунжернинг кўндаланг кесим юзаси,  $m^2$ ;  $S$ - поршень (плунжер) йўли,  $m$ ;  $n$ - кривошип-шатунли механизмнинг айланиш частотаси,  $s^{-1}$ ;  $z$  - поршенлар (плунжерлар) сони.

**Марказдан қочма типдаги насослар.** Марказдан қочма типдаги насослар қовушқоқлиги кам бўлган ва нисбатан кўп миқдордаги суюқликни паст босимларда узатиш учун қўлланилади. Бу насосларнинг ишлаш принципи оқимнинг кинетик энергиясини (босимни) потенциал энергияга айлантиришга асосланган. Бундай турдаги насосларнинг спиралсимон қобиғи орасида жойлашган парракли ишчи ғилдиракнинг айланиши туфайли марказдан қочма кучлар пайдо бўлади. Бу кучлар таъсири остида суюқликни насосга сўрилиши ва ундан ҳайдалиш жараёнлари бир меъёрда узлуксиз боради.

Сўриш қувуридан кўтарилаётган суюқлик ишчи ғилдиракнинг ўқи бўйлаб корпусга йўналади. Ишчи ғилдирак суюқликни айланма ҳаракатга келтиради. Айланиш натижасида юзага келувчи марказдан қочма куч таъсирида суюқлик корпус ва ишчи ғилдирак оралиғида ҳосил бўлувчи ўзгарувчан кўндаланг кесимли каналга ўтади. Ишчи ғилдиракнинг парраклари (кураклари) ва спиралсимон шаклда тайёрланган кўзғалмас қобиқ орасида ҳосил бўлувчи бу каналда суюқлик тезлиги аста-секин ҳайдаш қувуридаги тезликкача пасаяди, унинг босими эса ортиб боради. Бу босим таъсирида суюқлик насос каналидан ҳайдаш қувурига сиқиб чиқарилади. Бу пайтда ишчи ғилдиракка кириш зонасининг марказида босим пасайиб, сийракланиш ҳосил бўлади. Натижада, суюқлик оқими насосга узлуксиз равишда сўрилиб туради.

Суюқликнинг ҳайдаш қувуридаги муайян тезлигини бир меъёрда таъминлаш учун насос камерасига йўналтиргич ва диффузор ўрнатилади.

Насосни ишга тушириш олдидан ёки уни қисқа муддатларга тўхтатилганда ишчи ғилдирак суюқлик билан тўлдирилади. Бундай пайтда суюқликнинг оқиб кетишини олдини олиш учун сўриш қувурига тескари клапан ўрнатилади.

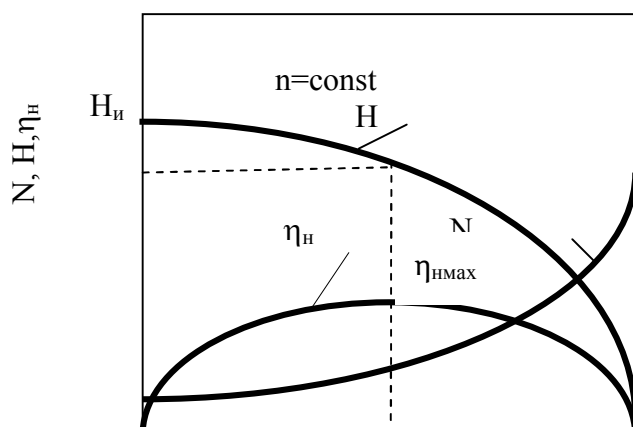
Ишчи ғилдираклар сонига кўра бир босқичли ва кўп босқичли марказдан қочма типдаги насослар мавжуд.

Бир босқичли насоснинг умумий босими 50, айрим ҳолларда эса 70 метр сув устуни баландлигидан ошмайди. Шунинг учун насос корпусидаги валга бир нечта (бештадан ошмаган) ишчи ғилдираклар ўрнатилиши мумкин. Кўп босқичли насоснинг умумий босими, унинг ишчи ғилдираклари сонига мутаносиб равишда, 20 МПа гача ортади.

Марказдан қочма типдаги насосларнинг иш унумдорлиги, умумий босими ва истеъмол қуввати қийматлари ишчи ғилдиракнинг айланишлар частотаси билан аниқланади.

Ишчи ғилдиракнинг айланишлар частотаси ўзгармас бўлганда ( $n = \text{const}$ ) насоснинг босими  $H$ , фойдали иш коэффиценти  $\eta$  ва истеъмол қуввати  $N$  қийматларини унинг иш унумдорлигидан  $Q$  боғлиқлигини ифодаловчи график (14.4-расм) насоснинг ишчи характеристикаси деб юритилади.





-расм. Марказдан қочма типдаги насоснинг ишчи характеристикаси.

Ишчи характеристика ҳайдаш линиясига ўрнатилган задвижканинг очиклик даражаси турлича бўлган ҳолатларда насос ишини текшириш учун тузилади. Задвижка тўла берк бўлганда ( $Q=0$ ) насос қуввати минимал бўлиб, унинг салт ишлаши учун зарур бўлган қувватга тўғри келади ( $N_{\min}=N_{\text{салт}}$ ). Бу пайтда ф.и.к. қиймати ҳам  $\eta_n=0$ . Задвижкани очиш туфайли насоснинг иш унумдорлигини орттирсак ( $Q \rightarrow \max$ ) унинг босими пасаяди ( $H \rightarrow 0$ ), истеъмол қуввати эса ортади.

14.4-графикнинг таҳлилига асосан қуйидаги хулосага келиш мумкин: насоснинг иш унумдорлигини ортиши билан унинг босими пасаяди, истеъмол қуввати эса ортади. Насоснинг фойдали иш коэффициентини, иш унумдорлигининг маълум чегараларида, дастлаб максимум қийматгача ортиб боради, сўнгра камаяди. Бу ҳол шуни кўрсатадики, насос ишчи ғилдирагини айланишлар частотаси ўзгармас бўлган ҳолатда, унинг характеристикасидан фойдаланиб, энергияни тежаш имконини берувчи рационал иш режимларини аниқлаш мумкин.

Насос двигателининг истеъмол қувватини  $N$  (кВт) қуйидаги тенглама ёрдамида аниқлаш мумкин

$$N = (Q\rho gH)/1000\eta_n, \quad (14-19)$$

бу ерда  $Q$ - насоснинг ҳажмий иш унумдорлиги,  $\text{м}^3/\text{сек}$ ;  $\rho$ - суюқликнинг зичлиги,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $H$ - насос ҳосил қилган босим, метр сув устуни;  $\eta_n$ - насоснинг ф.и.к.

**Пропорционаллик қонуни.** Ишчи ғилдиракнинг айланишлар частотаси  $n_1$  қийматдан  $n_2$  қийматгача ортса, насоснинг иш унумдорлиги  $Q_2$ , босими  $H_2$  ва истеъмол қуввати  $N_2$  қийматларгача мутаносиб равишда ўзгаради. Ушбу ўзгаришлар қуйидаги тенгламалар билан ифодаланади.

$$Q_1/Q_2 = n_1/n_2; \quad (14-20)$$

$$H_1/H_2 = (n_1/n_2)^2; \quad (14-21)$$

$$N_1/N_2 = (n_1/n_2)^3; \quad (14-22)$$

Демак, насос ишчи ғилдирагининг айланишлар частотаси ортиши билан унинг иш унумдорлиги биринчи даражада, босими иккинчи даражада ва истеъмол қуввати эса учинчи даражада, ушбу ўзгаришга пропорционал равишда ортади.

Юқорида келтирилган тенгламалар системаси пропорционаллик қонуни деб юртилади. Ушбу қонуниятлар  $n_2/n_1 < 2$  бўлган чегараларда ўз кучини сақлайди.

**Назорат саволлари:** 1.Ишлаш принципига кўра насосларни қандай гуруҳларга ажратиш мумкин? 2.Насослар ишини тавсифловчи қандай катталикларни биласиз? Уларга таъриф беринг. 3.Насос босимини қандай аниқлаш мумкин? 4.Насоснинг сўриш баландлиги қандай ҳисобланади? 5.Ишлаб турган насос қурилмаси босимини қандай қилиб аниқлаш мумкин? 6.Кавитация ҳодисасини тушунтириб беринг. Унинг салбий натижалари ҳақида нималарни биласиз? 7.Ҳайдалаётган суюқлик ҳароратини насоснинг сўриш баландлигига таъсирини тушунтириб беринг. 8.Насос электродвигатели қувватини

қандай ҳисоблаш мумкин? 9. Поршенли насоснинг ишлаш принципини тушунтириб бера оласизми? Ҳаво қалпоқчалари насоснинг ишига қандай таъсир кўрсатади? 10. Поршенли ва плунжерли насосларнинг асосий камчилликларини қандай изоҳлайсиз? Бу турдаги насослар ёрдамида суюқликларни бир маромда узатиш учун қандай тавсиялар мавжуд? 11. Марказдан қочма типдаги насосларнинг ишлаш принципини тушунтириб беринг. Уларнинг босимини қандай усулларга кўра ортириш мумкин? 12. Марказдан қочма типдаги насосларнинг иш унумдорлиги, босими ва истеъмол қуввати ишчи ғилдиракнинг айланишлар частотасига боғлиқ эканлигини қандай изоҳлайсиз? 13. Суюқлик узатиладиган қувурлар тармоғининг гидравлик тавсифси маълум бўлса, танланаётган насоснинг ишчи нуқтаси қандай аниқланади? 14. Насосларнинг махсус турлари ҳақида нималарни биласиз? 15. Қандай турдаги насосларни қуйидаги мақсадларда қўллаш мумкин: а) юқори босимлар ҳосил қилиш; б) кўп миқдордаги суюқликларни узатиш. Жавобингизни жадвал маълумотлари шаклида ифодаланг.

## Мавзу: Газларни сиқиш ва узатиш

### Умумий маълумотлар

Газларни ҳам суюқликлар каби босимлар фарқи мавжуд бўлганидагина узатиш мумкин бўлади. Сиқилган газ босимини  $P_2$  унинг дастлабки босимига  $P_1$  нисбати ( $k=P_2/P_1$ ) газни сиқилиш даражаси деб юритилади. Газларни сиқиш ва узатиш учун компрессор машиналари қўлланилади.

Газни сиқиш даражаси катталигига кўра компрессор машиналар қуйидаги турларга ажратилади:

- вентиляторлар ( $k < 1,1$ ) - паст босимларда кўп миқдордаги газларни узатиш учун қўлланилади;
- газодувкалар ( $1,1 < k < 3$ ) - узоқ масофаларга ўртача босимли газни узатувчи қувурлар системасида қўлланилади;
- компрессорлар ( $k > 3$ ) - газларни юқори босимларгача сиқиш учун ишлатилади;
- вакуум-насослар - газларни ёпиқ системалардан атмосфера босимидан паст бўлган босимларда сўриб олиш учун қўлланилади.

Газларни сиқиш жараёнида уларнинг ҳажми  $V$  камаяди, босими  $P$  ортади ва ҳарорати  $T$  кўтарилади. Газнинг босими 1 МПа гача бўлганда юқоридаги учта катталикларнинг ўзаро боғланиши идеал газларнинг ҳолат тенгламаси билан ифодаланади.

Юқори босимли газларнинг босими, ҳажми ва ҳарорати ўртасидаги боғланиш Ван-дер-Ваалс тенгламаси билан ифодаланади:

$$(P + a/b^2)(v - b)RT, \quad (15-1)$$

бу ерда  $v$ - газнинг солиштирма ҳажми, м<sup>3</sup>/кг;  $R=8310$ /М- универсал газ доимийси, Ж/(кг.К);  $M$ - газнинг моляр массаси, кг/моль;  $P$ - газ босими, Па;  $T$ - газ ҳарорати, К;  $a$  ва  $b$ - коэффициентлар, уларнинг қийматлари маълумотномаларда берилади ёки критик ҳарорат  $T_{кр}$  ва критик босим  $P_{кр}$  қийматларига асосан ҳисобланиши ҳам мумкин

$$a = 27R^2T_{кр}^2/(64P_{кр}); \quad b = RT_{кр}/(8P_{кр}). \quad (15-2)$$

Газни сиқиш жараёни мобайнида иссиқлик ажралиб чиқади. Агар ушбу жараёнда иссиқлик ташқи муҳитга тортиб олинса жараён изотермик дейилади. Бу пайтда жараён (газ) ҳарорати ўзгармайди.

Адиабатик жараёнда ташқи муҳит ва система ўртасида иссиқлик алмашинмайди.

Реал шароитда, газни сиқиш пайтида ажраладиган иссиқликнинг бир қисми ташқи муҳитга тарқалади, бир қисми эса газни иситиш учун сарфланади. Бу жараён политропик жараён дейилади.

**Компрессор воситасида газларни сиқиш жараёнида бажарилган солиштирма иш миқдори  $L$  «ҳарорат - энтропия» ( $T$ - $S$ ) диаграммалари орқали график услубда аниқланади ёки аналитик йўл билан ҳисобланади.**

Агар сиқилаётган газнинг дастлабки  $P_1$  ва охириги  $P_2$  босимлари маълум бўлса, сиқиш жараёнида бажарилган ишнинг солиштирма миқдори ( $Ж/кг$ ) аналитик усулда, қуйидаги тенгламалар ёрдамида ҳисобланади:

- изотермик сиқиш жараёнида

$$L_{из} = P_1 v_1 \ln(P_2/P_1); \quad (15-3)$$

- адиабатик сиқиш жараёнида

$$L_{ад} = k/(k-1)P_1 v_1 [(P_2/P_1)^{(k-1)/k} - 1]; \quad (15-4)$$

- политропик сиқиш жараёнида

$$L_{пол} = m/(m-1)P_1 v_1 [(P_2/P_1)^{(m-1)/m} - 1], \quad (15-5)$$

бу тенгламаларда  $v_1$ - газнинг бошланғич шароитлардаги ( $P_1$  ва  $T_1$ ) солиштирма ҳажми,  $м^3/кг$ ;  $k=C_p/C_v$  адиабата кўрсаткичи;  $C_p$  ва  $C_v$ - газнинг ўзгармас босим ва ҳажмдаги иссиқлик сиғимлари,  $Ж/кг$ ;  $m$ - политропик кўрсаткич;  $m$  қиймати газ хоссалари ва системани атроф-муҳит билан иссиқлик алмашилиш шароитларига боғлиқ бўлади.

Сиқилган газнинг ҳарорати  $T_2$  қуйидаги тенгламалар ёрдамида аниқланади:

- изотермик жараён пайтида

$$T_2 = T_1; \quad (15-6)$$

- адиабатик жараён пайтида

$$T_2 = T_1(P_2/P_1)^{(k-1)/k}; \quad (15-7)$$

- политропик жараён пайтида

$$T_2 = T_1(P_2/P_1)^{(m-1)/m}. \quad (15-8)$$

Бир босқичли компрессор воситасида ҳавони сиқиш учун сарфланадиган назарий қувват миқдори ( $кВт$ )

$$N = V\rho L = (GL)/(3600 \cdot 1000 \eta_k), \quad (15-9)$$

бу ерда:  $V$ - компрессорнинг ҳажмий иш унумдорлиги,  $м^3/сек$ ;  $\rho$ - ҳавонинг зичлиги,  $кг/м^3$ ;  $L$ - ҳавони сиқиш учун сарфланган солиштирма иш миқдори,  $(15-3) \div (15-5)$  тенгламалар бўйича аниқланади,  $Ж/кг$ ;  $G$ - сиқилаётган ҳаво сарфи,  $кг/сек$ ;  $\eta_k$ - компрессорнинг умумий ф.и.к.

Компрессор валидаги қувват қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$N_B = N_H / (\eta_{из} \eta_{мех}), \quad (15-10)$$

бу ерда  $\eta_{из}=0,64 \div 0,78$ - изотермик ф.и.к.;  $\eta_{мех}=0,8 \div 0,95$ - механик узатмаларнинг ф.и.к.

Компрессор двигателининг истеъмол қуввати

$$N_{дв} = K_n N_H / (\eta_{из} \eta_{мех} \eta_{дв}), \quad (15-11)$$

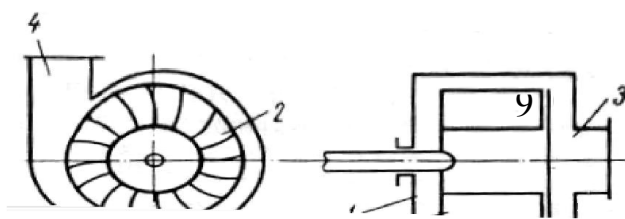
бу ерда  $K_n=1,1 \div 1,15$ - қўшимча қувват коэффициенти;  $\eta_{дв}$ - двигателнинг ф.и.к.

### Вентиляторлар

Вентиляторлар газларни кичик босимларда ( $P_2/P_1 < 1.1$ ) турли хил қурилмаларга узатиш, цехлардаги ҳавони циркуляция қилиш ва аспирация тизимларида чанг сўриш каби мақсадларда қўлланилади.

Ишлаш принципага кўра, марказдан қочма типдаги ёки ўқли (пропеллерли) вентиляторлар мавжуд.

**Марказдан қочма типдаги вентиляторнинг** (15.1-расм) асосий ишчи қисми спиралсимон корпус ичига ўрнатилган кўп парракли барабан (ишчи ғилдирак) ҳисобланади. Барабан консонли вал воситасида электродвигатель валига бевосита уланади.



-расм. Вентилятор схемаси: 1- корпус; 2- ишчи ғилдирак; 3- сўриш патрубкиси; 4- хайдаш патрубкиси.

Вентиляторга ҳаво (газ) барабан ўқи бўйича сўриш патрубкиси 3 орқали киради ва хайдаш патрубкисидан 4 чиқариб юборилади.

Ишчи ғилдирак (барабан) айланганда ҳаво ёки газ паррақлар билан бирга айланиб, ҳосил бўладиган марказдан қочма куч таъсири остида, паррақлар юзаси бўйлаб спиралсимон корпусга, ундан эса хайдаш патрубкисига ўтади. Бу пайтда ғилдирак марказида сийракланиш вужудга келади ва газнинг янги оқими атмосфера босими остида, корпуснинг сўриш патрубкиси орқали ғилдиракнинг марказий қисмига киради. Шу тариқа газ узатиш жараёни узлуксиз давом этади.

Вентилятор ҳосил қилиши мумкин бўлган босим қиймати ишчи ғилдиракка ўрнатилган паррақлар кенглигини уларнинг узунлигига нисбатидан боғлиқ. Юқори босимли ( $3 \cdot 10^3 \div 10^4$  Па) вентиляторларда бу нисбат қиймати кичик бўлади.

Паст босимли ( $< 10^3$  Па) вентиляторнинг ишчи ғилдирагидаги паррақлар унинг айланиш йўналишига тескари томонга, орқага қайрилган бўлади. Юқори босимли вентиляторларда паррақлар олд томонга эгилган бўлади.

Вентилятор корпуси, ишчи ғилдирак, паррак ва патрубкларни шакли ва ўлчамлари гидравлик қаршилиқларнинг минимал бўлиши заруриятдан келиб чиқиб, танланади.

Марказдан қочма типдаги вентиляторларнинг техник тавсифини белгиловчи катталиқлар (иш унумдорлиги  $Q$ , босими  $H$  ва ғилдиракнинг айланишлар частотаси  $n$ ) марказдан қочма типдаги насосларнинг ушбу турдаги параметрларига ўхшаш бўлади. Вентиляторлар учун ҳам пропорционаллик қонуни ўз кучини сақлайди.

Вентиляторларни танлаш услуги ҳам марказдан қочма типдаги насосларни танлаш услубига ўхшаш бўлиб, газ узатиш тармоғининг гидравлик ҳисоблари натижаларига кўра амалга оширилади.

Вентилятор валидаги қувват  $N_b$  (кВт) қиймати қуйидаги тенглама бўйича ҳисобланиши мумкин:

$$N_b = V H \rho g / \eta_{дв} = V \Delta P / \eta_{дв}, \quad (15-12)$$

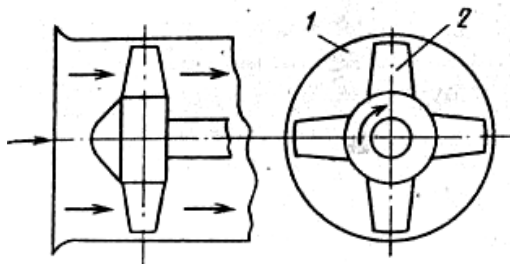
бу ерда  $V$ - вентиляторнинг ҳажмий иш унумдорлиги,  $m^3/сек$ ;  $H$ - вентилятор босими, Па;  $\rho$ - газнинг зичлиги,  $кг/м^3$ ,  $g = 9,81$   $m/c^2$ - эркин тушиш тезланиши;  $\Delta P$ - ҳавони узатиш пайтида вентилятор ҳосил қиладиган босим, Па;  $\eta_{дв} = \lambda_v \eta_r \eta_{мех}$ - вентиляторнинг ф.и.к.;  $\lambda_v$ - узатиш коэффициенти;  $\eta_r$ - гидравлик ф.и.к.;  $\eta_{мех}$ - механик ф.и.к.

Ҳавони узатиш пайтида вентилятор ҳосил қилиши мумкин бўлган босим қиймати қуйидагича аниқланади

$$\Delta P = (P_2 - P_a) / \rho g + \Delta P_c + \Delta P_x + v^2 \rho_x / 2, \quad (15-13)$$

бу ерда  $P_2$ - вентилятор узатаётган ҳавонинг босими, Па;  $P_a$ - вентилятор ҳаво сўраётган нуқтадаги (объектдаги) босим;  $v$ - вентиляция тармоғидан чиқаётган ҳавонинг тезлиги,  $m/сек$ ;  $\rho_x$ - ҳавонинг зичлиги,  $кг/м^3$ .

**Ўқли (пропеллерли) вентиляторлар** (15.2-расм) корпуси қисқа цилиндр шаклида бўлиб, унга ишчи ғилдирак ўрнатилган бўлади.



- расм. Ўқли вентилятор схемаси: 1- корпус; 2- ишчи ғилдирак.

Ишчи ғилдиракка винтсимон юза бўйлаб эгилган куракчалар – пропеллерлар ўрнатилади. Ишчи ғилдиракнинг айланиши пайтида куракчалар газни қамраб олади ва уни ғилдирак ўқи бўйлаб узатади.

Паррақлар юзасига газни ишқаланиш қаршилиги сезиларсиз ва вентиляторнинг газ оқимиغا кўрсатадиган қаршилиги кичик бўлганлиги учун ўқли вентиляторларнинг ф.и.к. юқори (0.6÷0.9) бўлади.

Ўқли вентиляторларнинг босими, марказдан қочма типдаги вентиляторларга нисбатан, 3÷4 мартаба кичик. Шу сабабдан, ўқли вентиляторлар гидравлик қаршилиги кичик бўлган узатиш тармоқлари бўйлаб катта миқдорлардаги газларни сўриш учун қўлланилади.

Ўқли вентиляторлар ихчам ва реверсив (икки томонлама йўналиш бўйича) айланиш қобилиятига эга.

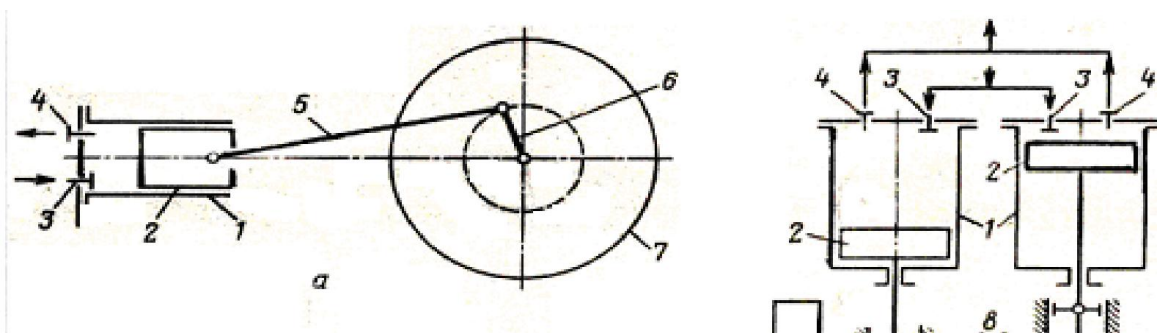
## Компрессорлар

Ишлаш принципига кўра компрессорлар марказдан қочма типда, роторли, поршенли ва ингичка оқимли турларга ажратилади. Уларнинг принципиал тузилиш схемалари худди шу типлардаги насосларнинг тузилиш схемаларига ўхшаш бўлади.

**Поршенли компрессорлар.** Ишчи цилиндр узунлиги бўйича поршенни бир мартаба бориб келиши туфайли амалга ошириладиган сўриш ва ҳайдаш (сиқиш) цикллари сонига кўра бир томонлама ёки оддий (сўриш ва ҳайдаш цикли) ҳамда икки томонлама (иккита сўриш ва иккита ҳайдаш цикли) ҳаракатланувчи компрессорлар мавжуд. Поршенли компрессорлар, газни сиқиш босқичлари сонига кўра, бир босқичли ва кўп босқичли бўлади.

Бир босқичли компрессорларда газ битта ёки параллел ишловчи бир нечта цилиндрларда сиқилади. Шунга кўра, компрессорлар бир цилиндрли ёки кўп цилиндрли бўлиши мумкин.

**Бир босқичли поршенли компрессор** (15.3-расм) поршенли насос каби тузилишга эга бўлиб, унинг ишчи цилиндрида 1 кривошип-шатунли механизм 6 ёрдамида илгариланма-қайтма ҳаракат қилувчи поршень 2 жойлашган.



расм. Поршенли компрессорларнинг тузилиш схемалари: а- бир цилиндрли бир томонлама сиқувчи компрессор; б- бир цилиндрли икки томонлама сиқувчи компрессор; в- икки цилиндрли икки томонлама сиқувчи компрессор; 1- ишчи цилиндр, 2- поршень; 3- сўриш клапани; 4- ҳайдаш клапани; 5- шатунъ; 6- кривошип; 7- маховик; 8- крейцкопф.

Поршень чапдан ўнг томонга ҳаракатланганда цилиндрда сийракланиш юзага келади ва сўриш клапани 3 очилиб, цилиндр 1 газга тўлади. Поршень орқага қайтганда эса, цилиндр ичидаги газнинг сиқилиши туфайли, сўриш клапани 3 ёпилади.

Цилиндрдаги босим маълум бир қийматларга етгач, ҳайдаш клапани 4 очилиб, газ ҳайдаш тармоғига узатилади. Шундай сўнг цикл қайтарилади.

Газ сиқилганда унинг ҳарорати кўтарилади. Юқори ҳарорат таъсирида “поршень-цилиндр” системасини ёглаб турувчи мойнинг куймаслиги ва ушбу системанинг нормал ишлаши учун цилиндр девори ташқи томондан совутилиб турилади.

Бир босқичли компрессорнинг иш унумдорлиги унча юқори бўлмаганлиги сабабли саноат корхоналарида икки томонлама газ сиқувчи поршенли компрессорлар кўп ишлатилади (15.3-расм, б- схема).

Бундай компрессорларнинг ишчи цилиндрида газ поршеннинг ҳар иккала томони билан навбатма-навбат сиқилади. Поршеннинг цилиндр бўйлаб бир маротаба бориб келиши натижасида газни икки марта сўриб олиш ва икки марта ҳайдаш акти амалга оширилади.

Икки томонлама газ сиқувчи поршенли компрессорнинг иш унумдорлиги бир томонлама газ сиқувчи компрессорнинг иш унумдорлигидан деярли икки баробар юқори, ўлчамлари эса деярли бир хил, аммо мураккаброқ тузилишга эга.

Икки цилиндрли бир томонлама газ сиқувчи компрессор тузилиш жиҳатдан иккита шу тартибда ишловчи компрессорлар мажмуасидир (15.3-расм, в-схема). Компрессорнинг поршенлари тирсакли валга, бир-бирига нисбатан  $90^\circ$  ёки  $180^\circ$  бурчак остида ўрнатилган кривошип орқали ҳаракатга келтирилади.

Сиқиш жараёнида турткиларни пасайтириш ва газ узатишни меъёрлаштириш мақсадида сиқилган газ дастлаб ресиверга, сўнгра эса ҳайдаш линиясига узатилади. Ресиверда газ мой ва намликдан тозаланади.

Вертикал цилиндрли компрессорлар горизонтал цилиндрли компрессорларга нисбатан бир қатор афзалликларга эга: улар горизонтал компрессорларга ( $n=100\div 240$  мин<sup>-1</sup>) нисбатан тез юрар ( $n=300\div 500$  мин<sup>-1</sup>) бўлгани учун иш унумдорлиги юқори, ихчамлиги сабабли ишлаб чиқариш майдонида кичик жой эгаллайди, цилиндр ва поршенларнинг емирилиш даражаси секин кечади.

Поршенли компрессорларнинг иш унумдорлиги вақт бирлиги ичида узатилган газнинг ҳажми билан аниқланади.

Бир томонлама сиқувчи компрессорнинг ҳақиқий иш унумдорлиги ( $\text{м}^3/\text{сек}$ ) қуйидаги тенглама ёрдамида ҳисоланади:

$$Q = \lambda F S n / 60, \quad (15-14)$$

бу ерда  $\lambda$ - узатиш коэффициентини;  $F$ - поршеннинг қўндаланг кесим юзаси,  $\text{м}^2$ ;  $S$ - поршень йўлининг узунлиги,  $\text{м}$ ;  $n$ - кривошипнинг айланиш частотаси,  $\text{мин}^{-1}$ .

Узатиш коэффициентининг қиймати  $\lambda = (0.8 \div 0.95) \lambda_0$  чегараларда қабул қилинади.

Компрессорнинг ҳажмий фойдали иш коэффициентини қуйидаги тенглама бўйича ҳисобланади

$$\lambda_0 = 1 - \varepsilon_0 [(P_2/P_1)^{1/m} - 1], \quad (15-15)$$

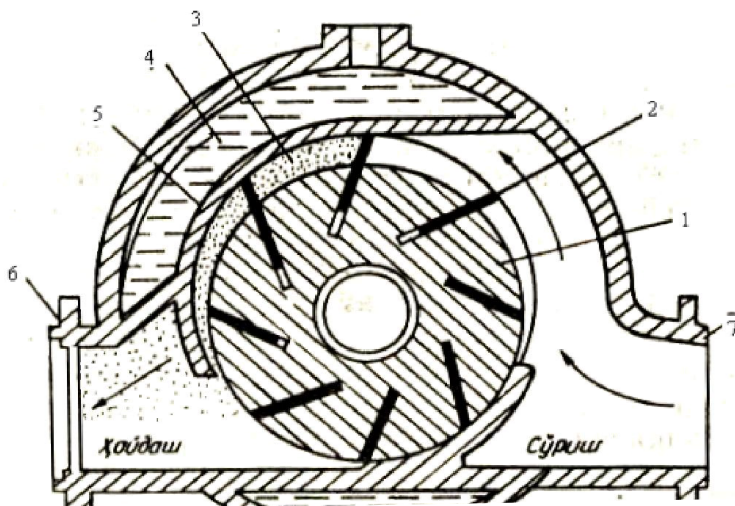
бу ерда  $\varepsilon_0 = V_k/V_1 = 0.03 \div 0.08$ ;  $V_k$ - цилиндрдаги бўшлиқнинг қолдиқ ҳажми;  $V_1$ - поршеннинг цилиндрда силжиши туфайли ҳосил бўладиган ишчи ҳажм;  $m = 1.2 \div 1.35$ - қолдиқ ҳажмдаги сиқилган газнинг кенгайишини политропик кўрсаткичи.

Кўп босқичли компрессорларнинг иш унумдорлиги уларнинг биринчи босқичини иш унумдорлиги билан аниқланади.

Поршенли компрессорларнинг фойдали иш коэффициентини юқори бўлиб, улар ёрдамида газларни кенг интервалда, 100 МПа гача сиқиш мумкин. Мазкур машиналарнинг асосий камчиликлари - газларни бир меъёра узатиб бўлмаслиги, иш унумдорлигининг пастлиги ва клапанларнинг кўплигидир.

**Роторли компрессорлар.** Конструктив белгиларига кўра роторли компрессорлар пластиналар, сув ҳалқачали, думалайдиган роторли, винтли, шестерняли ва бошқа турларга ажратилиши мумкин.

**Пластиналар компрессорлар** ва пластиналар насосларнинг тузилиши ва ишлаш принципи айнан ўхшаш бўлади (15.4-расм).



- расм. Пластиналар роторли компрессор схемаси: 1- ротор; 2- пластина; 3- ишчи бўшлиқ; 4- совутовчи сув камераси; 5- қобик; 6- ҳайдаш патрубкеси; 7- сўриш патрубкеси.

Компрессор корпусининг ички юзасига нисбатан унинг ротори муайян эксцентриситет билан жойлаштирилади.

Роторнинг ўйиқларига (пазларига) радиал йўналишда эркин суриладиган пластиналар жойлаштирилган. Пластиналар ротор ва корпус орасидаги ўроқсимон конструктив бўшлиқни бир нечта ўзаро тенг бўлмаган, ўзгарувчан ишчи ҳажмларга ажратади.

Сўриш патрубкеси ҳудудда пластиналар марказдан қочма куч таъсирида роторнинг ўйиқларидан сурилиб чиқади ва корпус деворларига куч билан зичланади. Бу

пайтда газ икки пластина орасидаги бўшлиққа киради. Ротор маълум бир бурчакча бурилганда пластиналар энг юқори нуқтага интилади. Бу пайтда бўшлиқнинг ишчи ҳажми аста-секин ортиб боради. Роторнинг келгуси бурчакларга бурилиши пазлардан тўла чиққан пластиналарни ўйиқларга қайта киришига сабаб бўлади. Натижада, пластинкалар орасидаги ишчи ҳажм аста-секин кичрайиб боради. Бу ҳажми тўлдирган газнинг босими ортиб, ҳарорати кўтарилади.

Роторнинг кейинги бурилишлари давомида ишчи ҳажм ҳайдаш патрубкиси бўшлиғи билан туташади ва бу ердан сиқилган газ ресиверга, ундан эса ҳайдаш тармоғига ўтади. Шундан сўнг, иш цикли қайтарилади.

Роторли компрессорлар ихчам, енгил, айланишлар частотаси катта, тузилиши оддий, кривошип-шатунли механизми бўлмаганлиги сабабли тиниқ ва равон ишлайди. Ротор валини электродвигатель валига бевосита улаш мумкин. Шу билан биргаликда, бу турдаги компрессорларнинг ф.и.к. кичик, сиқилган газ босими юқори эмас, тайёрлаш технологияси мураккаб ва уларни тез-тез сошлаб турилади.

Пластинали компрессорларнинг иш унумдорлиги ( $\text{м}^3/\text{сек}$ ) қуйидаги тенглама ёрдамида ҳисобланиши мумкин

$$Q = 2Len\lambda_v (\pi D - \delta z) \quad (15-16)$$

бу ерда  $L$ - пластиналар узунлиги,  $m$ ;  $e$ - роторнинг эксцентриситети,  $m$ ;  $n$ - роторни айланишлар частотаси,  $s^{-1}$ ;  $D$ - насос корпусининг ички диаметри,  $m$ ;  $\delta$ - пластина қалинлиги,  $m$ ;  $z=30\div 40$ - пластиналар сони;  $\lambda_v$ - узатиш коэффиценти. Одатда  $e/D=0,06\div 0,07$ .

Компрессорнинг узатиш коэффиценти қуйидагича ҳисобланади:

$$\lambda_v = 1 - K(P_2/P_1), \quad (15-17)$$

бу ерда  $K$ - коэффицент, кичик иш унумдорлигига ( $Q < 0.5 \text{ м}^3/\text{сек}$ ) эга бўлган компрессорлар учун  $K=0.1$ ; иш унумдорлиги юқори бўлган ( $Q > 0.5 \text{ м}^3/\text{сек}$ ) компрессорлар учун эса  $K = 0.05$ .

Компрессор валидаги қувват қиймати қуйидаги тенглама бўйича аниқланади

$$N = QP_1 \ln(P_2/P_1) / \eta . \quad (15-18)$$

Роторли компрессорлар бир босқичли ( $P_2 \leq 2.5\div 5 \text{ атм}$ ) ёки икки босқичли ( $P_2 = 8\div 15 \text{ атм}$ ) бўлади.

**Назорат саволлари:** 1. Газларни сиқиш даражасига кўра компрессор машиналари қандай туркумларга ажратилади? 2. Газларни изотермик, адиабатик ва политропик сиқиш жараёнларида бажарилган солиштирма иш миқдорини қандай ҳисоблаш мумкин? 3. Компрессор электродвигателининг истеъмол қуввати қайси бир катталиклардан боғлиқ бўлади? 4. Вентиляторларнинг ишлаш принципини тушунтириб бера оласизми? 5. Вентиляторлар қайси бир белгиларга кўра гуруҳларга ажратилади? Уларни танлаш услублари ҳақида нималарни биласиз? 6. Компрессорларнинг қандай турлари мавжуд? 7. Нима сабабдан поршенли компрессорда сиқилган газ дастлаб ресиверга узатилади? Ресивернинг вазифаси нимадан иборат? 8. Пластинали компрессор қандай афзалликларга эга? Унинг ишлаш принципини тушунтириб беринг. 9. Вакуум-насосларни қўллашдан кўзланган асосий технологик мақсадни тушунтириб беринг. 10. Вакуум-насосларнинг турлари ва уларни қўлланиш соҳалари ҳақида нималарни биласиз? 11. Буғ эжекторли вакуум-насоснинг ишлаш принципини тушунтириб беринг. Қайси бир ҳолатларда кўп босқичли буғ эжекторли вакуум-насослардан фойдаланилади?



## Мавзу: Сууюқлик мухитларини аралаштириш

### Умумий маълумотлар

«Сууюқлик-сууюқлик», «сууюқлик-газ» ва «сууюқлик-қаттиқ жисм» системаларида аралаштириш энг муҳим гидромеханик жараёнлардан бири бўлиб, асосан қуйидаги технологик мақсадларда қўлланилади:

- суспензия ҳосил қилиш, яъни қаттиқ жисм заррачаларини сууюқлик муҳитида ҳажман бир текисда тарқатиш;
- эмульсия ҳосил қилиш, яъни сууюқлик заррачаларини берилган ўлчамларгача майдалаш ва уларни сууюқлик муҳити ҳажми бўйлаб бир текисда тақсимлаш;
- барботаж жараёнларида газ пуфакчаларини сууюқлик ҳажмида бир хил тақсимланишига эришиш ёки сууюқликларни газ билан тўйинтириш (аэрация);
- сууюқликларни иситиш ёки совутиш жараёнларини тезлаштириш;
- ўзаро аралашадиган системалардаги модда алмашиниш жараёнларини (масалан, тузни сувда эритиш) жадаллаштириш;
- биотехнологик жараёнларни амалга ошириш.

Аралаштириш жараёнида ташқи куч (механик аралаштиргичлар, газ ва сууюқликнинг ингичка оқими) таъсирида муҳитга қўшимча импульс берилади. Натижада, қурилманинг ишчи ҳажмидаги сууюқлик муҳитининг макроскопик ҳажмдаги қатламлари бир-бирига нисбатан кўп маротаба силжийди.

Аралаштириш пайтида чегара қатламнинг қалинлиги камаяди ва ўзаро таъсир этувчи фазаларнинг контакт юзаси доимо янгиланиб туради. Бунда муҳитнинг турбулентлик даражаси ортиб, фазалар ўртасидаги иссиқлик ва модда алмашиниш шароитлари яхшиланади. Шу сабабдан, ишчи муҳитларни аралаштириш пайтида уларда кечадиган кимёвий, иссиқлик ва модда алмашиниш жараёнлари тезлашади.

Аралаштириш жараёни унинг интенсивлиги (тезлиги), қувват сарфи ва самарадорлиги билан тавсифланади.

Жараён интенсивлиги аралаштирилаётган сууюқликнинг бирлик ҳажмига  $\nu$  ёки массасига ( $\nu\rho$ ) сарфланаётган энергия миқдори ( $N/\nu$  ёки  $N/\nu\rho$ ) билан аниқланади.

Қурилмада аралаштирилаётган сууюқликнинг ҳаракат режими жараён интенсивлигидан боғлиқ бўлади.

Аралаштириш интенсивлигининг ортиши ҳар доим қўшимча энергия сарфи билан боғлиқ бўлади. Жараён интенсивлигининг ортишидан эришиладиган технологик самарадорлик эса аниқ белгиланган чегараларда чекланган бўлади. Шунинг учун жараён интенсивлиги энергия сарфи минимал бўлган ҳолатда максимал технологик самарадорликка эришиш шароитларидан келиб чиқиб, аниқланади.

Аралаштириш самарадорлиги тушунчаси жараённинг сифатли амалга оширилишини тавсифловчи технологик самара деб талқин этилади. Технологик мақсадлардан келиб чиқиб, аралаштириш самарадорлиги турлича ифодаланиши мумкин. Мисол учун, суспензия ва эмульсиялар тайёрлаш жараёнларида аралаштириш самарадорлиги фазаларнинг маҳсулот ҳажми бўйича бир хилда тақсимланиши билан тавсифланади. Иссиқлик алмашиниш жараёнларини тезлатиш пайтида эса ушбу катталиқ иссиқлик бериш коэффициентини қанчага ортгани билан таърифланади.

Аралаштириш қурилмасининг ҳажми бўйича фазаларнинг аралаштириш даражаси қуйидаги тенглама ёрдамида ифодаланади

$$i = 1 - \left( \sum_1^m \Delta x_1 / (100 - x_c) + \sum_1^n \Delta x_2 / x_c \right) / (m + n), \quad (16-1)$$

бу ерда  $x_c = 100V_{к\rho_k} / (V_{с\rho_c} + V_{к\rho_k})$  - идеал (тўлиқ) аралаштириш пайтида қаттиқ заррачаларнинг аралашма ҳажмидаги концентрацияси;  $V_k$  - тарқалаётган қаттиқ жисм заррачаларининг

асосий маҳсулотдаги ҳажми;  $V_c$ - қурилмадаги асосий маҳсулотнинг (суюқликнинг) ҳажми;  $\rho_k$  ва  $\rho_c$ - қаттиқ заррачалар ва суюқликнинг зичликлари;  $x$ - аралаштириш қурилмасидаги заррачалар концентрацияси, ўзгарувчан қиймат;  $\Delta x_1 = x - x_c$  - аралаштириш қурилмасидаги модда концентрация-ларининг мусбат фарқи;  $\Delta x_2 = x - x_c$  - қурилмадаги модда концентрация-ларининг манфий фарқи;  $m$ - мусбат ( $\Delta x_1 > 0$ ) ўлчов натижалари олинган намуналар сони;  $n$ - манфий ўлчов натижалари ( $\Delta x_2 < 0$ ) олинган намуналар сони.

Аралаштириш даражаси  $0 < i < 1$  чегараларда ўзгариши мумкин.

Саноат корхоналарида суюқликлар механик аралаштиргичлар ва турбулизаторлар ёрдамида, пневматик ва циркуляцион усулларда аралаштирилади.

**Механик аралаштириш** усули механик аралаштиргичларни айланма ёки тебранма ҳаракати туфайли амалга оширилади. Аралаштиргичлар вертикал, горизонтал ёки қия жойлаштирилган валга ўрнатилган паррақлар комбинациясидан иборат бўлади.

Суюқликни **пневматик аралаштириш** услубида унинг муайян қатлами орқали сиқилган инерт газ ўтказилади. Газни суюқликнинг кўндаланг кесими бўйлаб бир хилда тарқатиш учун барботёрлар қўлланилади. Барботёрлар перфорацияланган қувурдан ( $d = 10 \div 50$  мм) хочсимон ёки спиралсимон шаклларда тайёрланади. Саноат корхоналарида пластина ёки диск шаклида ишланган барботёрлар ҳам кенг қўлланилади.

Пневматик аралаштириш усули ишчи газни суюқликка таъсири натижасида маҳсулотнинг сифат кўрсаткичлари бузилмайдиган ҳолатлардагина қўлланилади.

**Циркуляцион аралаштириш** усулида аралаштирилаётган суюқлик «қурилма-насос-қурилма» ёпиқ системаси бўйича, насос воситасида, маълум бир вақт мобайнида узлуксиз ҳайдалади.

Вақт бирлиги ичида насос ёрдамида узатиладиган маҳсулот миқдорини қурилмадаги суюқлик ҳажмига нисбати циркуляциянинг каррали сони дейилади. Ушбу қиймат катталиги жараённинг интенсивлигини белгилайди.

**Турбулизаторлар ёрдамида аралаштириш** усулида суюқлик турли хилдаги турбулизаторлар (масалан, винтлар, спираллар ва х.) орқали ҳайдалади. Турбулизаторлар қурилмаларнинг ишчи қисмларига (масалан, киздириш трубкалари ичига) ўрнатилади.

### Аралаштириш қурилмасидаги суюқликнинг ҳаракати

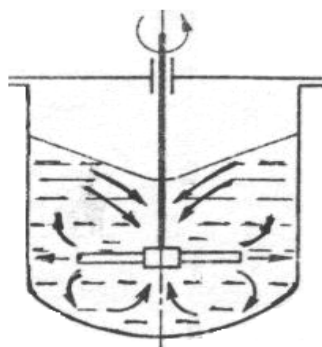
Механик аралаштириш мосламаси бўлган қурилмаларда ишчи органнинг айланма ҳаракати таъсирида суюқликнинг уч ўлчамли мураккаб оқими (тангенциал, радиал ва аксиал оқимлар) юзага келади. Агар суюқлик тезлиги  $v$  деб белгиланса,  $u$  ҳолда унинг тангенциал улуши  $v_t$ , радиал улуши  $v_r$  ва аксиал (ўқ бўйича) улуши  $v_z$  га тенг бўлади.

Тангенциал оқим барча типдаги аралаштиргичларни ишлаши пайтида ҳосил бўлади. Қурилмадаги суюқликнинг тангенциал оқими аралаштиргични айланиш тезлигига параллел бўлган концентрик айланалар бўйича ҳаракатланади. Оқимнинг тангенциал  $v_t$  тезлигини ўртача қиймати радиал  $v_r$  ва аксиал  $v_z$  тезликларнинг ўртача қийматларидан деярли 10 марта катта бўлади.  $v_t$  қиймати қурилманинг баландлиги бўйича сезиларли даражада ўзгармайди ва амалий жиҳатдан аралаштириш баландлигидан боғлиқ бўлмайди.

Тангенциал тезлик аралаштиргич диаметри  $d = 0.75D$  бўлганда максимал қийматга эга бўлади.

Аралаштиргич катта тезликларда айланганда ( $Re_m = 100$ ) аралаштирилаётган суюқлик марказдан қочма куч таъсирида мослама паррақлари юзасидан радиал йўналишда оқиб туша бошлайди. Радиал оқим аралаштиргичнинг айланиш ўқиға перпендикуляр бўлган йўналишда суюқликнинг идиш девори томон ҳаракати билан тавсифланади. Бу оқим аралаштиргичнинг айланиш юзаси бўйлаб ҳаракат қилиб, идиш деворига етгандан сўнг, икки қисмга бўлинади.

Оқимнинг биринчи қисми идиш девори бўйлаб унинг тубига томон йўналади, иккинчи қисми эса юқорига қараб, суюқликнинг эркин юзаси томон ҳаракатланади (16.1-расм). Шу тариқа радиал



-расм.Қурилмадаги суюқликни циркуляцияланиш схемаси.

оқимнинг юзага келиши натижасида аралаштиргич қамраб олган соҳа - паст босим зонаси пайдо бўлади. Бу соҳага суюқликнинг эркин юзасидан пастга ва идиш тубидан юқорига йўналган оқимлар интилади. Натижада, ушбу паст босим зонасида қурилманинг юзасидан пастга, паррак томонга йўналган ва идиш тубидан юқорига йўналган суюқликнинг аксиал оқими юзага келади. Аксиал оқим йўналиши аралаштиргичнинг айланиш ўқиға параллел бўлади.

Шундай қилиб, қурилмада суюқликнинг барқарор аксиал (меридиал) оқими ёки барқарор мажбурий циркуляция ҳосил бўлади.

### Механик аралаштириш мосламалари

Озиқ-овқат саноати корхоналарида қўлланиладиган барча механик аралаштиргичларни шартли равишда секин ва тез айланувчи мосламалар гуруҳига ажратиш мумкин. Секин айланувчи мосламалар (якорли, рамали ва б.) парраги учининг чизиқли тезлиги тахминан 1 м/с бўлади. Тез айланувчи аралаштиргичларнинг (пропеллерли, турбинали ва б.) чизиқли тезлиги эса 10 м/с га яқин бўлади.

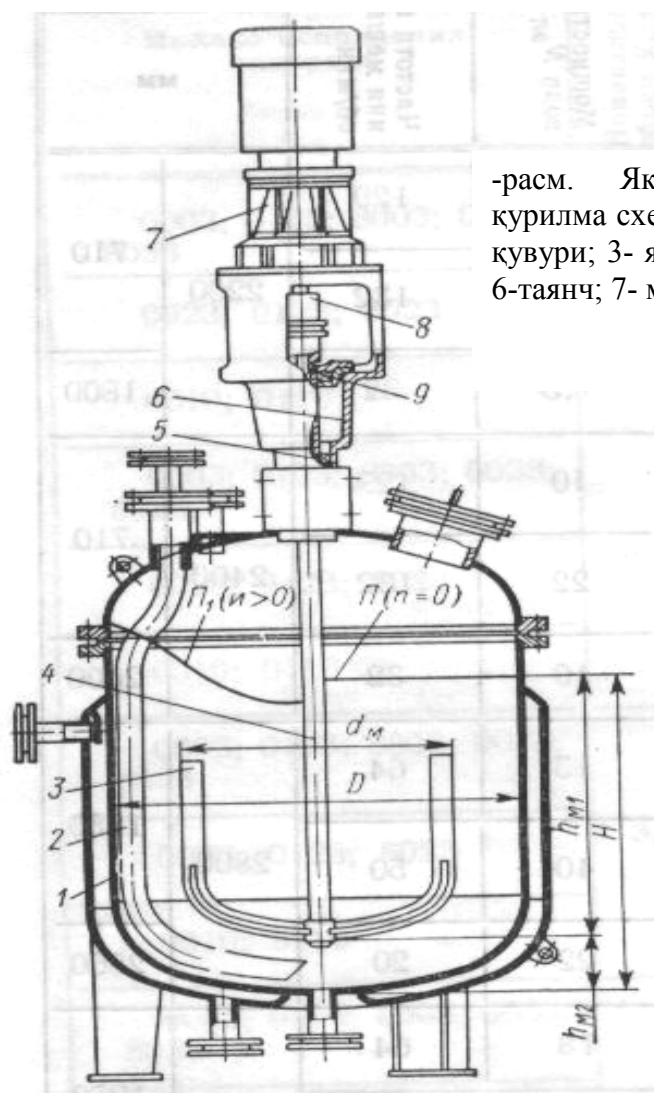
Саноатда энг кўп қўлланиладиган механик аралаштиргичлар тузилишига кўра парракли, пропеллерли ва турбинали синфларга ажратилади.

Ноньютон суюқликлари ва қовушқоқлиги ўта юқори бўлган пастасимон маҳсулотларни аралаштириш учун маҳсус турдаги аралаштиргичлар - винтли, шнекли, лентали, рамали, пичоқсимон ва бошқа мосламалар қўлланилади.

Айрим ҳолларда аралаштиргичлар суюқлик оқимининг асосий йўналишлари бўйича - тангенциал, радиал ва аксиал мосламалар гуруҳларига ҳам ажратилади.

Аралаштириш қурилмалари одатда аралаштиргич ўрнатилган вертикал идиш шаклида бўлиб, ишчи органнинг айланиш ўқи қурилманинг ўқиға параллел, перпендикуляр ёки қия текисликда жойлашган бўлади.

Бундай қурилмалар таркиби корпус, электродвигатель, редуктор, узатмалар ҳамда валга ўрнатилган аралаштириш мосламасидан иборат бўлади (16.6-расм).



-расм. Якорли аралаштиргичи бўлган қурилма схемаси: 1-корпус; 2-ортиқча босим қувири; 3- якорь; 4- вал; 5 ва 9- подшипник; 6-таянч; 7- мотор-редуктор; 8- муфта.

Қурилма цилиндрик корпус, остки ва юқориги қопқоқлардан иборат бўлади. Қурилмадаги ишчи босим қийматига кўра қопқоқлар ясси, эллиптик ва сферик шаклларда ишланади. Катта диаметрли қурилмаларда қўйи қопқоқ корпусга пайвандланган бўлади. Юқори қопқоқга ўлчов-назорат асбоблари, маҳсулот узатиш патрубкеси ва аралаштиргич юритмаси ўрнатилади.

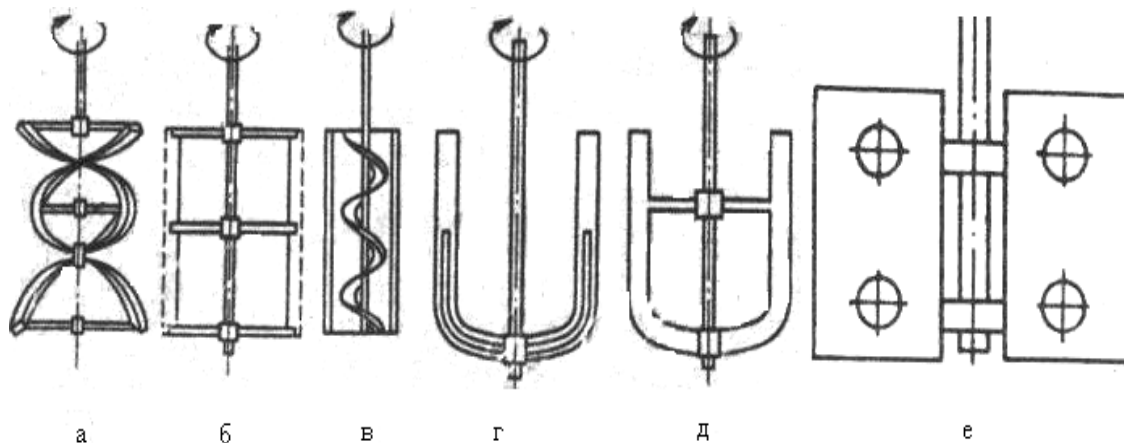
Қурилмага техник хизмат кўрсатиш учун цилиндрик корпусга катта ўлчамли туйнук пайвандланади. Қурилмада кечаётган жараёнлар махсус фонарлар воситасида кузатилиши мумкин. Қурилмага иссиқлик бериш ёки аралаштирилаётган суюқликни совутиш учун корпус гилофли бўлиши ёки унинг ичига змеевиклар ўрамаи ўрнатилиши мумкин.

Қурилма ичига ўрнатиладиган асосий ишчи орган - аралаштиргич тури ишлов бериладиган маҳсулотнинг қовушқоқлиги ва кўзланган технологик мақсадларга асосан танланади. Аралаштиргичлар идиш диаметри  $D$ , аралаштиргич диаметри  $d$ , парракнинг кенлиги  $b$  ва идиш тубидан аралаштириш мосламасигача бўлган масофа  $h$  каби конструктив параметрлар билан тавсифланади (16.1-жадвал). 16.1- жадвал.

Айрим аралаштиргич турларининг тавсифлари

Аралаштиргич тури	$\mu$ , Па с	$n$ , мин <sup>-1</sup>	$d = f(D)$	$b = f(D)$	$h = f(D)$
Парракли	$< 0,1$	$20 \div 80$	$(0,6 \div 0,9)D$	$(0,1 \div 0,2)D$	$\leq 0,3 D$
Пропеллерли	$< 6$	$150 \div 1000$	$(0,25 \div 0,33)D$		$(0,5 \div 1)D$
Турбинали	$< 500$	$200 \div 2000$	$(0,15 \div 0,6)D$		
Шнекли	$500$	$1 \div 4 \text{ с}^{-1}$			
Лентали	$3000$				

Озиқ-овқат саноати корхоналарида кенг қўлланиладиган айрим аралаштиргичларнинг тузилиши қуйидаги 16.7- ва 16.8-расмларда тасвирланган.



расм. Ўта юқори (а,б,в) ва ўртача (г,д,е) қовушқоқликка эга бўлган суюқликларни аралаштириш учун мосламалар: а- тасмали; б- тароқли; в- шнекли; г- якорли; д- рамали; е- япроқли.

**Парракли аралаштиргичлар** бир ёки бир нечта парракдан иборат бўлади. Улар қовушқоқлиги кичик бўлган суюқликларни аралаштириш учун мўлжалланган. Қовушқоқлиги катта бўлган суюқликлар кўп парракли ёки махсус тайёрланган аралаштиргичлар (масалан, якорли) воситасида аралаштирилади.

Парракли аралаштиргич вертикал ёки қия валга ўрнатилган тўртбурчак кесим юзали бир ёки бир нечта парракдан иборат бўлади. Парракли аралаштиргичлар гуруҳига махсус тайёрланадиган якорли, рамали ва япроқли аралаштиргичлар ҳам киритилади (16.7-расм, г-, д- ва е- схемалар).

Парракли аралаштиргичларни тузилиши содда ва тайёрланиши осон. Бу турдаги аралаштиргичларнинг насос эффекти паст бўлиши сабабли қурилма ҳажми бўйича суюқликни тўлиқ аралаштириш имконияти чегараланган. Аралаштирилаётган суюқлик ҳажми бўйича турбулентлик аста-секин ортади, циркуляция сони кичик. Шу сабабдан, ушбу аралаштиргичлар қовушқоқлиги кичик бўлган суюқликларни даврий равишда аралаштириш учун қўлланилади.

Баландлиги диаметрига нисбатан катта бўлган қурилмаларда ( $H/D > 1.5$ ) аралаштирилаётган суюқликнинг турбулентлигини ошириш учун вертикал валга икки парракли аралаштиргичлар бир-бирига нисбатан  $90^\circ$  га бурилган ҳолатда, бир неча қаторда ўрнатилади. Парраklar қаторининг оралиғи  $t = (0.3 \div 0.6)D$  чегараларда белгиланади.

Қовушқоқлиги  $\mu \leq 10$  МПа·с ва қиздирувчи юзали қурилмалардаги суюқликни аралаштириш учун **якорли ва рамали аралаштиргичлар** (16.7-расм, г- ва д-схемалар) қўлланилади. Бундай мосламаларнинг шакли ва ўлчамлари идишнинг ички юзаси ва ўлчамига монанд бўлади. Идиш девори ва ишчи орган орасидаги тирқиш кенглиги  $3 \div 10$  мм дан ортмайди. Аралаштиргични ишлаши пайтида қурилма туби ва деворларига ёпишган маҳсулот заррачалари узлуксиз равишда тозаланиб туради.

Япроқсимон аралаштиргич (-расм, е-схема) парраklarининг эни анча кенг бўлиб, аралаштирилаётган суюқликнинг тангенциал оқимини таъминлайди. Япроқсимон аралаштиргич парраklarидаги тешиklar айланма ҳаракат пайтида қўшимча оқимлар ҳосил қилади. Мосламанинг айланиш тезлиги ортган сари оқим ҳаракати ҳам мураккаблашиб, жараён интенсивлиги ортади.

**Япроксимон аралаштиргичларнинг** ўлчамлари куйидаги тавсиялар асосида аниқланади:  $d=(0.3\div 0.5)D$ ,  $b=(0.5\div 1.0)D$ ,  $h=(0.2\div 0.5)D$ . Мухит қовушқоқлигининг ортиши ва паррак энини кенгайтиши билан аралаштиргич тезлиги камаяди.

**Пропеллерли аралаштиргичларнинг** асосий ишчи органи бўлган пропеллер бир неча винтсимон суйри андозада бажарилган парракдан (қанотдан) иборат бўлади (16.8-рasm, а-схема). Саноат корхоналарида уч парракли пропеллерлар кенг тарқалган. Аралаштиргичнинг вали вертикал, горизонтал ёки қия ҳолатда жойлашган бўлиши мумкин. Суюқлик сатхи баландлигига кўра валга бир ёки бир нечта пропеллер ўрнатилиши мумкин.

Пропеллер қанотлари суюқликда худди винт каби ҳаракат қилади, катта тезликда ( $n=150\div 1000$  мин<sup>-1</sup>) уни яхши аралаштиради, самарали, аммо жараёни амалга ошириш учун кўп энергия сарфланади.

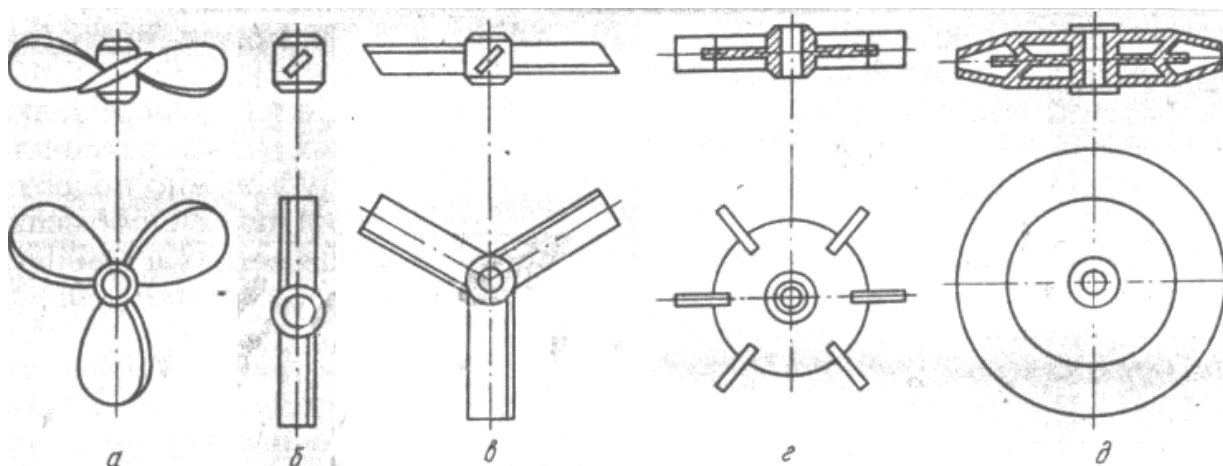
Пропеллерли аралаштиргичлар асосан ўқ бўйича бўйлама оқимлар ҳосил қилади. Шу сабабли, уларнинг насос эффекти юқори бўлади. Бу эса жараён даврини сезиларли даражада қисқартиради. Шу билан бирга, пропеллерли аралаштиргичларнинг тузилиши мураккаб, уларнинг самарадорлиги ўрнатилиш ҳолати ва қурилма шаклидан боғлиқ бўлади.

Пропеллерли аралаштиргичлар қовушқоқлиги  $\mu\leq 2\text{Па}\cdot\text{с}$  бўлган суюқликларни аралаштириш, эритмалар ва эмульсиялар тайёрлаш ва катта ҳажмдаги суюқликларни гомогенизация қилиш каби мақсадлар учун қўлланилади.

Пропеллерли аралаштиргичларнинг ўлчамлари ўртасида нисбатлар -жадвалда ифодаланган.

**Турбинали аралаштиргичнинг** асосий ишчи органи вертикал ўқга ўрнатилган ясси, қия ва эгри чизиқ бўйича тайёрланган куракли (парракли) турбина ғилдирагидир (16.8-рasm, г- ва д-схемалар). Турбинали аралаштиргич очик ёки ёпиқ типда бўлиб, асосан радиал оқимларни юзага келтиради. Суюқлик аралаштиргичнинг марказий тешикларидан кириб, у ерда марказдан қочма куч таъсирида тезланиш олган ҳолда, ғилдиракдан парраklar юзаси бўйлаб радиал йўналишда чиқиб кетади.

Агар турбина катта тезликларда айланса, идишдаги суюқликнинг радиал оқими билан бир қаторда тангенциал оқим ҳам юзага келиши ва гирдоб ҳосил бўлиши мумкин. Суюқликнинг айланма ҳаракатини ва гирдоб ҳосил бўлиш эҳтимолини камайтириш мақсадида қурилма деворига қайтарувчи тўсиклар ўрнатилади.



рasm. Тез айланувчи аралаштиргичлар: а- пропеллерли; б- икки парракли; в- уч парракли; г- очик турбинали; д- ёпиқ турбинали.

Турбинали аралаштиргичларнинг самарадорлиги жуда юқори бўлиб, иссиқлик алмашилиш жараёнларини тезлаштириш, катта ҳажмдаги суюқликларни аралаштириш ( $\mu \leq 500$  Па·с), таркибида катта ўлчамли ( $d \leq 25$  мм) заррачалар тутган суспензияларни аралаштириш, эритиш жараёнларини амалга ошириш каби мақсадларда қўлланилади.

Суюқлик сатхининг идиш диаметрига нисбати  $H/D < 2$  бўлган ҳолатлар учун турбинали аралаштиргичнинг диаметри  $d = (0.15 \div 0.65)D$ , айланишлари сони  $n = 2 \div 5$  с<sup>-1</sup> ва уларнинг чизикли тезлиги  $3 \div 8$  м/сек чегараларда бўлади.

Саноатда шнекли, лентали, планетар, вибрацион ва бошқа турдаги аралаштиргичлардан қовушқоқлиги ўта юқори бўлган суюқликларни ва пастасимон маҳсулотларни аралаштириш учун фойдаланилади (16.7- расм, а-, б- ва в-схемалар).

**Назорат саволлари:** 1.Озиқ-овқат маҳсулотлари технологиясида суюқликларни аралаштириш йўли билан қандай жараёнларни амалга ошириш мумкин? 2.Суюқликни аралаштириш жараёни механизмини тушунтириб беринг. 3.Аралаштириш жараёнини тавсифловчи қандай катталикларни биласиз? 4.Маҳсулотни аралаштирилиш даражаси қайси бир тенглама ёрдамида аниқланади? 5.Суюқликларни аралаштиришнинг қандай усуллари мавжуд? Ушбу усуллар моҳиятини изоҳлаб беринг. 6.Аралаштириш қурилмасида суюқлик қандай тартибларда ҳаракатланади? Ушбу ҳаракатни ифодаловчи қандай катталиклар мавжуд? 7.Суюқлик гирдобининг ҳосил бўлиш механизмини тушунтириб беринг. Ушбу ҳодисани механик аралаштириш жараёнига нисбатан ижобий ва салбий таъсири ҳақида нималарни биласиз? 8.Механик аралаштиргичларнинг қандай турлари мавжуд? 9.Аниқ бир жараённи амалга ошириш учун аралаштириш мосламаси қандай танланади? 10.Механик аралаштиргичли ихтиёрий бир қурилманинг схемасини чиза оласизми? Ушбу қурилманинг ишлаш принципи ва ундаги жараённинг кечиш тартибини тушунтириб беринг. 11.Механик аралаштириш жараёни учун энергия сарфи қандай аниқланади? 12.Циркуляцион аралаштириш усулининг моҳиятини қандай тушунасиш? 13.Аралаштиргичли қурилмаларда оқим тезлиги қандай тақсимланишини тасвирланг. 14.Аралаштиргичнинг насос эффекти деганда нимани тушунасиш? 15.Қандай мақсадлар учун аралаштириш қурилмаларида оқимни қайтарувчи тўсиқлар ўрнатилади? 16.Пневматик аралаштириш усули қандай мақсадларни амалга ошириш учун қўлланилади? 17.Барботаж жараёни механизмини тушунтириб беринг. Ушбу жараённи тавсифловчи қандай катталиклар мавжуд? 18.Барботаж жараёни учун газ сарфи қандай аниқланади?

### **Мавзу: Турли жинсли системаларни ажратиш Турли жинсли системаларнинг турлари**

Барча суюқлик системаларини иккита катта гуруҳга - гомоген (бир жинсли) ва гетероген (турли жинсли) системаларга ажратиш мумкин.

Тоза суюқлик ва ундаги маълум бир модданинг эритмасини гомоген система дейиш мумкин. Гетероген суюқлик системасининг таркиби суюқлик ва унда эримайдиган қаттиқ модданинг майда заррачаларидан иборат бўлади. Гетероген системаларни дисперс системалар деб ҳам юритилади.

Технологик жараёнларни амалга ошириш пайтида «суюқлик- газ», «газ- қаттиқ модда» ва «суюқлик- қаттиқ модда» фазаларидан таркиб топган турли жинсли системалар ҳосил бўлади.

Кўриниб турибдики, ҳар қандай гетероген система таркиби икки ёки ундан ортиқ фазадан иборат бўлади. Заррачалари ўта майда бўлган фаза дисперс (ички) фаза, уларни ўраб олган фаза эса дисперсион (ташқи) фаза деб таърифланади.

Фазаларнинг физик ҳолатига кўра турли жинсли системалар суспензиялар, эмульсиялар, кўпиклар, чанглар, тутунлар ва туманлар гуруҳларига ажратилади.

**Суспензия** суюқлик ва қаттиқ модда заррачаларидан иборат бўлади. Қаттиқ модда заррачаларининг ўлчамларига ( $d$ ) кўра суспензиялар куйидаги шартли гуруҳларга ажратилиши мумкин:

- дағал суспензиялар –  $d > 100$  мкм;
- майин суспензиялар –  $d = 0,5 \div 100$  мкм;
- лойқа суспензиялар –  $d = 0,1 \div 0,5$  мкм;
- коллоид эритмалар -  $d \leq 0,1$  мкм;

Икки хил суюқликни ўзаро аралаштирилиши туфайли **эмульсия** ҳосил бўлади. Бунда биринчи суюқликнинг ичида иккинчи, унда эримайдиган суюқлик томчилари тарқалган бўлади. Эмульсиялар вақт ўтиши билан, оғирлик кучи таъсирида, қатламларга ажралиб қолиши мумкин. Бундай ҳолатнинг олдини олиш ва аралашма барқарорлигини ошириш мақсадида уларга стабилловчи моддалар қўшилиши ёки суюқлик томчиларининг ўлчамларини кичрайтириш ( $d < 0,4 \div 0,5$  мкм) мақсадида гомогенизация қилиниши мумкин.

Суюқлик қатлами орқали газ аралашмаларини ўтказиш жараёнида **кўпиклар** ҳосил бўлади. Кўпиклар ўз таркибида газ пуфакчалари тутган суюқлик системалари сифатида тавсифланади, улар ўз хоссаларига кўра эмульсияларга яқин туради.

Ўз таркибида қаттиқ модданинг майда заррачаларини ( $d = 5 \div 100$  мкм) тутган газ системалари **чанглар** дейилади. Чанглар қаттиқ моддаларни механик услубларда майдалаш ва уларни ҳаво ёрдамида узатиш пайтида ҳосил бўлади.

**Тутун** таркибида  $0,3 \div 5$  мкм ўлчамли қаттиқ модда заррачалари бўлиб, одатда қаттиқ ва суюқ ёқилғиларни ёниши пайтида ҳосил бўлади.

**Туман** таркибан суюқлик ва газ фазаларидан иборат бўлиб, сув буғларини ҳаво ёрдамида совутиш ёки буғларни конденсацияланиши натижасида ҳосил бўлади. Туман таркибидаги суюқлик заррачалари ўлчами  $0,3 \div 3$  мкм атрофида бўлади.

Чанг, тутун ва туманлар аэродисперс системалар ёки аэрозоллар деб ҳам юритилади.

Турли жинсли системалар дисперс фаза концентрацияси ва уни ташкил этувчи заррачаларнинг ўлчамлари билан тавсифланади. Турлича ўлчамли заррачалардан иборат бўлган дисперс системалар **полидисперс системалар** дейилади. Бундай системалар фракциявий (дисперсиявий) таркиби билан тавсифланади. Агар системадаги заррачаларнинг ўлчамлари бир хил (ёки шунга яқин) бўлса, бундай системалар **монодисперс системалар** деб юритилади.

Кўплаб дисперс фазалар барқарор бўлмайди, уларнинг таркибий заррачалари катталашуви хусусиятига эга бўлади. Томчилар ёки газ пуфакчаларини ёпишган ҳолатда ўзаро бирикиши (катталашуви) **коалесценция** дейилади. Қаттиқ заррачаларни бири-бирига зичлашуви туфайли катталашуви жараёни эса **коагуляция** деб номланади.

Эмульсия ва кўпикларнинг дисперс фазаларини маълум бир концентрацияларида **фазалар инверсияси** юз беради. Бу пайтда ташқи фаза ички фазага, ички фаза эса ташқи фазага айланади.

### Турли жинсли системаларни ажратиш усуллари

Кимё ва қурилиш материаллари технологиясининг бир қатор босқичларида турли жинсли системаларни ажратиш билан боғлиқ муҳандислик масалалари кўплаб учрайди. Масалан, хом-ашёларни ишлаб чиқаришга тайёрлаш, вино ва суслоларни тиниклаштириш, (яъни улар таркибидан эркин сузиб юривчи заррачаларни ажратиб олиш), ўсимлик мойини тиндириш ва филтрлаш, ўстирилган товар ҳамиртурушни суюқлик муҳитидан ажратиш



олиш, пиво таркибидан ачитқиларни ажратиш, дон маҳсулотларини қайта ишлаш жараёнларида ҳосил бўлувчи чангли ҳавони тозалаш, оқава сувларни тиндириш каби бир қатор операциялар гетероген системаларни ажратиш жараёнларига мисол бўлади.

Самарали ажратиш усулларини танлаш пайтида турли жинсли системаларни ташкил этувчи фазалар ҳолати, уларнинг ўлчамлари, зичликлари ўртасидаги фарқ ва муҳитнинг қовушқоқлиги эътиборга олинади.

Турли жинсли системаларни ажратиш учун қўйидаги гидромеханик усуллардан фойдаланилади:

- чўктириш;
- фильтрлаш;
- центрифугалаш;
- суюқлик ёрдамида ажратиш.

Оғирлик кучи, инерция кучлари, жумладан марказдан қочма куч ва электростатик кучлар таъсирида суюқ ва газ системалари таркибидан суюқлик ёки қаттиқ жисм заррачаларини ажратиш олиш усули **чўктириш** деб юритилади. Агар чўктириш оғирлик кучи таъсирида амалга оширилса, бу жараён **тиндириш** дейилади ва ундан бирламчи ажратиш услуги сифатида фойдаланилади.

Суюқ ва газсимон аралашмаларни ғовак структурали материал (фильтрловчи материал) ёрдамида ажратиш **фильтрлаш** деб аталади. Ушбу жараённи амалга ошириш пайтида суюқлик ва газ фильтрловчи материал ғоваклари орқали ўтади, қаттиқ модда заррачалари эса материал юзасида ушланиб қолади. Фильтрлаш жараёни асосан суспензия ва чанглари босим остида ёки марказдан қочма куч таъсирида тўла тозалаш учун қўлланилади.

Суспензия ва эмульсияларни марказдан қочма кучлар таъсирида, яхлит ёки ғовакли тўсиқлар ёрдамида ажратилса, бу жараён **центрифугалаш** деб аталади. Ушбу жараён пайтида **чўкма** (қаттиқ фаза) ва **фугат** (тиник суюқлик фазаси) ҳосил бўлади.

**Суюқлик ёрдамида ажратиш** усули асосан газлар таркибидаги қаттиқ жисмнинг ўта майда заррачаларини ушлаб қолиш учун қўлланилади. Жараён оғирлик ёки инерция кучлари таъсирида олиб борилади.

### Ажратиш жараёнларининг моддий баланси

Турли жинсли системаларни ажратиш жараёнларининг моддий баланси тенгламаларини келтириб чиқариш учун қуйидаги белгилашларни қабул қиламиз:  $G_{сп}$ ,  $G_T$ , ва  $G_ч$ - дастлабки аралашма (суспензия), тиндирилган (тозаланган) суюқлик ва чўкманинг массавий сарфлари, кг/сек;  $x_{сп}$ ,  $x_T$  ва  $x_ч$ - дисперс (қаттиқ) фазани суспензиядаги, тозаланган суюқликдаги ва чўкмадаги концентрацияси (массавий улуши), %.

Моддалар йўқотилишини ҳисобга олмаган ҳолда, ажратиш жараёнининг моддий баланси тенгламалари қуйидагича ёзилади:

- умумий ҳолда, барча моддалар учун

$$G_{сп} = G_T + G_ч; \quad (17-1)$$

- дисперс фаза бўйича

$$G_{сп}x_{сп} = G_Tx_T + G_чx_ч. \quad (17-2)$$

Суспензия сарфи ва заррачалар концентрациясининг  $x_{сп}$ ,  $x_T$  ва  $x_ч$  қийматлари олдиндан маълум бўлса, у ҳолда тозаланган суюқлик сарфи

$$G_T = G_{сп}(x_ч - x_{сп}) / (x_ч - x_T) \quad (17-3)$$

ва чўкма миқдори

$$G_ч = G_{сп}(x_{сп} - x_T) / (x_ч - x_T) \quad (17-4)$$

аниқланади.

Юқорида келтирилган тенгламалар чўктириш ва фильтрлаш жараёнларининг барча турлари учун ҳам қўлланилиши мумкин.

Айрим ҳолатларда, ҳисоблаш жараёнида ҳажмий сарф  $V$  ( $\text{м}^3/\text{сек}$ ) ва ҳажмий улушларда ифодаланган концентрациялардан  $a$  ( $\text{м}^3/\text{м}^3$ ) фойдаланилади. Бу пайтда катталиклар қийматларини бир ўлчов системасидан иккинчисига ўтказиш учун гетероген аралашманинг шартли зичлиги  $\rho_{\text{ар}}$  тушунчаси киритилади:

$$\rho_{\text{ар}} = a_T \rho_T + (1 - a_T) \rho = [x_T / \rho_T + (1 - x_T) / \rho]^{-1}, \quad (17-5)$$

бу ерда  $\rho$ - суюқлик (ёки газ) муҳитининг зичлиги;  $\rho_T$ - дисперс (қаттиқ заррача) фазанинг зичлиги;  $a_T$  ва  $x_T$ - дисперс фазанинг ҳажмий ва массавий улушларда ифодаланган концентрациялари.

Турли жинсли системани ажратиш усуллариининг самарадорлиги газни ёки суюқликни тозаланиш даражаси  $\eta$  (%) билан баҳоланади

$$\eta = (C_1 - C_2) 100 / C_1, \quad (17-6)$$

бу ерда  $C_1$  ва  $C_2$ - газ ёки суюқлик таркибидаги дисперс заррачаларни ажратиш жараёнига қадар ( $C_1$ ) ва ажратилгандан кейинги ( $C_2$ ) концентрациялари.

### Чўктириш жараёнлари

**Тиндириш.** Тиндириш жараёнида чангли газлар ёки суспензиялар таркибидаги қаттиқ модда заррачалари оғирлик кучи таъсирида ишчи қурилма тубига чўқади. Эмульсиялар оғирлик кучи ва ташқи омиллар (вақт, ҳарорат ва б.) таъсирида қатламларга ажралади.

Тиндириш жараёнининг ҳаракатлантирувчи кучи (оғирлик кучи) кичик бўлганлиги сабабли унинг тезлиги ҳам кичик бўлади. Шу сабабли, тиндириш бирламчи ажратиш усули сифатида қўлланилади. Тиндириш усули мавжуд гидродинамик ажратиш усулларига нисбатан энг содда ва арзондир. Шу билан бирга, тиндириш энг узоқ вақт давом этадиган жараён ҳамдир. Жараён самарадорлиги қаттиқ заррачалар ўлчамларидан (катталигидан) боғлиқ бўлади.

Чўктириш тезлиги ва вақти тиндириш жараёнини тавсифловчи асосий катталиклар бўлиб ҳисобланади.

Чўктириш тезлигини ифодаловчи тенгламани келтириб чиқариш учун шар шаклидаги заррачанинг суюқлик муҳитида эркин чўкишини кўриб чиқамиз.

Чўқаётган заррачага оғирлик кучи  $G$ , кўтариш (Архимед) кучи  $A$  ва муҳитнинг қаршилик кучи  $R$  таъсир этади (17.1-расм). Ушбу кучлар катталиги қуйидагича ифодаланади:

- оғирлик кучи

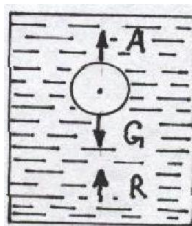
$$G = (\pi d^3 / 6) \rho g; \quad (17-7)$$

- Архимед кучи

$$A = (\pi d^3 / 6) \rho_M g, \quad (17-8)$$

бу ерда  $d$ - заррачанинг диаметри,  $m$ ;  $g$  - эркин тушиш тезланиши;  $\rho$  ва  $\rho_M$ - заррача ва муҳитнинг зичликлари,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Муҳитнинг қаршилиги  $R$  заррачанинг ҳаракат йўналишига қарама-қарши бўлиб, унинг таркиби ишқаланиш ва инерция кучларидан ташкил топган бўлади.



- расм. Эркин чўқаётган заррачага таъсир этувчи кучлар схемаси.

Жараённи ҳаракатлантирувчи омил сифатида оғирлик ва Архимед кучлари ўртасидаги фарқ  $(G-A)$  қабул қилинади:

$$(G-A) = (\pi d^3 / 6) \rho g - (\pi d^3 / 6) \rho_M g = (\pi d^3 / 6) g (\rho - \rho_M). \quad (17-9)$$

Чўктириш жараёни одатда жуда секин, ламинар режимда амалга оширилади. Чўқаётган заррачани ўлчами ва ҳаракатланиш тезлиги кичик бўлганда (ламинар режим)

ёки мухитни қовушқоклиги юқори бўлганда заррача юзаси суюқликнинг чегара қатлами билан қопланган бўлади. Бундай ҳолатда оқим заррачани силлиқ айланиб ўтади, унинг энергияси асосан ишқаланиш кучлари қаршилигини енгиш учун сарфланади.

Ламинар оқимда ишқаланиш кучлари инерция кучларига нисбатан катта қийматга эга бўлади. Шунинг учун, Стокс қонунига кўра, шар шаклидаги заррачанинг чўкишига мухитни кўрсатадиган қаршилик кучи қуйидагича ифодаланади

$$R = 3\pi\mu d\omega, \quad (17-10)$$

бу ерда  $\mu$ - мухитнинг динамик қовушқоклиги, (Н·с)/м<sup>2</sup>;  $\omega$ - заррачанинг эркин чўкиш тезлиги, м/с.

Заррача дастлаб тезроқ чўкади. Сўнгра, бироз вақт ўтгач, мухитнинг қаршилик кучи жараёни ҳаракатлантирувчи кучига тенг бўлганда ( $R=G-A$ )

$$(\pi d^3/6)g(\rho-\rho_m) = 3\pi\mu d\omega, \quad (17-11)$$

заррача ўзгармас тезлик билан чўка бошлайди. Бу ўзгармас тезлик **чўкиш тезлиги** дейилади. Унинг қиймати (17-11) тенглама асосида қуйидагича ифодаланади

$$\omega = d^2g(\rho-\rho_m)/18\mu. \quad (17-12)$$

Ушбу (17-12) тенглама Стокс тенгламаси дейилади ва ундан  $Re < 2$  бўлган ҳолларда заррачанинг чўкиш тезлигини аниқлаш учун фойдаланилади.

Оқимнинг турбулентлиги ортиши билан ( $2 < Re < 500$ ) инерция кучларини таъсири орта бошлайди. Инерция кучлари таъсири остида заррача юзасидаги суюқликнинг чегара қатлами ундан ажралади. Натижада ҳаракатланаётган заррачанинг орқа томонида суюқлик босими камаяди ва уюрмавий оқимлар пайдо бўлади. Бу пайтда заррачанинг олди ва орқасидаги суюқлик босимлари фарқи ламинар режимдаги босимлар фарқидан катта бўлади. Бу ҳолат мухитнинг қаршилигини ортишига сабаб бўлади. Натижада заррачанинг чўкиш тезлиги секинлашади.

Турбулент режимда ( $Re < 500$ ) инерция кучлари ишқаланиш кучларидан катта бўлади. Ушбу ҳолатда, Ньютон қонунига биноан, мухитнинг қаршилик кучи

$$R = \xi F \rho_m \omega^2 / 2, \quad (17-13)$$

бу ерда  $\xi$ - қаршилик коэффициенти;  $F$ - заррачани ҳаракат йўналишига перпендикуляр бўлган текисликка туширилган проекцияси, шар шаклидаги заррача учун  $F = \pi d^2/4$ .

Қаршилик коэффициенти қиймати  $Re$  критерийсининг сон қийматига кўра қуйидагича аниқланади:

- ламинар режим учун,  $Re \leq 2$  бўлганда,  $\xi = 24/Re$ ;
- оралик режим учун,  $2 < Re < 500$  бўлганда,  $\xi = 18,5/Re^{0,6}$ ;
- тўлиқ турбулент (автомодел) режим учун,  $500 < Re < 2 \cdot 10^5$  чегараларда,  $\xi = 0,44$ .

Турбулент режимда чўкаётган заррачанинг мувозанат ҳолати заррачани ҳаракатлантирувчи кучлар ва мухитнинг қаршилик кучлари тенглиги билан ифодаланади

$$(\pi d^3/6)g(\rho-\rho_m) = \xi F \rho_m \omega^2 / 2, \quad (17-14)$$

Ушбу тенгламадан шарсимон заррачанинг чўкиш тезлиги

$$\omega = [4gd(\rho-\rho_m)/(3\xi\rho_m)]^{1/2}. \quad (17-15)$$

Шарсимон шаклга эга бўлмаган заррачалар учун қаршилик коэффициенти  $\xi$  қиймати  $Re$  критерийси ва шакл коэффициентидан  $k_1$  боғлиқ бўлади. Шакл коэффициенти маълум ҳажмдаги шар юзасини  $f_{ш}$  худди шу ҳажмдаги қаттиқ жисм заррачаси юзасига  $f$  бўлган нисбати билан ифодаланади

$$k_1 = f_{ш}/f < 1.$$

Шарсимон бўлмаган заррачаларнинг чўкиш тезлиги

$$\omega' = k_1 \omega, \quad (17-16)$$

бу ерда  $k_1$ - шакл коэффициенти, унинг қиймати: шарсимон заррача учун  $k_1=1.0$ ; думалок заррача учун  $k_1=0.77$ , учбурчак шаклдаги заррачалар учун  $k_1=0.66$ ; узунчоқ заррачалар учун  $k_1=0.58$  ва пластинкасимон заррачалар учун эса  $k_1=0.43$ .

Табиий шароитларда чўктириш жараёни муайян ҳажмларда ва бир-бири билан ўзаро ишқаланувчи заррачалар концентрацияси юқори бўлган шароитларда, яъни

сиқилган ҳолатда, амалга ошади. Заррачаларни ушбу ҳолатдаги чўкиш тезлиги эркин чўкиш тезлигидан кичик бўлади. Заррачаларни бир-бирига ишқаланиши ва тўқнашувини ҳисобга олиб, сиқилган ҳолатдаги чўкиш тезлиги

$$\omega'' = 0.5\omega'$$

деб қабул қилинади. Бу пайтда нотўғри шаклга эга бўлган заррачаларнинг эквивалент диаметри

$$d_3 = (6V_3/\pi)^{1/2}$$

ҳисобланиб, чўкиш тезлигига тегишли тузатишлар киритилади.

Барча режимлар учун, сиқилган ҳолатдаги заррачанинг чўкиш тезлигини аниқлаш учун қуйидаги универсал ифодадан фойдаланиш тавсия этилган

$$Re = \frac{Ar\varepsilon^{.75}}{18 + 0.6\sqrt{Ar\varepsilon^{.75}}}, \quad (17-17)$$

бу ерда  $Ar = d^3 \rho g (\rho - \rho_m) / \mu^2$  - Архимед критерйси;  $\varepsilon = (V_0 - V) / V_{сп}$  - суюқликни суспензиядаги ҳажмий улуши;  $V_0$  - суспензиядаги суюқлик ҳажми,  $m^3$ ;  $V$  - қаттиқ жисм зарраларининг суспензиядаги ҳажми,  $m^3$ ;  $V_c$  - суспензия ҳажми,  $m^3$ ;  $Re = \omega'' \rho_m d_3 / \mu_m$  - Рейнольдс мезони.

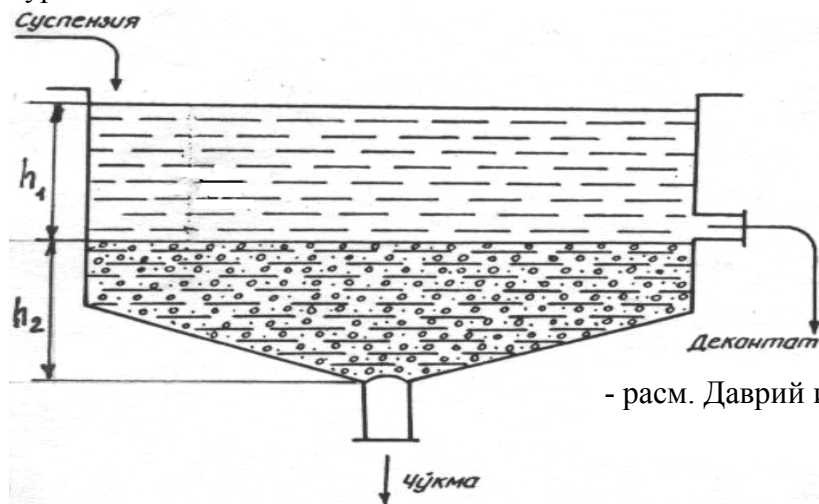
Ушбу тенглама бўйича дастлаб  $Ar$  ва  $\varepsilon$  нинг қийматлари аниқланади, сўнгра тенгламанинг ўнг томони бўйича  $Re$  мезонининг сон қиймати ҳисобланади. Шундан сўнг  $Re$  мезони ифодасидан чўкиш тезлиги аниқланади

$$\omega'' = Re \mu_m / (\rho_m d). \quad (17-18)$$

Чўкиш жараёнини жадаллаштириш учун аралашмани қиздириш ёки унга коагулянтлар қўшиш мумкин. Ҳароратнинг кўтарилиши муҳит қовушқоқлигини камайтиради. Коагулянтлар (бентонит, пектин моддалари, полиакриламид, карбоксиметилцеллюлоза ва б.) таъсирида майда заррачалар ўзаро бирлашиб, катта группалар (конгломератлар) ҳосил қилади ва бунинг натижасида чўкиш тезлиги ортади.

**Тиндириш қурилмалари.** Оғирлик кучи таъсирида чўктириш жараёни содда тузилишга эга бўлган чўктирувчи ва қуйилтирувчи қурилмаларда олиб борилади. Бундай қурилмалар даврий, узлуксиз ва ярим узлуксиз режимларда ишлайди. Узлуксиз ишловчи қурилмалар бир, икки ва ундан ортиқ ярусли бўлиши мумкин.

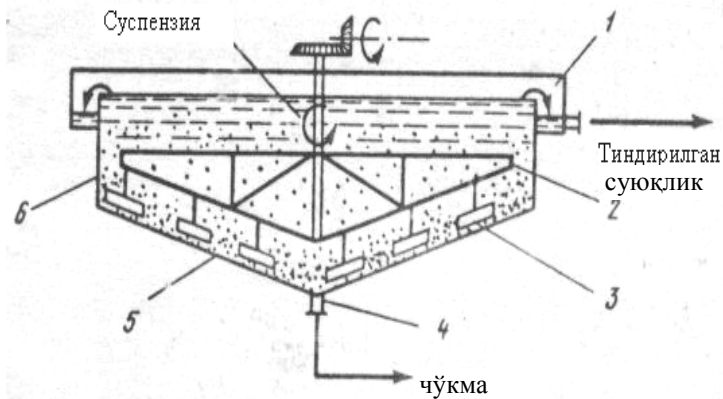
Даврий ишлайдиган чўктириш қурилмаси (17.2-расм) конус асосли цилиндр шаклидаги идиш кўринишида бўлади. Унга суспензия юқоридан берилади. Аралашма таркибидаги фазаларнинг зичликлари ўртасидаги фарқ  $(\rho - \rho_m)$  туфайли суспензия маълум бир вақт ичида тиндирилади. Натижада қурилманинг юқори қисмида баландлиги  $h_1$  бўлган тозаланган суюқлик сатҳи ва идиш тубида  $h_2$  қалинликдаги чўктирилган лойқа қатлами ҳосил бўлади. Тиниқ суюқлик (декантат) қурилманинг ён томонида жойлашган штуцердан, чўкма ва ювинди сувлар эса унинг тубидан туширилади. Жараён тугагач қурилма ювилади ва қайта юкланади.



- расм. Даврий ишловчи тиндиргич схемаси.

Ажратилаётган заррачаларнинг зичлиги тиндирилаётган суюқлик зичлигидан кичик бўлса ( $\rho \leq \rho_m$ ), у ҳолда чиқиндилар қурилманинг юқори қисмида, суюқлик фазасининг эркин юзасида тўпланади. Тиндирилган фаза қурилманинг қўйи қисмидан даврий равишда тушириб турилади.

Ушбу типдаги тиндириш қурилмаларининг айрим турлари аралаштирувчи мосламалар (тароқлар) билан жиҳозланади. Бундай қурилмани (-расм) самарадорлиги юқори, чўқиндиларни қурилма тубининг ўртасига йиғиш ва тушириш имконияти мавжуд.

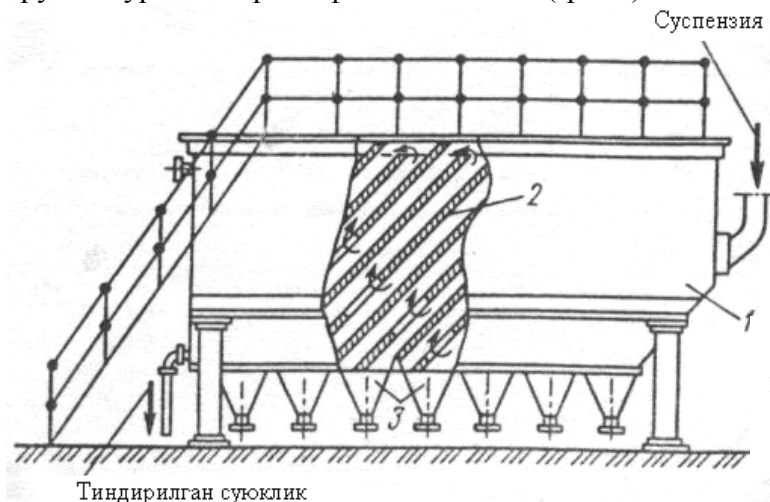


-расм. Узлуксиз ишловчи чўктириш қурилмаси: 1- ҳалқа-симон тарнов; 2- аралаштириш мосламаси; 3- паррак (сурувчи тароқ); 4- чўкма тушириш мосла-маси; 5- конуссимон тублик; 6- цилиндрик идиш.

Тароқлар ҳаракати ўта кичик ( $n=0,02 \div 0,05 \text{ мин}^{-1}$ ) бўлганлиги сабабли чўкиш жараёнига салбий таъсир кўрсатмайди.

Юқорида таърифи келтирилган қурилмаларнинг диаметрлари катта (бино ичида  $12 \div 20 \text{ м}$ , очик майдонларда  $\leq 120 \text{ м}$ ), баландлиги эса анча кичик бўлади. Ажратилган чўкма таркибидаги намлик 60% гача бўлади.

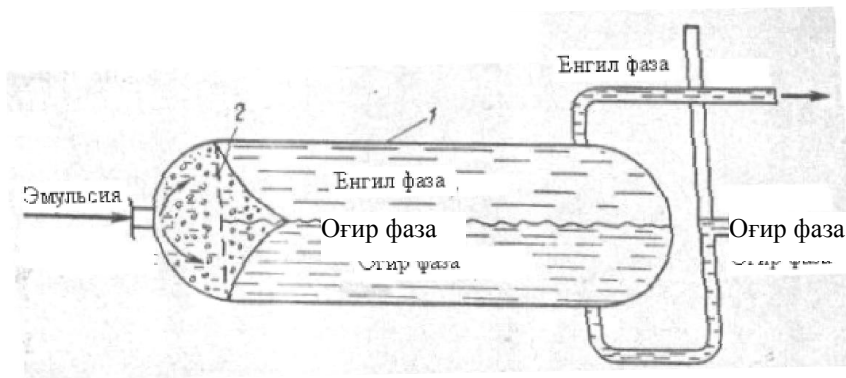
Чўктириш қурилмалари эгаллайдиган майдонларни қисқартириш мақсадида кўп ярусли қурилмалардан фойдаланилади (-расм).



- расм. Кўп ярусли чўктириш қурилмаси: 1- корпус; 2- қия тўсиқ; 3- бункер.

Эмульсияларни узлуксиз равишда ажратиш учун қўлланиладиган тиндиргичнинг принципаал схемаси 17.5-расмда тасвирланган. Қурилма перфорацияланган тўсиқли 2 горизонтал резервуар 1 шаклида бажарилган. Тўсиқнинг асосий вазифаси қурилмага берилаётган эмульсия оқими таъсирида идишдаги суюқлик аралашмасининг тўлқинланишини олдини олишдан иборатдир.

Фазаларнинг ўзаро аралашувини олдини олиш ва ажратиш жараёнини бир маромда олиб борилишини таъминлаш мақсадида қурилмадаги оқим режими ламинар бўлиши керак. Қатламларга ажралаётган суюқликлар тиндиргич панжарасининг қарама-қарши томонидан чиқарилади. Оғир фракция чиқариладиган қуйи қувурда ҳавонинг тўпланишини олдини олиш мақсадида у тескари сифон шаклида ишланади ва атмосфера ҳавоси билан туташтирилади.



-расм. Эмульсия ажратувчи қурилма схемаси: 1- корпус; 2- перфорацияланган тўсик.

**Назорат саволлари:** 1.«Гетероген система» атамасига таъриф беринг. Фазаларнинг физик ҳолатига кўра гетероген системалар қандай гуруҳларга ажратилиши мумкин? Уларга таъриф беринг. 2.«Коагуляция», «полидисперс система» ва «монодисперс система» атамаларига таъриф беринг. 3.Турли жинсли системаларни ажратишнинг қандай усуллари мавжуд? Ушбу усулларнинг моҳиятини тушунтириб беринг. 4.Ажратиш жараёнларининг моддий баланси тенгламаларидан қандай технологик мақсадларда фойдаланиш мумкин? 5.Тиндириш жараёни моҳиятини тушунтириб беринг. Ушбу жараённинг ҳаракатлантирувчи кучи қандай аниқланади? 6.Ламинар ва турбулент режимларда қаттиқ заррачанинг эркин чўкиш тезлиги қайси бир тенгламалар ёрдамида аниқланади? 7.Эркин ва сиқилган ҳолатларда чўкиш ўртасида қандай фарқлар мавжуд? Сиқилган ҳолатдаги заррачанинг чўкиш тезлиги қандай аниқланади? 8.Суспензияларни тиндирувчи қурилмаларнинг қандай турлари мавжуд? Уларнинг самарадорлигини таққослай оласизми? 9.Тиндиргичларни ҳисоблаш услубини тушунтириб беринг. 10.Марказдан қочма куч майдонида чўктириш жараёни моҳиятини тушунтириб беринг. Ушбу усулнинг самарадорлиги қандай омилларга боғлиқ бўлади? 12.Гидроциклоннинг ишлаш принципини тушунтириб беринг. Гидроциклондаги суспензияни ажратиш омили қандай катталиклардан боғлиқ бўлади? Жавобларингизни ҳисоблашлар асосида изохлаб беринг. 13.Гидроциклонларни ҳисоблаш қайси тартибда олиб борилади? 14.Центрифугаларнинг қандай турлари мавжуд? Центрифугаларда амалга ошириладиган жараёнларни ҳаракатлантирувчи куч қандай ифодаланади?

## Мавзу: Суспензияларни филтрлаш

### Умумий маълумотлар

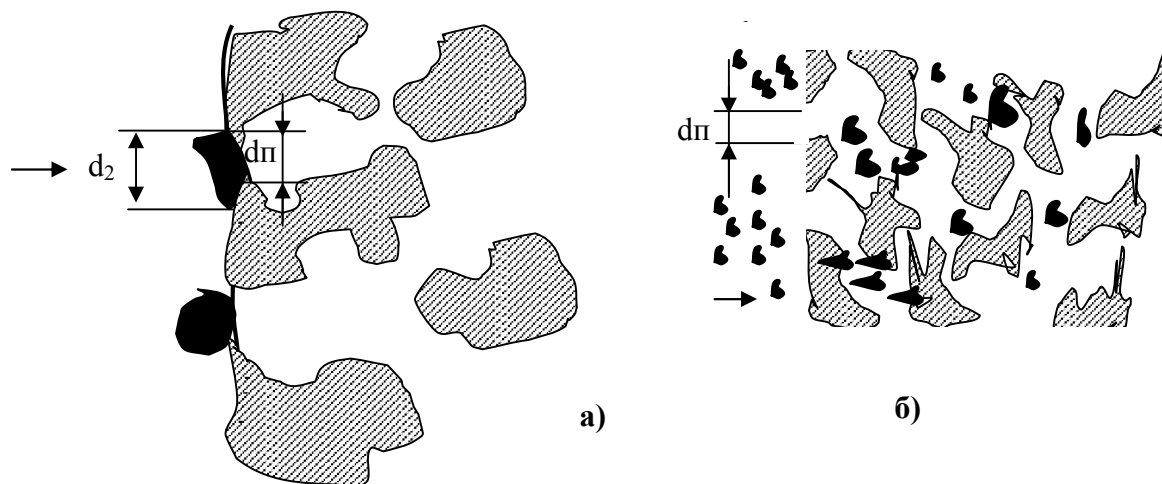
Суспензия ва чангли газларни филтрловчи тўсиклар орқали ўтказиш йўли билан тозалаш жараёни филтрлаш дейилади. Жараён давомида суюқлик ёки газ филтрловчи тўсик ғовакларидан ўтиб кетади, ғоваклар ўлчамидан катта бўлган заррачалар эса тўсик юзасига чўкма шаклида йиғилади. Келгусида чўкманинг ўзи ҳам филтрловчи материал бўлиб хизмат қилади.

Филтрловчи материал сифатида майда тешикли тўрлар, ипли газламалар, сочилувчан материаллар (кум, шағал, писта кўмир, бентонитлар), керамика, жун, синтетик материаллар ва бошқалар ишлатилади. Ушбу материаллар ишчи муҳит (аралашма) таъсирига кимёвий жиҳатдан барқарор, пишиқ ва ҳарорат таъсирига чидамли бўлиши керак.

Фильтрлаш жараёнида аралашманинг айрим майда заррачалари фильтрловчи материал ғоваklarини тўлдиради. Шунга кўра, фильтрлашнинг қуйидаги иккита услуби мавжуд:

- чўкма қатлами ҳосил қилиш йўли билан фильтрлаш;
- фильтрловчи материал ғоваklarини тўлдириш орқали фильтрлаш.

Суспензия таркибидан ажратиб олинадиган қаттиқ заррачаларни ўртача диаметри  $d_2$  фильтрловчи материал ғоваklари ўлчамидан  $d_n$  катта бўлган ҳолларда (18.1-рasm, а-схема) фильтр тўсиқ юзасида чўкма ҳосил бўлади. Фильтрлашнинг бундай услуби суспензия таркибидаги заррачаларнинг массавий концентрацияси 1% дан ортиқ бўлганда қўлланилади.



-рasm. Фильтрлаш схемаси: а- чўкма ҳосил бўлиши; в- ғоваklarни заррачалар (қора рангда) билан тўлиши.

Агар суспензия таркибидаги қаттиқ заррачаларнинг ўртача ўлчами фильтрловчи материал ғоваklари ўлчамларидан кичик бўлса, у ҳолда заррачалар ғоваklar ичига кириб, уларни тўлдиради. (18.1- рasm, в-схема). Ғоваklarнинг тўлиб бориши билан суюқлик фазасини ўтиши қийинлашади. Бу эса фильтрлаш қурилмасининг иш унумдорлигини пасайтиради. Шу сабабдан, фильтрловчи материал даврий равишда, тоза суюқликнинг тескари йўналишдаги оқими билан ювиб тозаланади.

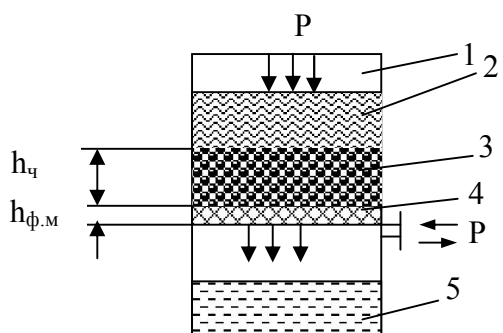
Реал шароитларда фильтрлаш жараёнлари бир пайтнинг ўзида ғоваklarни майда заррачалар билан тўлиши ва фильтрловчи юзада чўкма қатламининг ҳосил бўлиши билан амалга оширилади.

Фильтрлаш жараёнининг интенсивлиги дастлабки технологик босқичлар пайтида ҳосил бўлган суспензия сифатига боғлиқ бўлади. Суспензия таркибидаги мумлар, шилимшиқ ва коллоид моддалар жараён боришини сустлаштиради. Шу сабабдан фильтрлаш жараёни суспензия заррачаларидан каттароқ ўлчамга эга бўлган ёрдамчи материаллар иштирокида амалга оширилади. Бундай материалларнинг махсус сувли аралашмаси жараён бошланишидан аввал фильтрга ҳайдалиб, фильтрловчи тўсиқ юзасига қатлам шаклида қопланади.

Активланган кўмир, перлит, диатомит, кизельгур, фиброфло ва аксанит иккиламчи фильтрловчи материал бўлиб ҳисобланади. Улар чўкма билан аралашиб, унинг ғоваклигини оширади. Натижада чўкманинг гидравлик қаршилиги камаяди. Ушбу

материаллар гуруҳи абсорбциялаш хусусиятига эга бўлганлиги учун фильтрат тиник бўлади.

*Саноатда чўкма ҳосил қилиш йўли билан филтрлаш усули (18.2-расм) кенг тарқалган. Жараён мобайнида ҳосил бўлган чўкма, филтрланаётган суюқлик хоссасига кўра, сиқилувчан (босим остида деформацияланувчи) ва сиқилмайдиган бўлиши мумкин. Филтрловчи материаллар тузилишига кўра сиқилувчан (бикир) ва сиқилмас бўлиши мумкин.*



**- расм. Филтрлаш жараёни схемаси:**  
**1- корпус; 2- суспензия қатлами; 3- чўкма қатлами; 4- филтрловчи материал; 5- филтрат.**

Филтрлаш жараёнининг ҳаракатлантирувчи кучи вазифасини филтр-тўсиқдан олдинги ва ундан кейинги босимлар фарқи бажаради. Марказдан қочма куч майдонида филтрлаш жараёнида эса бу куч суюқликнинг филтрловчи юзага кўрсатадиган босими туфайли юзага келади.

Жараённи ҳаракатлантирувчи кучнинг турига кўра босим (босимлар фарқи) остида филтрлаш ва марказдан қочма кучлар майдонида филтрлаш (центрифугалаш) усуллари мавжуд.

Филтр-тўсиқнинг ҳар иккала томонидаги босимлар фарқи саноат корхоналарида қуйидаги усуллар билан ҳосил қилинади:

- филтр-тўсиқ юзасига кўрсатиладиган ортиқча босим ҳосил қилиш;
- суспензия устунининг массасидан фойдаланиш ( $\Delta P \leq 0.05 \text{ МПа}$ );
- филтр-тўсиқ остида сийракланиш ҳосил қилиш ( $\Delta P \leq 0.05 \div 0.09 \text{ МПа}$ );
- филтрланувчи суюқликни марказдан қочма типдаги насослар ёрдамида қурилмага ҳайдаш ( $\Delta P \leq 0.5 \text{ МПа}$ );
- филтрланувчи суюқлик сатҳига сиқилган ҳаво бериш ( $\Delta P \leq 0.05 \div 0.3 \text{ МПа}$ ).

Филтрлаш жараёни уч хил режимда олиб борилади:

- доимий ўзгармас босимлар фарқи билан ( $\Delta P = \text{const}$ ) филтрлаш;
- доимий филтрлаш тезлиги билан ( $dV/dt = \text{const}$ ) филтрлаш;
- босимлар фарқи ва филтрлаш тезлиги бир вақтнинг ўзида ўзгариб турувчи ҳолатда филтрлаш.

Филтрлаш жараёни турли хил суюқликларни тозалаш ёки улар таркибидан тайёр маҳсулотни ажратиш олиш мақсадида амалга оширилади.

Суспензия ва эритмаларни тозалаш мақсадида филтрлаш пайтида улар таркибидан ёт чиқитлар ажратиш олинади. Вино ва виноматериалларни тиниклаштириш, сутни бирламчи тозалаш, пиво таркибидан ачитқиларни ажратиш каби операциялар ушбу жараёнлар туркумига киради.

Биокимёвий маҳсулот ишлаб чиқариш жараёнларида ачитқи суспензиялари таркибидан ажратилган чўкма (нон маҳсулотлари учун ҳамиртуруш, озуқавий ачитқилар) яқуний технологик маҳсулот ҳисобланади.



Фильтрловчи материалнинг бирлик юзасидан  $F$  вақт бирлиги  $dt$  ичида ўтган суюқлик (фильтрат) ҳажми  $dV$  фильтрлаш тезлиги  $\omega$  ( $m^3/m^2c$ ,  $m/c$ ) дейилади.

$$\omega = dV/Fdt . \quad (18-1)$$

Фильтрловчи материал ва чўкма ғовакларининг ўлчами ўта кичиклиги ҳамда суюқликни ғоваклар орқали ўтиш тезлиги кичик бўлганлиги учун фильтрлаш жараёни асосан ламинар режимда амалга оширилади. Бу пайтда жараён тезлиги фильтр-тўсиқнинг ҳар иккала томонидаги босимлар фарқига  $\Delta P$  тўғри, суюқликни қовушқоқлиги  $\mu$ , чўкма ва фильтрловчи материалнинг гидравлик қаршиликларига ( $R_q$  ,  $R_{ф.м}$ ) эса тескари мутаносибликда бўлади.

$$\omega = \Delta P/\mu(R_q + R_{ф.м}). \quad (18-2)$$

(18-1) ва (18-2) тенгламаларни ўзаро тенглаштирсак фильтрлаш жараёнининг асосий дифференциал тенгласига эга бўламиз

$$dV/(Fd\tau) = \Delta P/\mu(R_q + R_{ф.м}) . \quad (18-3)$$

Фильтратни материал ғоваклари бўйлаб ўтишига тўсқинлик қилувчи гидравлик қаршилик  $\Delta P$  (Па) Гаген-Пуазейл тенгласи бўйича аниқланади

$$\Delta P = 32L\mu \omega/d^2, \quad (18-4)$$

бу ерда  $\Delta P$ - босимлар фарқи, Па;  $L$ - чўкма ва фильтр-тўсиқ каналларининг узунлиги, м;  $\mu$ -фильтратнинг қовушқоқлиги, Па·с;  $\omega$ - каналлардаги фильтрлат тезлиги, м/с;  $d$ -каналларнинг диаметри, м.

Амалий жиҳатдан фильтрловчи тўсиқнинг гидравлик қаршилиги деярли ўзгармайди  $R_{ф.м} = \text{const}$ . Чўкманинг гидравлик қаршилиги жараён бошланишидан олдин нулга тенг ( $\tau=0$ ,  $R_q=0$ ), жараён якунида эса максимал қийматга эга бўлади. Жараён юқори босимлар фарқи остида кечиши сабабли, чўкма ҳосил бўлишига оғирлик кучи остида чўқишнинг таъсири ҳисобга олинмайди. Шунинг учун чўкма ҳажми  $V_q$  фильтрлат ҳажмига  $V_\phi$  тўғри мутаносибликда бўлади

$$V_q = x_o V_\phi , \quad (18-5)$$

бу ерда  $x_o$ - суспензиядаги қаттиқ фаза концентрацияси ва чўкманинг структурасидан боғлиқ бўлган мутаносиблик коэффициентини.

$x_o$  қиймати тажрибалар асосида аниқланади ва  $1m^3$  фильтрлат йиғиб олиш пайтида ҳосил бўлган чўкма ҳажми деб талқин этилади.

Фильтр-тўсиқ юзасида ҳосил бўлган  $h_q$  баландликдаги чўкма қатламининг ҳажми қуйидагича ифодаланади

$$V_q = h_q F. \quad (18-6)$$

У ҳолда, (18-5) ва (18-6) тенгламаларни тенглаштириш асосида, чўкма қатламининг баландлигини аниқлаймиз

$$h_q = x_o V/F. \quad (18-7)$$

Чўкма қатламининг суюқлик оқимида кўрсатадиган қаршилиги қуйидагича ифодаланади

$$R_q = r_o h_q , \quad (18-8)$$

бу ерда  $r_o$ - чўкма қатламининг ҳажм жиҳатидан олинган солиштирма қаршилиги,  $m^{-2}$ .

(18-7) тенгламадаги  $h_q$  ифодасини (18-8) тенгламага киритсак, чўкма қатламининг қаршилигининг фильтрлат ҳажмига боғлиқлигини ифодаловчи тенгламага эга бўламиз

$$R_q = r_o x_o V/F . \quad (18-9)$$

$R_q$  якуний ифодасини (18-9) ҳисобга олиб, жараённинг дифференциал тенгласини (18-3) қуйидагича ёзиш мумкин

$$dV/(Fd\tau) = \Delta P/[\mu(r_o x_o V/F + R_{ф.м})]. \quad (18-10)$$

Ушбу дифференциал тенгламани ечиш асосида жараённинг бир қатор хусусий ҳолатлари учун филтрлаш тенгламаларини келтириб чиқариш мумкин бўлади.

### Филтрловчи қурилмалар

Филтрловчи қурилмалар ишлаш принципи, ишчи муҳит ва филтрловчи материалнинг турлари ҳамда ишчи босим қийматига кўра гуруҳларга ажратилади.

Иш режимига кўра даврий ва узлуксиз ишловчи филтрлар мавжуд. Даврий ва узлуксиз режимда ишловчи филтрларда жараён чўкма ҳосил қилиш йўли билан олиб борилади. Филтрловчи материал ғовақларини тўлдириш усулида ўтказиладиган жараёнлар фақат даврий ишловчи қурилмалардагина амалга оширилади. Бундай қурилмаларда мавжуд филтрлаш усулларининг барчасини ҳам амалга ошириш мумкин.

Узлуксиз ишловчи филтрларда жараён босимлар фарқи ўзгармас бўлган режимларда олиб борилади.

Босимлар фарқини ҳосил қилиш усулига кўра вакуум-филтрлар ва босим остида ишловчи филтрлар мавжуд.

Филтрлардаги ишчи босим суюқлик устунининг гидростатик босими, насос ёки компрессор босими, вакуум ва марказдан қочма куч таъсирлари туфайли ҳосил қилиниши мумкин.

Технологик мақсадларга кўра суюқликларни ва газларни тозаловчи филтрлар мавжуд.

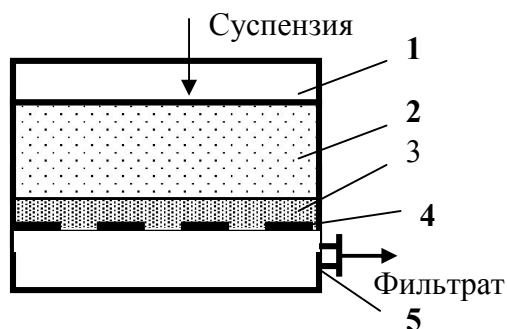
Барча турдаги филтрловчи қурилмаларда филтрлаш юзаси ҳаракатсиз (сочилувчан донатор материал қатламли, тўқима материалли, рамали ва камерали) ва кўзғалувчан (лентали, дискли ва барабанли) бўлиши мумкин. Ҳаракатланувчи ишчи юзага эга бўлган филтрлар узлуксиз ишлайди, кўзғалмас юзали филтрлар эса даврий режимда ишлайди.

Даврий ишловчи қурилмаларда чўкма жараён тугаллангандан сўнг, узлуксиз ишловчи филтрларда эса қурилмани тўхтатмай (зарурий ҳолларда) туширилади.

Кўйида саноат корхоналарида кенг тарқалган филтрларнинг айрим турларини тузилиши ва ишлаш принципи билан танишиб чиқамиз.

**Нутч-филтр** энг оддий тузилишга эга бўлган даврий ишловчи қурилма бўлиб, вакуум ёки ортиқча босим остида ишлаши мумкин.

18.5-расмда вакуум остида ишловчи нутч-филтр схемаси тасвирланган. Филтр очик резервуар 1 шаклида ишланган. Филтрнинг кўйи қисмида филтрловчи материални тутиб турувчи панжара 4 ўрнатилган. Қурилманинг юқори қисмидан унга суспензия кўйилади. Панжаранинг остки қисмидаги бўшлиқда эса вакуум ҳосил қилинади. Босимлар фарқи таъсирида суспензиянинг суюқлик фазаси филтрловчи тўсиқ 3 орқали сизиб ўтиб, қурилманинг тубида жойлашган патрубкка 5 орқали филтрат сифатида ажратиб олинади. Қаттиқ фаза филтрловчи материал юзасида йиғилиб, чўкма қатлами ҳосил қилади.



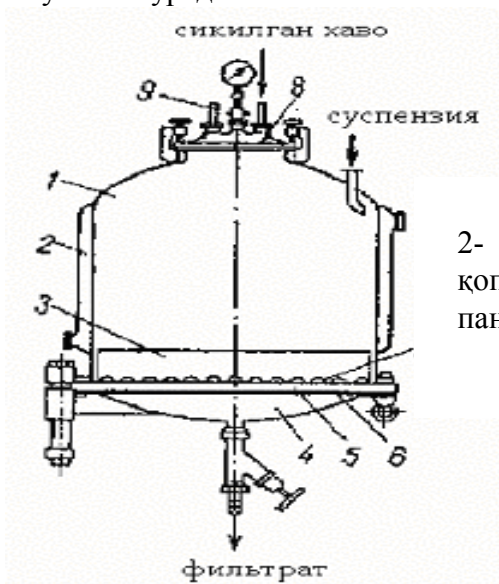
- расм. Очик нутч-филтр схемаси: 1- корпус; 2- суспензия; 3- филтрловчи материал қатлами; 4- панжара; 5- филтрат патрубкиси.

Жараён тугагач, қурилма маълум бир вақт вакуум остида қолиши сабабли чўкма қатламининг сувсизланиши кузатилади. Қурилмадаги чўкма қўл кучи билан тозаланади. Зарурий ҳолларда нутч-филтр тоза суюқлик билан тўлдирилиб, чўкма ювилади.

Жараёни ҳаракатга келтирувчи куч қиймати  $P < 75$  кПа.

**Ёпиқ нутч-фильтр** (18.6-расм) 0.3 МПа гача бўлган босимлар остида ишлаши мумкин. Нутч корпусига 1 ғилоф 2 пайванд қилинган.

Қурилма корпусининг юқори қисмида жойлашган қопқоқ 8 маҳсус болтлар ёрдамида зичлаб ёпилади. Қурилманинг тубидаги сферик қопқоқ 4 алоҳида ўққа ўрнатилган бўлиб, очилгандан сўнг вертикал йўналишда (юқорига ва пастга) сурилиши ёки корпусга 1 нисбатан маълум бир бурчакка бурилиб, четга сурилиши мумкин. Бу эса ўз навбатида қурилмадан чўкма туширилишини осонлаштиради. Қурилманинг цилиндрик корпуси тубига таянч панжара 6 ўрнатилган бўлиб, унга фильтрловчи материал (картон, бельтинг) тўшаллади. Айрим ҳолларда фильтр-тўсиқ сифатида табиий ва синтетик тола қатламидан фойдаланилади. Бу пайтда ҳимоя сеткаси 7 ишлатилади. Фильтрловчи материал устига ўрнатилган ҳалқасимон тўсиқ 3 чўкма қатламини тушириш пайтида уни вақтинча ушлаб туради.



-расм. Ёпиқ нутч-фильтр схемаси: 1-корпус; 2- буғ ғилофи; 3-ҳалқасимон тўсиқ; 4-сферик қопқоқ; 5-фильтрловчи материал; 6- таянч панжара; 7-ҳимоя тўри; 8-люк; 9- ҳимоя клапани.

Қурилмага суспензия, фильтрат ва сиқилган ҳаво учун патрубклар ҳамда ҳимоя клапани 9 ўрнатилади. Қурилма ғилофига одатда сув буғи берилади. Бу пайтда ҳарорати кўтарилган суюқликни қовушқоқлиги камайиб, фильтрнинг иш унумдорлиги ортади.

Нутч-фильтрнинг иш цикли қурилмани суспензия билан тўлдириш, сиқилган ҳаво босими остида фильтрлаш, чўкмани сувсизлантириш, фильтрни ювиш учун уни тоза суюқлик билан тўлдириш, чўкмани ювиш, чўкмани сувсизлантириш, чўкмани тушириш ва фильтр-тўсиқни регенерация қилиш босқичларидан иборат бўлади.

Фильтрда амалга ошириладиган жараёни ҳаракатлантирувчи куч қиймати катта, аммо чўкма қўл кучи билан туширилади. Нутч-фильтрнинг айрим конструкциялари чўкмани туширувчи парраклар билан таъминланади. Парраклар фильтрни ювиш жараёнларини ҳам тезлаштиради.

**Фильтр-пресслар** (18.7-расм) даврий ишловчи қурилмалар гуруҳига киради. Уларнинг тузилиши содда ва юқори босимлар ( $0,3 \div 0,5$  МПа) остида ишлатиш мумкин бўлганлиги учун саноат корхоналарида кенг тарқалган.

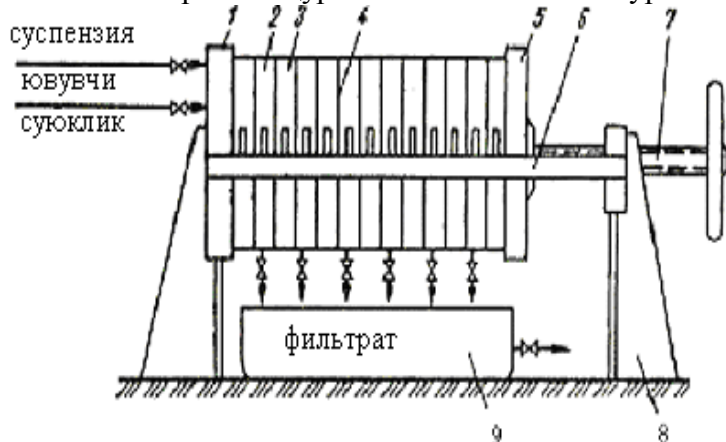
Қурилма таянч 1 ва қўзғалувчи 5 плиталар, рама 2 ва дренаж плиталари 3, иккита горизонтал ўқ 6 ва зичловчи механизмдан иборат бўлади.

Қурилманинг фильтрловчи блоки рама, дренаж плитаси ва улар оралиғига салфетка шаклида жойлаштириладиган фильтрловчи материал 4 (бельтинг, картон) комплектидан иборат бўлади. Рама ва плиталар маҳсус қулоқчалар ёрдамида йўналтирувчи ўқларга осилган ҳолатда, таянч ва қўзғалувчи плита оралиғида, йиғилади.

Кўзгалувчан плитага 5 винт 7 бириктирилган. Винт воситасида плита ва рамалар механик, гидравлик ёки электромеханик мосламалар ёрдамида таянч плита юзасига жипсланиб сиқилади. Шу тариқа курилманинг герметиклиги таъминланади.

Таянч плитага суспензия, ювувчи суюқлик ва сиқилган ҳаво бериш патрубккалари жойлаштирилган.

Фильтрловчи курилма металл асосга 8 ўрнатилади.



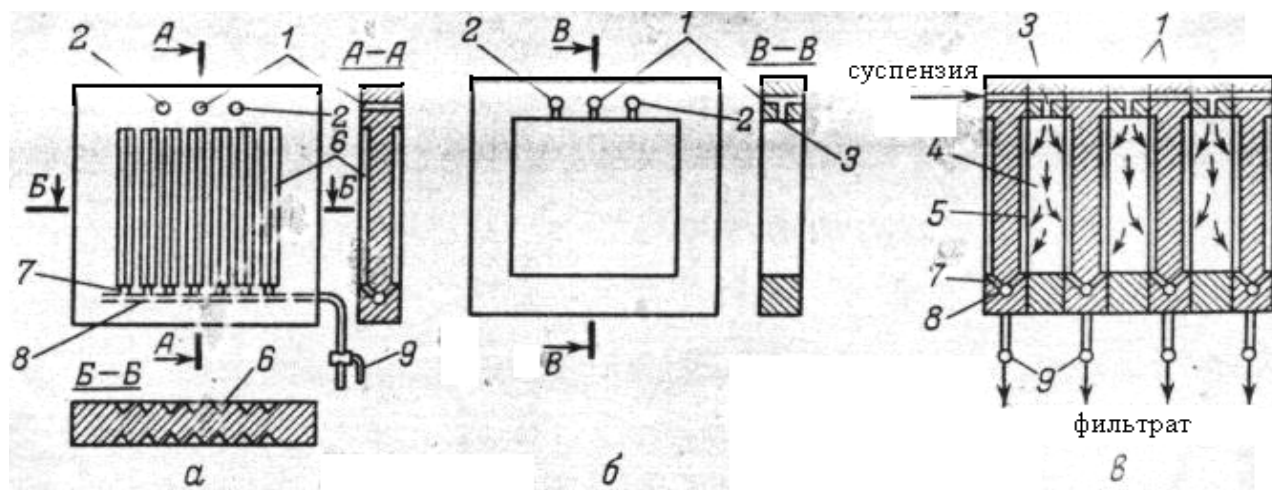
-расм. Рамали фильтр- пресс схемаси: 1- таянч плита; 2- рама; 3- плита; 4- фильтр-ловчи материал; 5- кўзгалувчи плита; 6- йўналтирувчи ўқлар; 7- винт; 8- асос (станина); 9- фильтрлат йиғувчи идиш.

Фильтрловчи рама ва плиталарнинг ўлчамлари 315x315, 630x630, 820x820 ва 1000x1000 мм бўлиб, чўян, коррозияга барқарор пўлат, алюминий қотишмалари ва бошқа материаллардан тайёрланади.

Ҳар бир плита ва рамада суспензия ва ювувчи суюқлик киритиладиган каналлар мавжуд (18.8-расм). Плиталарнинг ҳар иккала томони юзасида вертикал дренаж каналлари 6 (ариқчалар) ўйилган бўлади. Бу каналлар фильтрловчи материални 5 плита юзасига ёпишиб қолмаслигининг олдини олади ва фильтрлатни плита юзаси бўйлаб оқиб тушишини таъминлайди. Ичи бўш рама иккита қўшни плиталар орасига жойлаштирилиши туфайли чўкма йиғувчи камера 4 ҳосил бўлади.

Плита ва рамалардаги 1,2 тешиқлар ўқи ва ўлчами бир хилда бўлганлиги учун улар курилма йиғилганда ўзаро жипслашиб, яхлит каналлар ҳосил қилади. Ушбу каналлар бўйлаб суспензия, фильтрлат ёки ювувчи суюқлик белгиланган тартибда ҳаракатланади.

Фильтрлаш босқичида суспензия 1 ва 3 каналлар орқали рама ичидаги камерага 4 босим остида ҳайдалади. Бу ерда суюқлик фильтрловчи материал 5 орқали ўтиб, ариқчалар 6 бўйлаб пастга, 7 ва 8 каналларга оқиб тушади. Фильтрат ушбу босқичда очик бўлган кран орқали курилмадан чиқарилади.



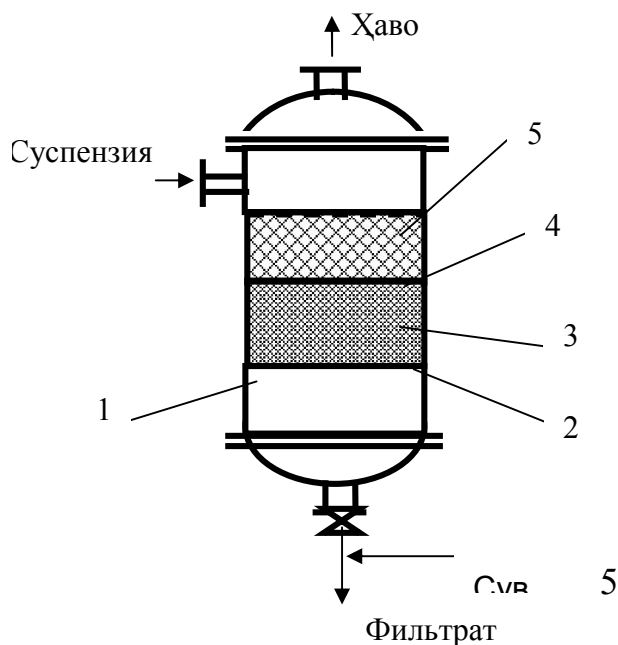
-расм. Фильтр-пресс схемаси: а- плита; б- рама; в- фильтрловчи блок; 1- плита ва рамалардаги тешиклар (йиғилганда суспензия каналини ҳосил қилади); 2- плита ва рамалардаги тешиклар(йиғилганда ювувчи суюқлик канали ҳосил қилади); 3- рамалардаги суспензия канали; 4- раманинг ички бўшлиғи(чўкма камераси); 5- фильтрловчи материал; 6- дренаж канали(ариқча); 7- плитадаги филтратни чиқариш канали; 8- плитадаги филтрат ёки ювувчи суюқликни йиғиш каналлари; 9- филтрат ёки ювувчи суюқлик тармоғидаги кранлар.

Ишчи камера камера 4 чўкма билан тўлгандан сўнг, қурилмага суспензия бериш тўхтатилади ва чўкмани тоза суюқлик билан ювишга киришилади. Ювувчи суюқлик канал 2 бўйича ўтиб, чўкма ва фильтрловчи материални ювади ва кран 9 орқали қурилмадан чиқарилади. Ювиш жараёни тугаши билан, суюқлик қолдиғини чиқариб ташлаш мақсадида, ушбу тракт бўйича сиқилган ҳаво юборилади. Шундан сўнг плита ва рамаларнинг ораси очилиб, чўкма фильтр-пресс тубидаги идишга туширилади.

Шундай қилиб, фильтр-пресснинг ишчи цикли қўйидаги асосий ва ёрдамчи операциядан иборат бўлади: филтрни йиғиб ишга тайёрлаш, суспензияни филтрлаш, чўкмани ювиш, рама ва плиталарни ажратиш, фильтрловчи материал юзасидан чўкмани тушириш.

**Қумли филтрлар** (18.9-расм) сув, сув-спирт аралашмаси ва таркибида кам микдорда муаллақ сузиб юривчи қуйқа, чўкинди ва заррачалар бўлган суюқликларни филтрлаш учун ишлатилади. Филтрлаш босими  $P \approx 0,05 \text{ МПа}$ . Ифлосланиш даражасига кўра даврий равишда ювиб турилади. Бунинг учун ювувчи тоза суюқлик филтрат йўналишига тескари бўлган йўналишда қурилмага ҳайдалади.

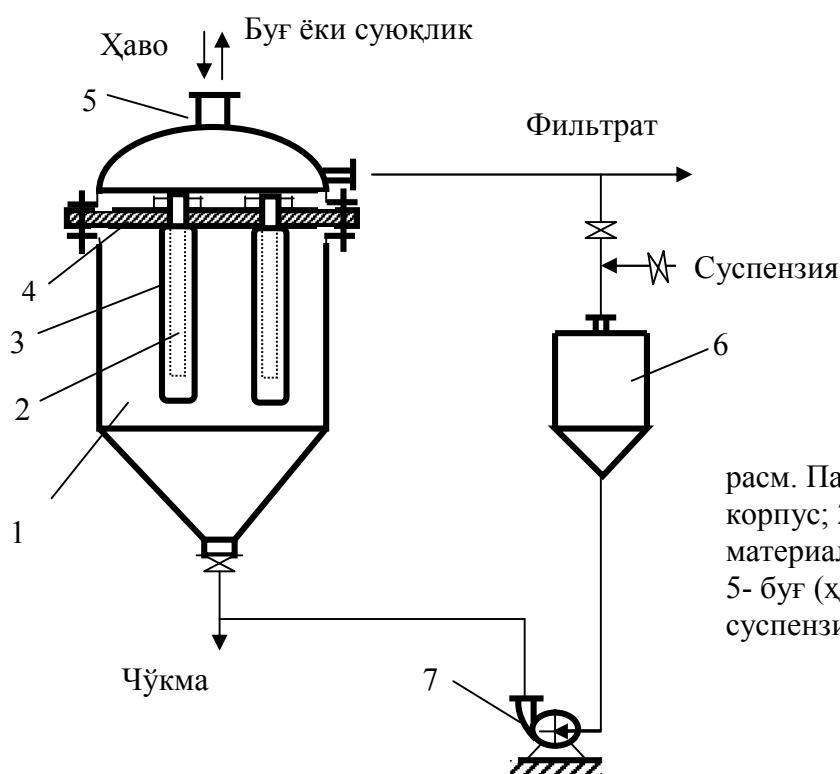
**Патронли филтр** (18.10-расм) вертикал цилиндрик корпус ичига ўрнатилган бир нечта патрондан иборат бўлади. Патрон металл ёки керамик трубкалардан тайёрланиб, унинг очиқ томони махсус чамбарак - тутқичлар воситасида корпусга ўрнатилади. Металл патронларнинг перфорацияланган юзаси тўғри цилиндрик ёки хочсимон шаклда бўлиб, унга филтрловчи материал (бельтинг) “пайпоқ” шаклида кийдирилиши ёки диатомит прессланиши мумкин.



18.9-расм. Қумли филтр схемаси: 1- цилиндрик корпус; 2- тўр; 3 - майин қум қатлами; 4 - газламали тўсик; 5 - йирик қум қатлами.

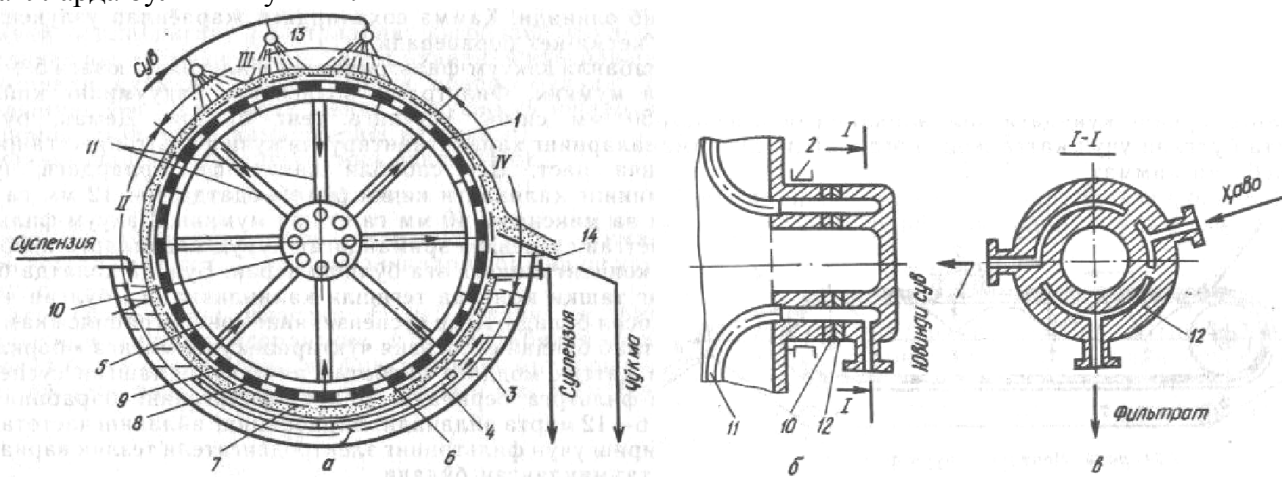
Фильтр корпусига суспензия 0,2÷0,4 МПа босим остида берилади. У фильтрловчи материал ғовакларидан ўтиб, патрон юзасидаги тешиклар орқали унинг ички қисмига ўтади. Фильтрланган суюқлик босим таъсирида патрон баландлиги бўйича юқорига кўтарилиб, чамбарак устидаги камерага йиғилади ва қурилмадан чиқарилади. Қурилмадаги патронлар бир сменада 2 мартагача сиқил-ган ҳаво билан, суспензия йўналишига тескари йўналишда, пуфланиб тозаланади.

Патронли фильтрларнинг ишчи юзаси 15 м<sup>2</sup> гача, самарадорлиги эса 99 % гача етади.



расм. Патронли фильтр схемаси: 1- корпус; 2- патрон; 3- фильтрловчи материал; 4- трубкalar чамбараги; 5- буғ (ҳаво) патрубкasi; 6- суспензия идиши; 7- насос.

**Барабанли вакуум-фильтрлар** (18.11-расм) ҳажмий концентрацияси 50÷150 кг/м<sup>3</sup> бўлган суспензияларни узлуксиз равишда ажратиш учун қўлланилади. Суспензия таркибидаги қаттиқ зарраларнинг кўриниши кристаллар, ипсимон, аморф ва коллоидал шаклларда бўлиши мумкин.



18.11-расм. Барабанли вакуум-фильтр: а- фильтрнинг принципиал схемаси; б- тақсимлаш каллагининг кесими; I- филтрлаш соҳаси; II- чўкмани сувсизлантириш соҳаси; III- чўкмани ювиш соҳаси; IV- чўкмани ҳаво билан пуфлаш ва юмшатиш соҳаси; 1- барабан; 2- цапфа; 3- сферик идиш; 4- чайқалувчи (тебранма) аралаштиргич; 5- ички цилиндр; 6- ташқи цилиндр; 7- филтрловчи материал; 8- тўсиқлар; 9- секторлар; 10- тақсимлаш каллагининг кўзгалмас қисми; 11- қувурлар; 12- тақсимлаш каллагининг кўзгалмас қисми; 13- форсунка; 14- пичоқ.

**Назорат саволлари:** 1.Филтрлаш жараёни ҳақида нималарни биласиз? Филтрлаш йўли билан қандай турли жинсли системаларни ажратиш мумкин? 2.Филтрлаш жараёнини амалга оширишнинг қандай усуллари мавжуд? Ушбу усуллар моҳиятини тушунтириб беринг. 3.Филтрловчи материалларнинг қандай турлари мавжуд? 4.Филтрлаш жараёнини ҳаракатга келтирувчи кучга тавсиф беринг. Ушбу куч қандай ҳосил қилинади? 5.Озиқ-овқат технологиясида филтрлаш жараёнлари қандай мақсадларни амалга ошириш учун қўлланилади? Мисоллар келтиринг. 6.Филтрлаш тезлиги қандай аниқланади? 7.Чўкма ва филтрловчи материал хусусиятларини тавсифловчи қандай катталиқлар мавжуд? 8.Филтрлаш доимийлари ҳақида нималарни биласиз? 9.Марказдан қочма куч майдонида филтрлаш усулининг моҳиятини тушунтириб беринг. Ушбу усулнинг афзаллиқлари нимада? 10.Озиқ-овқат саноати корхоналарида қандай турдаги филтрлаш аппаратлари қўлланилади? 11.Нутч-филтрнинг тузилиши ва ишлаш принципини тушунтириб беринг. 12.Филтр-пресснинг тузилиши, ишлаш принципи ва қўлланиш соҳалари ҳақида нималарни биласиз? 13.Даврий ишловчи филтрларнинг ҳисоблаш услубини тушунтириб беринг.

### **Мавзу: Турли жинсли газ системаларини тозалаш**

#### **Умумий маълумотлар**

“Газ-қаттиқ жисм” ва “газ-суюқлик” фазаларидан иборат турли жинсли газ системаларини ажратиш пайтида аэрозол бирикмалар таркибидан дисперс фазанинг қаттиқ заррачалари ёки суюқлик томчилари ажратиб олинади. Ушбу жараёнлар атмосфера ҳавосининг ифлосланишини олдини олиш ва газ ташламалари таркибида йўқотилаётган маҳсулот заррачаларини тутиб қолиш мақсадларида амалга оширилади. Шу сабабдан, мавжуд экологик ва техник талабларга асосан, барча саноат корхоналарида, уларнинг иш фаолияти хусусиятларидан келиб чиқиб, чанг тозалаш қурилмалари (тизимлари) бўлиши шарт. Сочилувчан хом-ашёларни янчиш, элаш ва масофага узатиш каби бир қатор технологик жараёнлар пайтида ҳосил бўладиган газли аралашма чанглар дейилади. Чанг таркибидаги қаттиқ модда заррачаларининг ўлчамлари  $5 \div 100$  мкм бўлади.

Технологик жиҳозларнинг аспирация тармоқларидан чиқаётган кўплаб миқдордаги чанг ҳавони тозалаш туфайли анчагина миқдордаги маҳсулотнинг йўқотилиши бартараф этилади. Шу тариқа хом-ашёдан тайёр маҳсулот чиқиш фоизи кўпаяди ва ишлаб чиқариш самарадорлиги ортади.

Саноат корхоналарида чанг тозалаш учун қуйидаги усуллардан фойдаланилади:

- оғирлик кучи таъсирида чўктириш;
- марказдан қочма, электростатик ва бошқа кучлар майдонида чўктириш;
- филтрлаш;
- чангни намлаб тозалаш (газларни ювиш).

Чанг тозалаш қурилмалари сифатида чанг чўктириш камералари, циклонлар, уюрмали чанг ушлагичлар, скрубберлар, филтрлар, ротацион қурилмалар ва

электрофильтрлар ишлатилади. Муҳандислик амалиётида чанг тозалаш жараёнлари икки ва ундан ортиқ босқичларда амалга оширилади. Бирламчи босқичда чанг таркибидаги катта заррачалар оғирлик кучи таъсирида, чанг чўктириш камераларида ажратилади. Сўнгра, яқуний босқичда, майда заррачалар самарадор қурилмаларда тутиб қолинади.

Чанг тозалаш учун қўлланиладиган қурилмалар самарадорлиги ҳавони тозаланиш даражаси  $\eta$  (%) қиймати билан тавсифланади

$$\eta = \frac{G_6 - G_7}{G_6} 100 = \frac{V_6 x_6 - V_7 x_7}{V_6 x_6} 100, \quad (19-1)$$

бу ерда  $G_6$  ва  $G_7$ - дастлабки (чанг) ва тозаланган газ аралашмаси (ҳаво) таркибидаги қаттиқ жисм заррачаларининг миқдорий сарфлари, кг/сек;  $V_6$  ва  $V_7$ - бирламчи чанг ва тозаланган ҳавонинг ҳажмий сарфлари, м<sup>3</sup>/сек;  $x_6$  ва  $x_7$ - чангдаги ва тозаланган ҳаводаги заррачалар концентрацияси, кг/м<sup>3</sup>.

Турли жинсли газ системаларини ажратиш жараёнларининг назарий асослари XVIII бобда баён этилган.

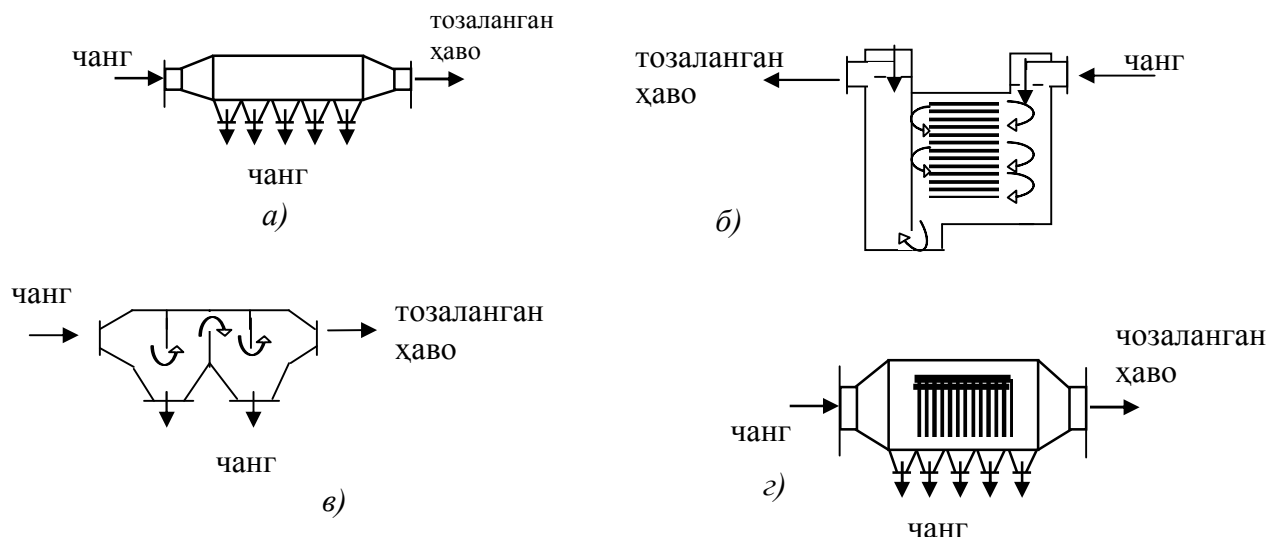
### Оғирлик кучи таъсирида чанг чўктириш

Оғирлик кучи таъсирида чанг тозалаш учун чанг чўктириш камералари ва инерцион чанг ушлагичлардан фойдаланилади.

Чўктириш қурилмаларида чанг таркибидан 50÷100 мкм ўлчамли қаттиқ заррачалар оғирлик кучи таъсирида чўктирилади. Ушбу қурилмаларнинг ўлчамлари катта бўлиб, уларда ҳавонинг тозаланиш даражаси 40÷50% дан ортмайди. Заррачаларни камерада яхши чўқиши учун чанг оқими тезлиги 3 м/сек дан ошмаслиги лозим. Чанг чўктириш камераларининг мавжуд конструктив схемалари 19.1- расмда тасвирланган.

Энг оддий тузилишга эга чанг чўктириш қурилмаси 19.1-расмнинг а-схемасида тасвирланган. Қурилма катта ҳажмдаги бўшлиққа эга бўлиб, унинг тубига бир неча қатор чанг йиғувчи бункерлар ўрнатилган. Қурилмадаги чанг оқими секин ҳаракатланади.

Натижада унинг таркибидаги қаттиқ жисм заррачалари оғирлик кучи таъсирида бункерлардан бирига, фракцияларга ажралган ҳолда, тушади. Дастлабки бункерларга энг катта ўлчамли заррачалар йиғилади ва аксинча, ўлчами энг кичик бўлган заррачалар охириги секцияда чўқади. Мазкур типдаги чанг чўктириш қурилмаларининг ўлчамлари катта бўлганлиги учун кўп жойни эгаллайди.





- расм. Чанг чўктириш камералари: а- горизонтал камера; б- кўп токчали камера; в- вертикал тўсиқли камера; г- пардали камера.

-расмнинг б-схемасида тасвирланган кўп токчали чанг чўктириш камерасининг бўшлиғи кичик қиялик бурчаги остида ўрнатилган горизонтал металл листлар ёрдамида бир неча секцияларга ажратилган. Ростловчи мослама ёрдамида қурилмага берилаётган чанг оқими камера канали орқали горизонтал токчалар оралиғи (тирқиш кенглиги 100÷400 мм) бўйлаб тақсимланади. Токчаларнинг асосий вазифаси чанг зарраларининг чўкиш йўлини қисқартириш ва чўктириш юзасини кўпайтиришдан иборатдир. Газ оқимини токчалар орасидаги тирқишлардан ўтиши пайтида унинг таркибидаги заррачалар металл юзаларга чўкиб қолади. Газ оқимининг камерадаги тезлиги чўктириш жараёни вақти билан чегараланади.

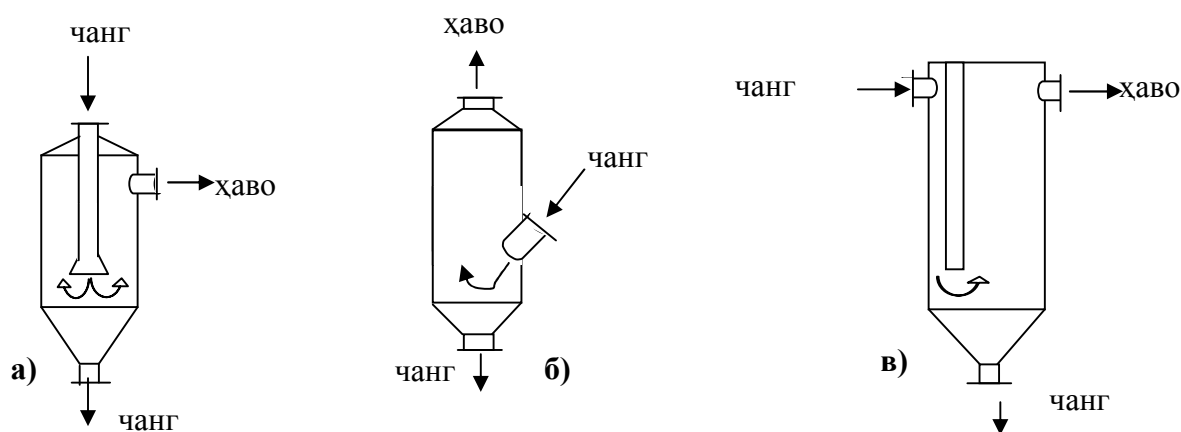
Чангдан тозаланган ҳаво оқими камеранинг чиқариш канали орқали аспирация қурилмаларига қўшимча тозаланиш учун йўналтирилади. Токчаларга чўккан чанг заррачалари ( $d > 100$  мкм) даврий равишда сув билан ювиб ташланади ёки бошқа бирон-бир усулда, масалан, токчаларни силкитиш йўли билан йиғиб олинади.

Мазкур типдаги чанг чўктириш қурилмалари навбатма-навбат ишловчи икки бўлимга ажратилиши мумкин. Бундай ҳолатда камеранинг биринчи бўлими ишлайди, иккинчи бўлими эса чангдан тозаланади. Шу тариқа қурилманинг узлуксиз иш режими таъминланади.

Вертикал тўсиқлар ёрдамида бир неча қисмга ажратилган чанг чўктириш камераларида (19.1-расм, в-схема) ажратиш жараёнини амалга ошириш учун гравитация кучидан ташқари инерция кучидан ҳам фойдаланилади. Тасвирдан кўриниб турибдики, қурилма бўйлаб ҳаракатланаётган газ бир неча маротаба ўз йўналишини ўзгартиради. Ҳаракат йўналиши (тезлиги) бирдан ўзгарадиган жойларда (тўсиқлар атрофида) инерция кучининг камайиши сабабли заррачалар асосий газ оқимидан ажралиб қуйига, бункерга чўқади. Оғирлик ва инерция кучларининг қўшма таъсири натижасида қурилманинг ф.и.к. ортади, унинг ўлчамлари эса анча кичиклашади.

-расмнинг в-схемасида тасвирланган чанг чўктириш камерасининг сепарация бўшлиғида эркин осилиб турувчи парда (занжирли ёки симли) ўрнатилган бўлади. Газ оқимини бундай турдаги пардаларга урилиши натижасида филтрланиш жараёни юз бериб, чанг ажралади. Пардалар қурилмада юзага келиши мумкин бўлган турбулент оқимларни ҳам парчалайди. Агар пардалар даврий равишда ҳўлланиб ёки мойланиб турилса, жараён самарадорлиги янада ошади, чунки чанг ҳўл ва мойли юзаларга тез ёпишади.

Инерцион чанг ушлагичларда (19.2-расм) ҳавони тозаланиш даражаси чанг чўктириш камераларига нисбатан анча юқори бўлади.



-расм. Инерцион чанг ушлагичлар схемаси.

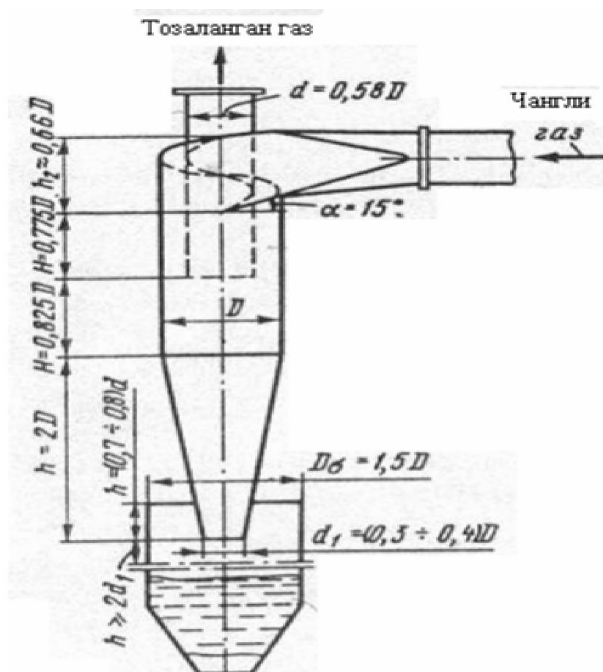
Бундай қурилмаларга чанг марказий қувурдан (а-схема) ёки ён томондан (б- ва в-схемалар) берилиши мумкин. Ушбу турдаги қурилмаларнинг ишлаш принципи жуда оддий. Чанг кириш патрубкеси орқали катта тезликда ( $\sim 10$  м/сек) дастлаб қурилма тубига томон йўналтирилади, сўнгра газ оқими бирдан юқорига бурилиб, орқага қайтади. Оқим йўналишининг ўзгариши натижасида газ тезлиги сусаяди ( $\sim 1$  м/сек), инерция кучлари қиймати ҳам камаяди. Бундай ҳолатда чанг заррачалари ( $30 < d < 100$  мкм) газ оқимидан ажралиб, қурилманинг тубига чўқади.

Инерцион чанг ушлаш қурилмаларида ҳавонинг тозаланиш даражаси  $65 \div 85\%$  бўлади.

### Чанглари марказдан қочма куч майдонида тозалаш

Чанг таркибидан қаттиқ заррачаларни марказдан қочма куч майдонида ажратиб олиш учун циклонлардан кенг фойдаланилади.

Циклонлар цилиндрик ва конуссимон қисмлардан иборат бўлиб, концентрацияси  $400 \text{ г/м}^3$  гача бўлган чанглари марказдан қочма куч майдонида ажратиш учун мўлжалланган. Чанг қурилмага  $20 \div 25$  м/сек тезликда бериледи, сўнгра қурилма тубига томон спиралсимон айланма ҳаракат билан йўналади. Айланма ҳаракат натижасида ҳосил бўлувчи марказдан қочма куч таъсирида чанг заррачалари қурилма ўқидан унинг девори томон йўналади. Чанг заррачаси жиҳоз деворига урилгач, ўз кинетик энергиясини йўқотади ва девор юзаси бўйлаб, оғирлик кучи таъсирида, пастга сурилиб тушади. Циклоннинг қуйи қисмида газ оқими инерция бўйича спиралсимон ҳаракатини давом эттиради ва уни қайтиши натижасида юқорига йўналган оқим пайдо бўлади. Шу сабабдан тозаланган газ оқими марказий труба орқали, жиҳознинг юқори қисмидаги патрубкдан чиқиб кетади. НИИОГАЗ циклонларида (19.3-расм) чанг киритувчи тўртбурчак кесим юзали патрубк қурилма корпусига қия уринма шаклида жойлаштирилган. Ушбу типдаги циклонларнинг қуйидаги учта тури кенг қўлланилади: ЦН-24 (қиялик бурчаги  $24^\circ$ ), ЦН-15 (қиялик бурчаги  $15^\circ$ ) ва ЦН-11 (қиялик бурчаги  $11^\circ$ ).



-расм. НИИОГАЗ циклони схемаси.

ЦН-24 русумли циклонлар чанг оқимидаги катта ўлчамли заррачаларни тутади, уларнинг иш унумдорлиги юқори, гидравлик қаршилиги эса кичик.

ЦН-15 русумли циклонларнинг гидравлик қаршилиги кичик, ҳавонинг юқори тозаланиш даражасини таъминлайди.

ЦН-11 циклонлари энг самарали ва универсал чанг тутқич сифатида тавсия этилган.

Чанг оқими таркибидаги абразив ва ёпишувчан заррачалар вентиляторни ишдан чиқариши мумкинлигини эътиборга олиб, аспирация тармоғига дастлаб циклон, сўнгра эса вентилятор ўрнатилади.

Циклонга кираётган чангли ҳаво таркибидаги сув буғлари конденсацияга учрамаслиги учун аралашма ҳарорати ҳавонинг шудринг (газ таркибидаги намликни конденсацияланиш) нуқтасидан  $10\div 25^{\circ}\text{C}$  юқори бўлиши лозим.

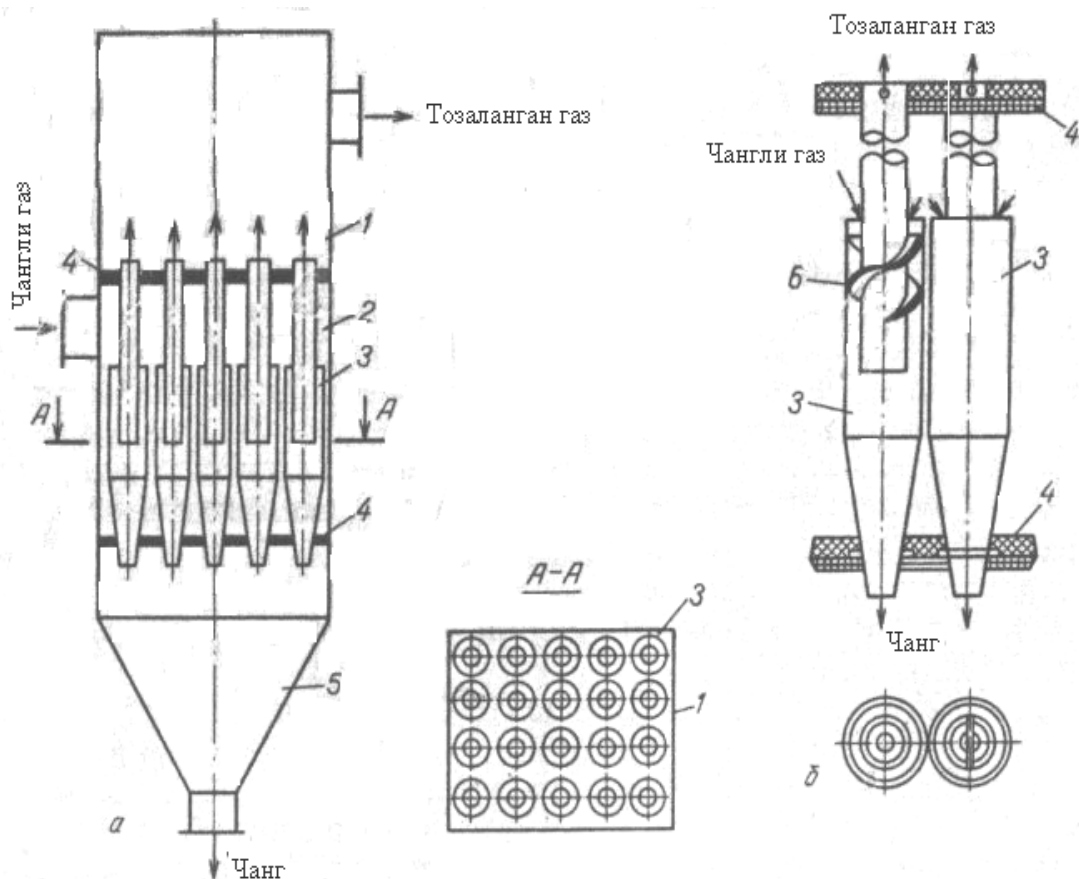
НИИОГАЗ циклонларининг диаметри  $100\div 1000$  мм бўлади. Мазкур циклонларда ҳавонинг тозаланиш даражаси чанг таркибидаги қаттиқ заррачалар ўлчамидан боғлиқ бўлади. Мисол учун, 5 мкм ўлчамли заррачалар тутган чанг муҳити учун ҳавонинг тозаланиш даражаси  $30\div 85\%$ , агар заррачалар 10 ўлчами мкм бўлса  $70\div 85\%$  ва 20 мкм катталиқдаги заррачалар учун эса  $95\div 99\%$  ни ташкил этади.

Циклонлар воситасида ҳавонинг чангдан тозаланиш даражаси ажратиш коэффициентини  $K_a$  қиймати билан тавсифланади

$$K_a = \omega^2 / (Rg), \quad (19-2)$$

бу ерда  $\omega$ - чанг оқимининг тезлиги, м/сек; R- циклоннинг цилиндрик қисми радиуси, м;  $g=9.81$  м/сек<sup>2</sup>.

Ушбу (19-2) тенгликдан кўринадики, ҳавонинг чангдан тозаланиш даражасини ошириш учун оқим тезланишини орттириш ёки циклон радиусини кичрайтириш лозим. Чанг тезлиги орттирилса, циклонда кучли турбулент оқим ҳосил бўлади. Бу пайтда чанг таркибидаги заррачаларнинг чўкиш шароити бузилади, тозаланиш даражаси пасаяди ва курилманинг гидравлик қаршилиги ортади. Циклон радиусини оптимал чегараларда белгиланган ўлчамлардан кичиклашуви натижасида унинг иш унумдорлиги камаяди. Шунинг учун катта ҳажмдаги газларни ( $\sim 140$  м<sup>3</sup>/соат) тозалаш зарурурияти пайдо бўлса, у ҳолда битта катта диаметрли циклон ўрнига бир нечта кичик диаметрли циклон гуруҳлари - мультициклон батареялари ишлатилади (19.4-расм).



- расм. Батарейли циклон (а) ва унинг элементлари: 1- корпус; 2- газ тақсимлаш камераси; 3- циклон элементининг корпуси; 4- **чамбарак (туткич)**; 5- **чанг йиғиш бункери**; 6- **винтсимон паррак**.

Батарейли циклон корпуси 1 цилиндр ёки тўғри тўртбурчак шаклида бўлиб, унинг ичига 10÷14 дона циклон элементлари 3 чамбарак (туткичлар) 4 воситасида жойлаштирилади. Натижада қурилма корпусида бир-бирига нисбатан герметик ҳолатда бўлган учта алоҳида бўлимлар – чанг тақсимлаш камераси 2, чанг йиғиш бункери 5 ва тозаланган ҳаво камераси ҳосил бўлади.

Циклон элементлари юқори ва қуйи чамбаракларга шундай жойлаштириладики, бунда ҳар бир элементнинг чанг кирадиган тирқиши (патрубкеси) газ тақсимлаш камераси билан, чанг туширувчи патрубкеси чанг йиғувчи бункер билан ва марказий чиқариш патрубкеси эса тозаланган ҳаво камераси билан туташади.

Чангли ҳаво қурилманинг кириш патрубкеси орқали газ тақсимлаш камерасига 2 узатилади. Бу ерда чангли аралашма циклон элементларига 3 тенг тақсимланади. Диаметри 40÷250 мм бўлган ҳар бир элемент корпуси ва тозаланган ҳаво чиқарувчи трубкаси оралиғидаги ҳалқасимон тирқишга винтсимон паррак 6 ўрнатилган бўлади. Бу парракнинг асосий вазифаси мультициклонга берилаётган газ оқимини уюрмавий айланма ҳаракатга келтиришдир. Бундай ҳаракат натижасида марказдан қочма куч юзага келади ва унинг таъсирида ажратиш жараёни амалга оширилади. Ажратилган компонентлар корпуснинг тегишли чанг йиғиш ва тозаланган ҳаво камераларига узатилади ва қурилмадан чиқариб юборилади.

Циклонларнинг тузилиши содда, ҳаракатланувчи қисмлари йўқ, чангларни чанг чўктириш камераларига нисбатан юқори тозаликда ажратади. Шу билан бир қаторда,

уларнинг камчилликлари ҳам мавжуд: циклонга берилаётган газ сарфини (босимини) ўзгариши чанг ажратиш коэффиценти қийматини пасайтиради; абразив заррачалар корпус деворини қириб, уни сезиларли даражада юққалаштиради ва маҳсулот таркибини металл ионлари билан бойитади; ўлчамлари 10 мкм дан кичик бўлган заррачаларни тутиб қолиш даражаси унча юқори эмас.

**Назорат саволлари:** 1.Аэрозол бирикмаларни ажратишдан кўзланган асосий мақсад нималардан иборат? 2.Газ аралашмаларини (чангларни) тозалашнинг қандай усулларини биласиз? 3.Чанг чўктириш камераларининг қандай турлари мавжуд? Уларнинг самарадорлигини қай тарзда орттириш мумкин? 4.Газларни чангдан тозаланганлик даражаси қандай аниқланади? 5.Циклонни ишлаш принципи ҳақида нималарни биласиз? 6.Батарейли циклонлардан қандай ҳолларда фойдаланилади? Уларнинг тузилиши ва ишлаш принципларини тушунтириб беринг. 7.Газ тозаловчи фильтрларнинг қандай турлари мавжуд? Газларни фильтрлаш жараёнининг ўзига хос хусусиятлари ҳақида нималарни биласиз? 8.Енгли фильтрларнинг тузилиши ва ишлаш принципини тушунтириб беринг. Нима учун енгли фильтрларга мустаҳкамлик ҳалқалари ўрнатилади? 9.Патронли фильтрларнинг тузилиши ва ишлаш принципи ҳақида нималарни биласиз? 10.Газ фильтрловчи қурилмаларнинг ҳисоблаш услубини тушунтиринг. 11.Электр майдонида чанг чўктириш жараёнининг моҳияти нимада? 12.Электрофильтнинг тузилиши ва ишлаш принципини тушунтириб беринг. 13. Газларни намлаб тозалаш услубининг қандай ижобий ва салбий томонлари бор? 14.Газ ювиш қурилмалари - скрубберларнинг қандай турлари мавжуд? Скрубберларда газ ва суюқлик фазалари ўртасидаги контакт юза қай тарзда ҳосил қилинади? 15.Мавжуд газ ювиш қурилмаларининг самарадорлиги ва гидравлик қаршиликларини таққослай оласизми?

### **Мавзу: Тескари осмос ва ультрафилтрация. Мавҳум қайнаш жараёнлари. Умумий маълумотлар**

Эритмаларни ярим ўтказгич мембраналар орқали босим остида фильтрлаб ўтказиш йўли билан ажратиш усули тескари осмос дейилади. Бундай мембраналар эритувчиларни ўтказди, аммо эриган модда иони ёки молекулаларини тутиб қолади.

Эритмаларни ярим ўтказгич мембраналар воситасида ажратиш, фракциялаш ёки қуюлтириш жараёни ультрафилтрация дейилади. Ультрафилтрация жараёнида суюқлик мембрана устидаги бўшлиққа 0.1÷1.0 МПа босим билан узлуксиз берилади.

Ультрафилтрация жараёнида дастлабки эритма принципиал жиҳатдан янги маҳсулот ҳисобланувчи қуйи молекуляр филтратга ва концентранган юқори молекуляр эритмага ажралади.

Мева ва сабзавот шарбатлари, сироплар ва экстрактлар одатда анъанавий буғлатиш ёки музлатиш (сублимация) усулида сувсизлантирилади. Ушбу жараёнларни амалга оширишда мембрана технологияларини қўллаш туфайли энергия сарфини қисқартириш, маҳсулот сифатини яхшилаш ва хом-ашёдан олинadиган маҳсулот фоизини орттириш мумкин. Мисол учун, ультрафилтрация пивони пастеризациялаш жараёни ўрнини босиши мумкин. Бу пайтда пиво сифати ва унинг барқарорлигини пасайтирувчи ачитқилар ҳамда таркибий юқори молекуляр моддалар ажратиб олинади. Пивони ультрафильтлаш жараёнини амалга ошириш учун ҳаражатлар пастеризациялашга нисбатан 2÷2,5 мартаба кам бўлади.

Узум винолари барқарорлигини ошириш муаммоларини тескари осмос жараёнларини қўллаш туфайли хал этиш мумкин. Тескари осмос усулини қўллаш пайтида сув ва этил спирти мембрана орқали ўтади, калий ионлари ва вино тошини ҳосил бўлишига асос бўлувчи вино кислотаси эса концентрат таркибида қолади. Шундан сўнг,

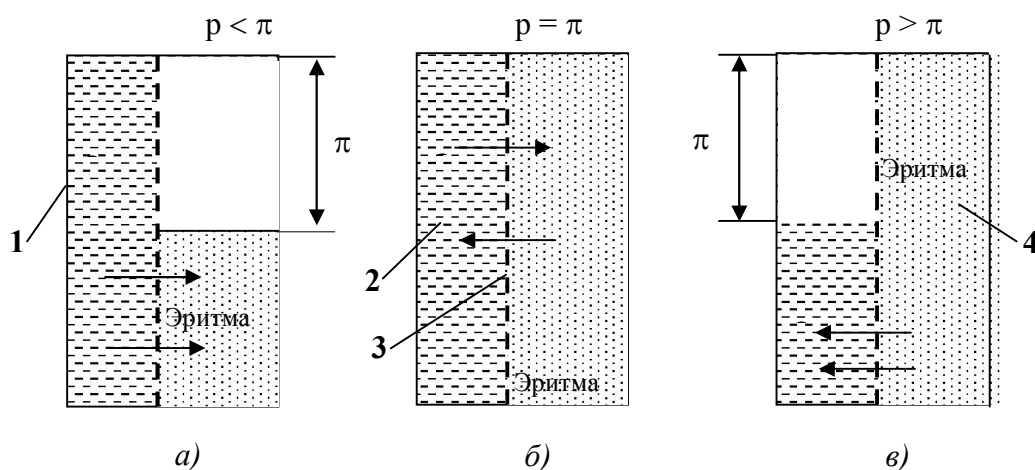
концентрат филтрланиб тозалангач, уни филтрат билан кўшиб аралаштирилади. Шу тарика узок вақт ўз товар хусусиятларини тўла сақловчи вино тайёрлаш мумкин бўлади.

### Тескари осмос ва ультрафилтрация жараёнларининг назарий асослари

Тескари осмос ва ультрафилтрация тушунчалари ўртасидаги фарқ амалий жиҳатдан қаралганда жуда кам. Ультрафилтрация юқори молекуляр моддаларни (молекуляр массаси 500 дан катта) қуюлтириш ва бир вақтнинг ўзида уларни кичик молекулали компонентлардан тозалаш усули ҳисобланади. Тескари осмос эса муайян эритмани қуюлтириш ёки ундан тоза эритувчини ажратиш усулидир.

Эритмаларни тескари осмос усулида ажратиш жараёнлари эритувчини ярим ўтказгич хусусиятли мембрана орқали эритмага ўз-ўзидан ўтиш ҳодисасига асосланган. Ушбу жараённинг принципиал схемаси қуйидаги 20.1-расмда тасвирланган.

Агар эритма устидаги босим  $P$  унинг осмотик босими  $\pi$  қийматидан кичик бўлса ( $P < \pi$ ), эритувчини (сувни) эритмага ўз-ўзидан ўтиши кузатилади (20.1-расм, а-схема). Бу жараён осмос жараёни дейилади. Ўтиш жараёни системадаги осмотик мувозанатга эришилгунча қадар давом этади (20.1-расм, б-схема). Жараён  $P = \pi$  бўлганда тўхтади.



-расм. Эритмани тескари осмос усулида ажратиш схемаси:

а- осмос; б- осмотик мувозанат; в- тескари осмос; 1- идиш; 2- эритувчи (сув); 3- ярим ўтказгич хусусиятли мембрана; 4- эритма.

Осмотик мувозанатга эришилгандан сўнг, эритмага осмотик босимдан юқори (ортиқча) босим  $P$  билан таъсир эттирилса, эритувчи тескари йўналишда, эритма таркибидан ажралиб чиқа бошлайди. Бу пайтда ( $P > \pi$ ) тескари осмос ҳодисаси кузатилади (20.1-расм, в- схема). Ушбу жараёнда мембрана орқали ўтган эритувчини филтрат деб юритилади.

Ишчи босим  $P_1$  ва эритманинг осмотик босими  $\pi_1$  ўртасидаги фарқ тескари осмос жараённинг ҳаракатлантирувчи кучи ҳисобланади

$$\Delta P = P_1 - \pi_1, \quad (20-1)$$

бу ерда  $P_1$ - эритмага таъсир этувчи ортиқча (ишчи) босим.

Агар тескари осмос жараёни амалга ошириладиган пайтда мембрана орқали маълум бир миқдор эриган моддани ўтиши кузатилса у ҳолда

$$\Delta P = P_1 - (\pi_1 - \pi_2) = P - \Delta \pi, \quad (20-2)$$

бу ерда  $\pi_2$ - филтратнинг осмотик босими.

Осмотик босим қийматини Вант-Гофф тенгласидан ҳисоблаш мумкин. Ушбу тенгламага асосан: “эритманинг осмотик босими  $\pi$  унинг ҳарорати  $T$  ва концентрациясига  $x$  тўғри пропорционал ва эриган компонентнинг молекуляр массасига  $M$  эса тескари пропорционалдир”

$$\pi = iRtx/M, \quad (20-3)$$

бу ерда  $i=1+\alpha$ - Вант-Гофф коэффиценти;  $\alpha$ - эриган модданинг диссоцияланиш коэффиценти;  $R$ - универсал газ доимийси;  $x$ - эриган модданинг ҳажмий концентрацияси,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $M$ - эриган модданинг моляр массаси,  $\text{кг}/\text{моль}$ .

Турли модда эритмаларининг осмотик босими бир неча ўн МПа ларни

ташкил этади. Шу сабабдан, тескари осмос қурилмасидаги ишчи босим

осмотик босимдан анча катта бўлиши лозим. Мисол учун, таркибида 35%

туз тутган денгиз сувини осмотик босими 2.45 МПа, ушбу сувни тескари

осмос усулида чучуклаштирувчи қурилмадаги ишчи босим 7,85 МПа

бўлиши адабиётлардан маълум.

Мембранагача (ишчи) ва ундан кейинги (атмосфера) босимлар фарқи ультрафилтрация жараёнини ҳаракатлантирувчи кучи бўлиб ҳисобланади. Ушбу фарк одатда 0,1÷1,0 МПа дан ортмайди.

Ультрафилтрация жараёнида ярим ўтказувчи ғовак мембраналар - целлюлоза ацетати, полиэтилентерефталот, нейлон ва поливинилхлорид плёнчалари ва бошқалар қўлланилади.

Мембраналар аралашмадаги компонентларни танлаб ўтказиш хусусиятларига эга бўлишлари, механик жиҳатдан чидамли, ўтказиш (ажратиш) кўрсаткичи  $K_a$  юқори бўлиши, кимёвий жиҳатдан безарар, арзон, ишлатиш жараёнида техник характеристикаларининг доимий бўлиши ва юқори солиштирма иш унумдорлигига эга бўлишлари керак.

Мембранани танлаш қобилияти ва ўтказувчанлиги унинг муҳим технологик хусусиятларидан ҳисобланади. Мембрана ғоваклари эритувчи ўтиши учун анча кенг ва эриган модда учун эса тор (кичик) бўлиш лозим.

Мембранани танлаш қобилияти  $\varphi$  (%) қуйидагича ҳисобланади

$$\varphi = [(x_1-x_2)/x_1]100 = (1-x_2/x_1)100, \quad (20-4)$$

бу ерда  $x_1$  ва  $x_2$ - эриган модданинг дастлабки аралашма ва филтратдаги концентрациялари, %.

Пуазейл қонунига биноан, мембрана ғоваklarининг ўртача диаметри  $d_f$  қуйидаги тенглама ёрдамида ҳисобланиши мумкин

$$d_f = [32V_f\mu\delta/(\Delta P F \beta)]^{1/2}, \quad (20-5)$$

бу ерда  $V_f$ - филтрат сарфи,  $\text{м}^3/\text{сек}$ ;  $\mu$ - суюқликнинг динамик қовушқоқлиги,  $\text{Па}\cdot\text{с}$ ;  $\delta$ - мембрана ғоваklarининг қалинлиги,  $\text{м}$ ;  $\beta$ - мембрананинг ғоваклиги, %;  $F$ - 1  $\text{м}^2$  майдондаги ғоваklarнинг юзаси,  $\text{м}^2$ ;  $\Delta P$ - босимлар фарқи,  $\text{Па}$ .

Мембрананинг умумий ғоваклиги (%) зичликлар қиймати орқали аниқланади

$$\beta = [(\rho-\rho_1)/\rho]100, \quad (20-6)$$

бу ерда  $\rho$ - мембрана материалининг зичлиги,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $\rho_1$ - мембрананинг (ғоваklари билан биргаликдаги) зичлиги,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Мембрананинг ўтказувчанлик хусусияти (яъни, иш унумдорлиги) кўп жиҳатдан ғоваklar шакли ва уларнинг ўлчамларидан боғлиқ бўлади.

Мембрананинг иш унумдорлиги  $M_1$  бирлик ишчи юзадан  $F$  вақт бирлиги  $\tau$  ичида ажратиб олинган филтрат ҳажми  $V$  билан ифодаланади

$$M_1 = V/(F\tau), \quad (20-7)$$

бу ерда  $V$ - филтратнинг ҳажмий сарфи;  $F$ - мембрананинг ишчи юзаси,  $m^2$ ;  $\tau$ - жараён даври, сек.

Одатда  $M_1$  қийматлари  $л/(m^2 \cdot соат)$  ёки  $кг/(m^2 \cdot сек)$  бирликларда ўлчанади.

Тескари осмос ва ультрафилтрация жараёнларида фазавий ўзгаришлар кузатилмайди. Шу сабабли, ушбу жараёнлар мобайнида бажариладиган иш  $A_m$  (Ж) суюқликни сиқиш  $A_c$  ва уни мембранадан суриб ўтказиш  $A_p$  учун босим ҳосил қилишга сарфланади

$$A_m = A_c + A_p. \quad (20-8)$$

Суюқлик амалий жиҳатдан сиқилмаслиги сабабли  $A_c=0$  деб ҳисоблаш мумкин.

Мембрана орқали суюқликни босим остида ўтказиш учун сарфланувчи иш миқдори қуйидагича ифодаланади

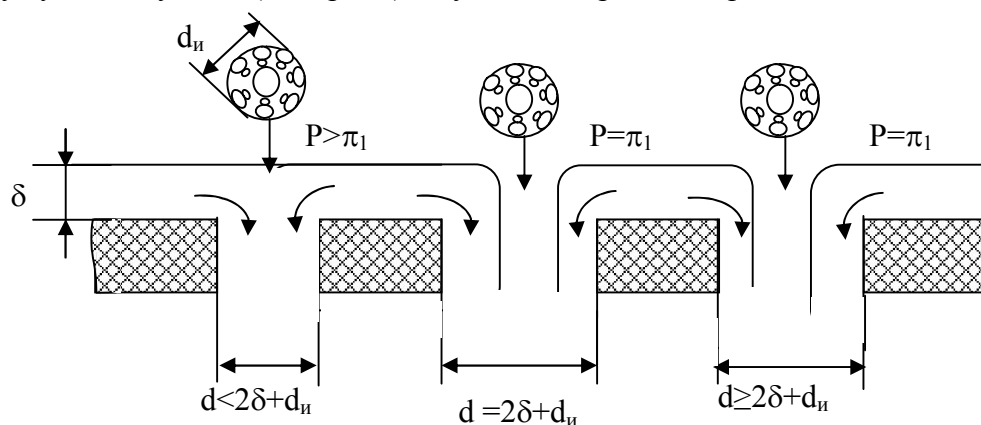
$$A_p = \Delta P V, \quad (20-9)$$

бу ерда  $\Delta P$ - мембрананинг ҳар иккала томонидаги босимлар фарқи, Па;  $V$ - мембранадан ўтказиладиган суюқлик ҳажми,  $m^3$ .

Эритмаларни ультрафилтрация ва тескари осмос усулида компонентларга ажратиш механизмининг бир нечта назарий моделлари мавжуд. Жумладан, Ю.И.Дытнерский томонидан ярим ўтказувчанлик механизмининг капилляр-филтрация модели тавсия этилган. Ушбу моделга асосан, органик ва ноорганик моддалар эритмаларини ажратиш жараёнига суюқликнинг сирт қатламини таъсири катта бўлади.

Мембрана ва суюқликнинг контакт зонасида сирт кучлари - ёпишқоқлик, сирт таранглик ва молекуляр тортишув кучларининг таъсири катта бўлади. Шу сабабдан мембрана юзасидаги суюқликнинг чегара қатламини физик-кимёвий хоссалари унинг оқими ҳажмидаги физик-кимёвий хоссаларидан анчагина фарқ қилиши мумкин. Чегара қатлам қалинлигининг камайиб бориши билан ушбу фарқ сезиларли даражада ўсади.

Мембрананинг танловчанлик ва ўтказувчанлик қобилиятига эритма ионларининг гидратациялаш хусусияти катта таъсир кўрсатади. Эриган модда ионлари эритувчи (сув) муҳити билан ўралган бўлиб, унинг бир қисми билан таъсирлашган ҳолатда ҳаракатланади. Эриган модда ионларига яқин жойлашган сув молекулалари молекулалараро тортишиш кучи туфайли гидрат қобик ҳосил қилади. Шу сабабдан леофиль мембрана юзасида ва унинг ғовакларида боғланган сувнинг  $\delta$  қалинликдаги қатлами ҳосил бўлади. Боғланган сувнинг эритувчанлик хусусияти паст бўлади. Шунинг учун эритмадаги моддалар мембрана юзаси ва унинг ғовакларидаги боғланган сувда яхши эримайди. Натижада эритмадаги модда молекулалари мембрана ғоваklarидан ўта олмайди. Агар мембрана ғоваклари (капиллярлари) диаметри  $d < 2\delta + d_n$  бўлса, ундан фақат сув ўтиши мумкин (20.2-расм). Шу билан бирга, мембрана



-расм. Мембрана ёрдамида ажратиш механизми схемаси:  $\delta$ - боғланган сув қатламининг қалинлиги;  $d_n$  – гидратланган ион диаметри.



турли ўлчамлардаги ғоваклардан иборат бўлиши ва боғланган сув бир қисм ноорганик тузларни эритиши мумкинлиги сабабли, мембрананинг танлаб ўтказиш қобилияти 100% дан кам бўлади.

Капилляр-фильтрация моделига асосан тескари осмос ва ультрафильтрация жараёнларини қуйидагича тасаввур қилиш мумкин. Ярим ўтказувчан гидрофиль мембрана юзаси ва унинг ғовакларида боғланган сув қатлами ҳосил бўлади. Эритмадаги моддаларнинг ҳаракатдаги ионлари мембрана юзасидаги сувни ўзига бириктириб олиб, гидрат қобиқ ҳосил қилади ва уни шу тариқа эритма ҳажмига ташийди. Бу пайтда мембрананинг суюқлик томонга қараган юзасида сув миқдори (концентрацияси) камаяди. Ушбу концентрациялар фарқи тоза сувни мембрана орқали ўтиши билан компенсацияланади. Ушбу тарздаги ўтиш ҳодисаси сув молекуласини ионларга тортилиш кучлари ва эритманинг гидростатик босим кучлари ўзаро мувозанатга келгунча давом этади.

### Мембранали қурилмаларнинг тузилиши

Тескари осмос ва ультрафильтрация жараёнларини амалга оширувчи мембранали қурилмалар даврий ва узлуксиз режимда ишлаши мумкин. Даврий ишловчи қурилмалар лаборатория амалиётида кенг қўлланилади. Саноат корхоналарида эса узлуксиз оқимда ишловчи қурилмалардан фойдаланилади.

Мембранали қурилмаларнинг солиштирма ажратиш юзаси катта бўлиб, уларни йиғиш, ўрнатиш ва ишлатиш осон. Юқори ишчи босим қурилмадаги қувур ва арматуралар герметиклигини оширишни талаб этади.

Мембранани жойлаштириш услубига кўра қурилмалар тўртта асосий турга бўлинади:

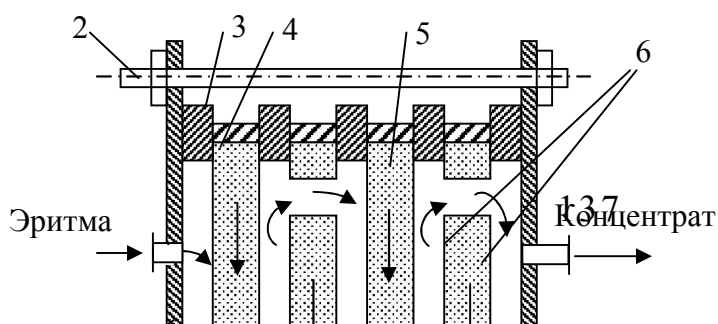
- ясси мембранали («камерали фильтр-пресс» типидagi) қурилмалар;
- трубасимон мембранали қурилмалар;
- ўрама мембранали қурилмалар;
- ғовак ипсимон мембранали қурилмалар.

*Ушбу турдаги қурилмалар қобиқли ва қобиқсиз бўлиши мумкин. Мембранали элементни жойлашувига кўра қурилмалар горизонтал ёки вертикал ҳолатда бажарилиши, монтаж нуқтаи назаридан эса ажралувчи ва ажралмас қисмлардан (модуллардан) иборат бўлиши мумкин.*

20.3-расмда тасвирланган ясси мембранали қурилма энг содда қурилмалардан бири бўлиб, унинг тузилиши рамали фильтр-пресснинг тузилишига ўхшаш бўлади.

Қурилманинг асосини ташкил этувчи мембранали элементлар зичловчи фланецлар 1 ўртасида болт-гайкалар 2 ёрдамида тортилиб зичланади ва герметик ҳолатга келтирилади.

Мембранали элементлар (модуллар) ғовак қистирма сифатида ишлатилувчи текис дренаж пластинасининг икки томонига жойлаштирилган мембранадан иборат бўлади. Дренаж пластинаси қалинлиги 0,5÷5 мм бўлиб, улар таянч ҳалқа 4 юзасига йиғилгандан сўнг мембрана оралиғида камера ҳосил бўлади.



- расм. Мембранали фильтр-пресс

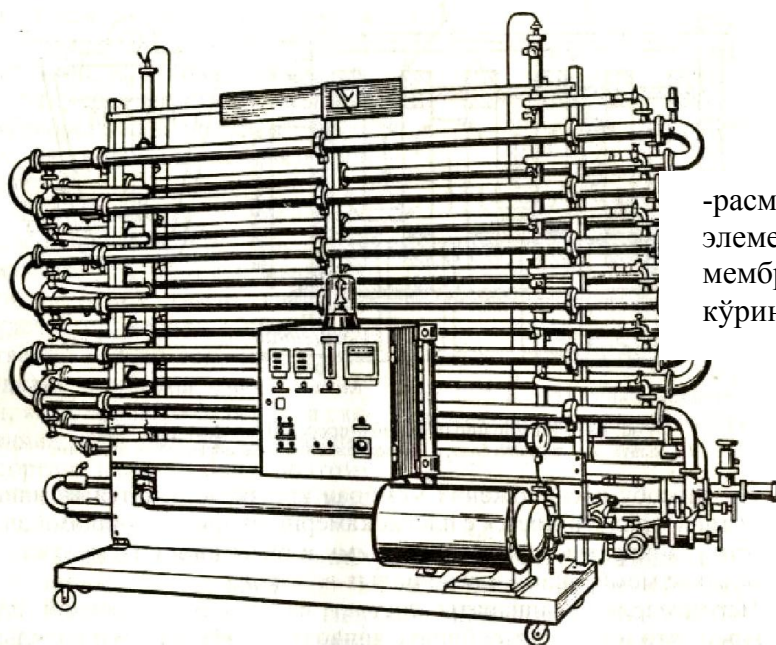
Ажратиладиган эритма ушбу камералар бўйлаб дренаж каналлари 7 орқали кетма-кет ўтади ва қуюлтирилган ҳолатда қурилмадан чиқарилади.

Мембраналар орқали ўтган филтрат таянч ҳалқасига ўйилган канал орқали умумий коллекторга 9 узатилади. Филтрат ҳар бир мембранали элементдан кранлар 8 воситасида алоҳида тарзда ажратилиб олиниши ҳам мумкин.

Дренаж пластинаси шаклига кўра мембранали элементлар тўғри тўртбурчак, эллиптик ёки думалоқ шаклларда бўлиши мумкин.

Ушбу типдаги қурилмаларнинг  $1 \text{ м}^3$  ишчи ҳажмига тўғри келувчи мембраналар юзаси  $60 \div 300 \text{ м}^2$  ни ташкил этади.

Цилиндр шаклидаги филтрловчи элементлардан ташкил топган мембранали қурилма 20.4-расмда тасвирланган. Қурилма алоҳида цилиндрлик модуллардан йиғилади.



-расм. Цилиндрлик филтрловчи элементлардан ташкил топган мембранали аппаратнинг умумий кўриниши

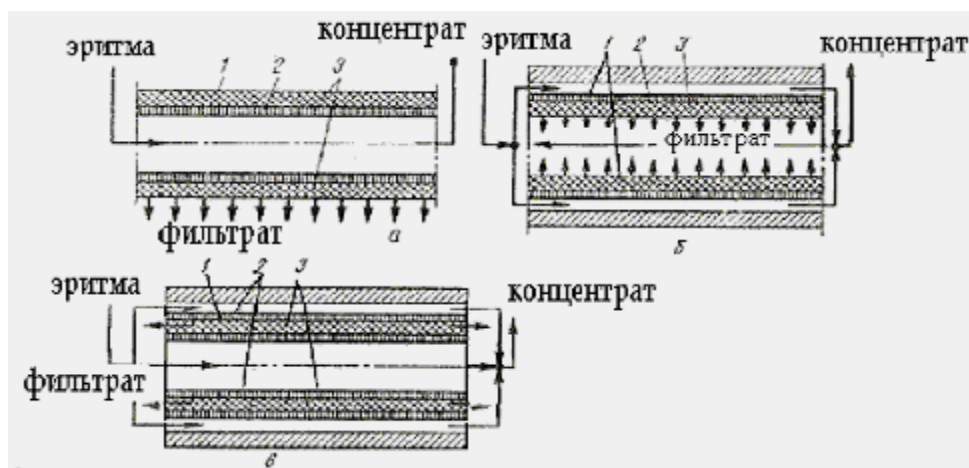
Цилиндр шаклидаги филтрловчи модуль (-расм) мембрана 2 ва дренаж каркасидан иборат бўлади. Дренаж каркаси труба 1 ва ғовак қистирма материалдан 3 йиғилади.

Қистирма материал мембранани трубининг дренаж каналларига босим остида зичлашуви сабабли ёпишиб қолишининг олдини олади.

Фильтрловчи цилиндрик модулар уч турда – мембрана дренаж каркасининг ички юзасига (20.5-расм, а-схема), унинг ташқи юзасига (20.5-расм, б-схема) ва комбинацияланган ҳолатда (-расм, в-схемаси) жойлашган кўринишда тайёрланади.

Мембранаси дренаж каркасининг ички юзасига жойлаштирилган модулардан иборат қурилмалар кенг тарқалган. Уларнинг юқори босимни ушлаб турувчи ташқи корпуси бўлмади.

Ажратиладиган эритма цилиндрик мембрана 2 юзасига тўғридан-тўғри берилади. Мембрана 2 ва ғовак қистирма материал 3 орқали ўтган фильтрат трубка тешикларидан оқиб чиқади (20.5-расм, а-схема).



20.5-расм. Цилиндр шаклида ишланган фильтрловчи мембранали элементлар: а- мембрана дренаж каркасининг ички юзасида жойлаштирилган вариант; б- мембрана дренаж каркасининг ташқи юзасида жойлаштирилган вариант; в- мембрана комбинацияланган ҳолатда жойлаштирилган ҳолат; 1-дренаж трубки; 2-мембрана; 3-ғовак қистирма.

турувчи корпуси бўлмаганлиги сабабли материал сарфи кичик; фильтрат тракти бўйича дренаж каналларининг узунлиги унча катта бўлмаганлиги учун гидравлик қаршилиги кам; эритма оқимининг тезлиги юқори, шу сабадан мембранани ишлаш шароити яхши; қурилманинг ўлик зоналари йўқ; мембранали элементлар пакетини қисмларга ажратмаган ҳолда ишчи юзадаги чўкмани механик услубда тозалаш мумкин; қурилма тез ва ишончли даражада жипслаб йиғиш учун қулай. Шу билан бирга, ушбу типдаги қурилмаларда мембрананинг бирлик ишчи юзаси кичик –  $60 \div 200 \text{ м}^2/\text{м}^3$ .

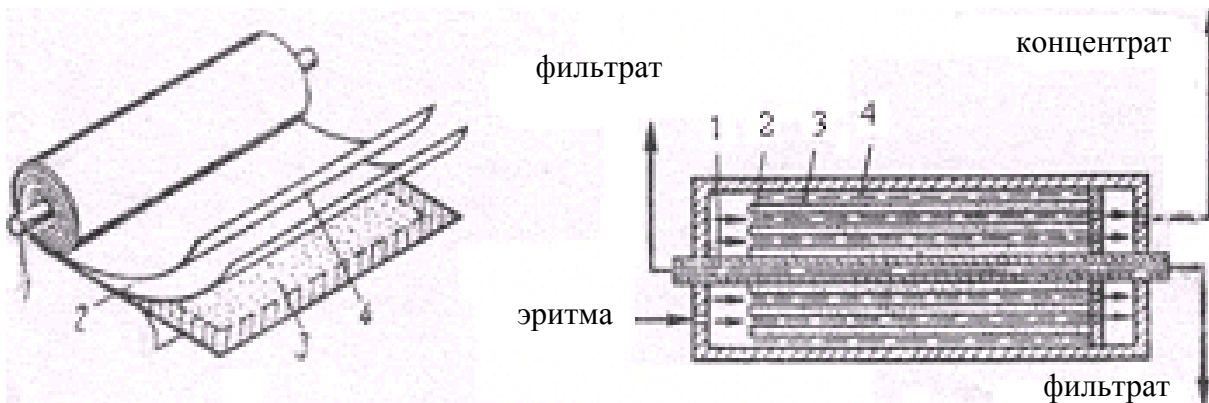
Дренаж каркасининг ташқи юзасига жойлаштирилган мембранали модулардан (20.5-расм, б-схема) ташкил топган қурилмаларнинг бирлик ишчи юзаси катта бўлади. Бундай қурилмаларда суюқлик мембранали элементларнинг ташқи юзасидан берилиши сабабли фильтрловчи пекет юқори босимларга чидамли корпус 4 ичига ўрнатилади. Фильтрловчи элементларни механик услубда тозалашнинг деярли иложи йўқ.

Агар цилиндрик элементлар мембранаси комбинацияланган ҳолатда (20.5-расм, в-схема) жойлаштирилса, уларнинг фильтрловчи солиштирма ишчи юзалари юқорида кўриб чиқилган элементларга нисбатан деярли икки баробар катта бўлади. Бу пайтда фильтратни ҳаракатланиш йўли узайиши сабабли қурилмаларнинг гидравлик қаршилиги сезиларли даражада ортади.

Фильтрловчи цилиндрик модулли қурилмалар эритмаларни ультра- ва микрофилтрация йўли билан ажратиш жараёнида кенг қўлланилади. Мева шарбатларини ушбу усулда тиндириш жараёнида уларнинг таркибидан пектин, крахмал,

юқори молекуляр дубил моддалар ва целлюлоза заррачалари ажратиб олинади. Тиндирилган шарбатдаги барча моддалар натурал таркибда сақланиб қолади.

Ўрама мембранали элементлардан ташкил топган қурилмаларни принципиал тузилиш схемаси 20.6-расмда тасвирланган. Ушбу қурилмалар трубасимон секциялардан иборат бўлади. Трубалар ичига бир нечта ўрама мембранали элементлар жойлаштирилади. Ҳар бир элемент дренаж қувурига  $300\div 800 \text{ м}^2/\text{м}^3$  зичликда ўралган пакетдан иборат бўлади. Пакет таркиби иккита мембрана ва ғовак қистирма материалдан иборат бўлади (20.6-расм). Мембраналар оралиғида бўшлиқ ҳосил қилиш учун тўр (сепаратор) ўрнатилади.

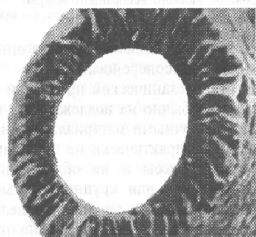


20.6-расм. Ўрама мембранали элемент схемаси: 1- трубка; 2- мембрана; 3- қистирма; 4- тўр (сепаратор).

мумкин. Ўрамдаги мембрана пакетининг эни 900 мм гача бўлиши мумкин. Пакетдаги материаллар узунлиги, дренаж қатламининг гидравлик қаршилигидан келиб чиқиб, 2 метрдан ортмайди.

**Ичи бўш тола шаклидаги мембраналар** эритмаларни тескари осмос ва ультрафилтрация усулида ажратиш жараёнларида кенг қўлланилади. Тескари осмос жараёнларида қўлланиладиган тола шаклидаги мембраналарнинг ташқи диаметри  $d_T=45\div 200 \text{ мкм}$ , девор қалинлиги эса  $\delta=10\div 50 \text{ мкм}$  бўлади; ультрафилтрация жараёнлари учун толанинг ушбу ўлчамлари  $d_T=200\div 100 \text{ мкм}$  ва  $\delta=150\div 200 \text{ мкм}$  чегараларда бўлади.

Тола шаклидаги мембранали қурилмаларнинг тузилишини бир қарашда ғоят кичик ўлчамли трубкалар ўрнатилган иссиқлик алмашилиш қурилмаларининг тузилишига ўхшатиш мумкин. Бундай микроскопик трубкаларнинг ташқи юзасига ажратиладиган эритма берилади, уларнинг ичидан эса фильтрат ҳаракатланади.



20.7-расм. Ичи бўш тола шаклидаги мембранали қурилмаларнинг ташқи юзасига ажратиладиган эритма берилади, уларнинг ичидан эса фильтрат ҳаракатланади.

Бундай турдаги мембранали қурилмаларни ишлатиш даврида ажратиладиган эритмани бирламчи тартибда тозалашга алоҳида эътибор берилади. Бир қисм толаларнинг ишдан чиқиши мембраналар тўпламини бутунлай алмаштиришга сабаб бўлади.

**Мембраналарни тозалаш усуллари.** Тегишли тартибда тозаланмаган эритмани қайта ишлаш жараёнида мембраналар юзаси ифлосланиши сабабли улар тезда ишдан чиқиши ёки ажратиш самарадорлиги кескин пасайиши мумкин.

Тескари осмос ва ультрафилтрация жараёнларини амалга ошириш пайтида мембрана деворлари юзасидаги чегара қатламда эриган моддалар концентрацияси ортади. Бу пайтда мембрананинг танловчанлик ва ўтказувчанлик хусусиятлари пасаяди, унинг хизмат муддати эса қисқаради.

Эритмаларнинг бирламчи тозалаш усуллари (коагуляция, чўктириш, филтрлаш) танлаш пайтида мембрана тури, қурилманинг тузилиши ва ундаги гидродинамик режим каби бир қатор омиллар эътиборга олинади.

Кўриладиган чора тадбирларга қарамасдан мембраналарнинг ишчи юзаси қисман ифлосланиб, уларнинг технологик кўрсаткичлари ёмонлашади. Мембраналарнинг бирламчи хоссаларини тиклаш учун уларнинг ишчи юзаларини механик, гидромеханик, физик ва кимёвий усулларда тозаланади.

Механик тозалаш усулида трубкали мембраналарнинг юзаси совунли губка ёрдамида тозаланади.

Гидродинамик усулда мембраналар оралиғидаги бўшлиққа сув, ювувчи эритма ёки газ-суюқлик эмульсияси юбориш, оқимнинг турбулентлигини ошириш, уни пульсациялаш, филтрат йўналишига тескари йўналишда ҳаво ёки тоза суюқлик юбориш йўли билан мембраналар юзаси тозаланади.

Мембранага электр, магнит ва акустик майдонлар билан таъсир кўрсатиш физик тозалаш усуллари мажмуини ташкил этади.

Кимёвий тозалаш пайтида кимёвий жиҳатдан барқарор мембраналар каустик сода ва айрим кислоталарнинг кучсиз эритмаларида ювилади.

Ультрафилтрация ва тескари осмос усуллари истиқболли усуллар ҳисобланади: қурилмалар содда, жараён оддий ҳароратларда олиб борилади, энергия сарфи кам. Шунинг учун ҳам иқтисодий жиҳатдан тежамли. Масалан, 1 м<sup>3</sup> денгиз сувини чучуклаштириш учун тескари осмос усулида 7 кВт соат энергия сарфланади, агар бу жараён буғлатиш йўли билан амалга оширилса 80 кВт соат энергия сарф бўлади.

**Назорат саволлари.** 1.Тескари осмос ва ультрафилтрация жараёнларининг моҳиятини тушунтириб беринг. Ушбу жараёнларда қандай умумийлик ва фарқлар мавжуд? 2.Озиқ-овқат маҳсулотлари технологиясида тескари осмос ва ультрафилтрация жараёнлари қандай мақсадларни амалга ошириш учун қўлланилади? 3.Тескари осмос ва ультрафилтрация жараёнларини ҳаракатлантирувчи кучга таъриф беринг. 4.Ультрафилтрация анъанавий филтрлаш жараёнидан нимаси билан фарқ қилади? 5.Ультрафилтрация ва тескари осмос жараёнларида қандай турдаги мембраналардан фойдаланиш мумкин? 6.Мембраналарнинг технологик хусусиятлари ҳақида нималарни биласиз? 7. Мембрана орқали суюқликни ўтказиш учун сарфланган иш миқдорини қандай аниқлаш мумкин? 7.Эритмани мембрана воситасида ажратиш жараёни механизмини биласизми? Ушбу механизмнинг капилляр-филтрация моделини тушунтириб беринг. 8.Мембранали қурилмаларнинг қандай турларини биласиз? Уларнинг тузилиши ва ишлаш принципини тушунтириб беринг. 9.Мембранали қурилмаларни қай тартибда ҳисоблаш мумкин?

Мавҳум қайнаш ҳолати «қаттиқ жисм - газ» ёки «қаттиқ жисм - суюқлик» системаларида кузатилади. Ушбу жараён пайтида газ ёки суюқлик оқимидаги заррачалар муаллақ ҳолатда бўлиб, бир-бирига нисбатан бетартиб равишда эркин ҳаракат қилади. Шунинг учун ушбу ҳолат адабиётларда мавҳум қайнаш қатлами, донадор қатламини қайнаши ёки муаллақ қатлам ҳолати деб юритилади.

Мавҳум қайнаш қатлами донадор материал қатламидан юқорига йўналган газ (ёки суюқлик) оқимини ўтказиш йўли билан ҳосил қилинади. Бу пайтда оқим тезлиги заррачаларни муаллақ ҳолатда тутиб туриши лозим.

Абсорбция, қуритиш, иссиқлик алмашилиш, экстракциялаш, сочилувчан материалларни аралаштириш ва узатиш каби жараёнларни амалга оширишда мавҳум қайнаш қатламини қўллаш истиқболли усул ҳисобланади.

Мавҳум қайнаш жараёнида қаттиқ заррачалар ва газ (суюқлик) фазалари ўртасидаги узлуксиз контакт юзаси катта бўлади. Бу пайтда барча заррачаларнинг контакт юзалари муҳит оқими билан ювилиб туриши сабабли жараён ҳарорати ва концентрацияси тез ростланади. Натижада амалга ошириладиган жараён тезлашиб, жиҳознинг иш унумдорлиги кескин ортади. Мавҳум қайнаш қатламининг гидравлик қаршилиги нисбатан кичик бўлганлиги учун технологик жараёнга сарфладиган энергия миқдори кам бўлади.

Донадор маҳсулот қатламини тавсифлаш учун заррачаларни ўлчами, солиштира юзаси, улар оралиғидаги бўшлиқ ҳажм улуши ва материал қатламининг гидравлик қаршилиги каби катталиклардан фойдаланилади.

Донадор материал заррачалари орасидаги бўшлиқ ҳажм улуши  $\varepsilon$  қуйидагича аниқланади

$$\varepsilon = (V - V_3)/V = V_6/V, \quad (21-1)$$

бу ерда  $V$ - маҳсулот қатламининг умумий ҳажми;  $V_3$ - қатламдаги донадор заррачалар эгаллаган ҳажм;  $V_6$ - қатламдаги заррачалар оралиғидаги бўшлиқ (эркин) ҳажм.

Агар маҳсулот зичлигини  $\rho_3$  ва унинг эркин тўкилган ҳолатдаги зичлигини  $\rho_T$  деб белгиласак, у ҳолда

$$\varepsilon = 1 - \rho_3/\rho_T. \quad (21-2)$$

Диаметри  $d$  бўлган заррачанинг солиштира юзаси

$$f_c = 6(1-\varepsilon)/d. \quad (21-3)$$

Маҳсулот заррачалари орасида ҳосил бўладиган каналларнинг эквивалент диаметри  $d_3$  қуйидагича ифодаланади

$$d_3 = (2/3) d \varepsilon/(1-\varepsilon). \quad (21-4)$$

Ушбу каналлар узунлигини ( $L$ ) қатлам баландлиги ( $H$ ) орқали ифодалаш мумкин

$$L = \varphi H,$$

бу ерда  $\varphi$ - тажрибавий коэффицент,  $\varphi > 1$ .

Донадор материал қатламидаги оқимнинг ҳақиқий тезлиги

$$\omega = \omega_0/\varepsilon.$$

$\omega$ ,  $d_3$  ва  $L$  катталиклар ифодаларини ҳисобга олган ҳолда, донадор материал қатламининг гидравлик қаршилиги  $\Delta P$  тенгламаси қуйидагича ёзилади

$$\Delta P = 3\lambda\varphi H(1-\varepsilon)\omega_0^2 K_{ш}/(4d \varepsilon^3), \quad (21-5)$$

бу ерда  $\lambda$ - қатламнинг қаршилик коэффициенти;  $K_{ш}$ - заррачалар учун шакл коэффициенти.

Ушбу (21-5) тенгламадан оқимнинг турли режимлари учун эмпирик ҳисоблаш тенгламалари ишлаб чиқилади.

Суюқлик ва газлар ҳаракатини донадор қатламдаги ламинар режими учун

$$\Delta P = 72(1-\varepsilon)^2 \varphi \omega_o \mu H / (\varepsilon^3 d^2) . \quad (21-6)$$

Агар қатламдаги оқим режими турбулент бўлса, у ҳолда қатламнинг гидравлик қаршилиги

$$\Delta P = [150(1-\varepsilon)^2 \mu \omega_o / (\varepsilon^3 d^2) + 1.75(1-\varepsilon) \rho \omega_o^2 / (\varepsilon d)] H K_{ш} . \quad (21-7)$$

### Мавҳум қайнаш қатламининг гидродинамикаси

Мавҳум қайнаш қатлами қуйидагича ҳосил қилинади. Ихтиёрий шаклдаги вертикал идиш (масалан, цилиндр) тубига сим тўр ўрнатилиб, унинг юзасига муайян қалинликда сочилувчан донадор қаттиқ материал заррачалари тўкилади. Шундан сўнг аппарат тубидан юқорига, тўр орқали ҳаво (ёки суюқлик) оқими юборилади.

Дастлаб, ҳаво оқимини тезлиги (сарфи) кичик бўлганда, тўр устидаги материал қатлами кўзгалмас бўлади. Ҳавонинг тезлиги маълум бир қийматларга эга бўлганда қатламдаги материалнинг оғирлиги газ оқимининг гидродинамик босимига тенг бўлиб қолади. Натижада, гидродинамик мувозанат юзага келиб, заррачалар бир-бирига нисбатан турли йўналишлар бўйича силжий бошлайди.

Газ тезлиги янада оширилса, заррачалар ҳаракати тезлашади, қатлам кенгаяди ва у худди қайнаётгандек бўлиб кўринади. Қатламини бундай ҳолати мавҳум қайнаш ҳолати дейилади.

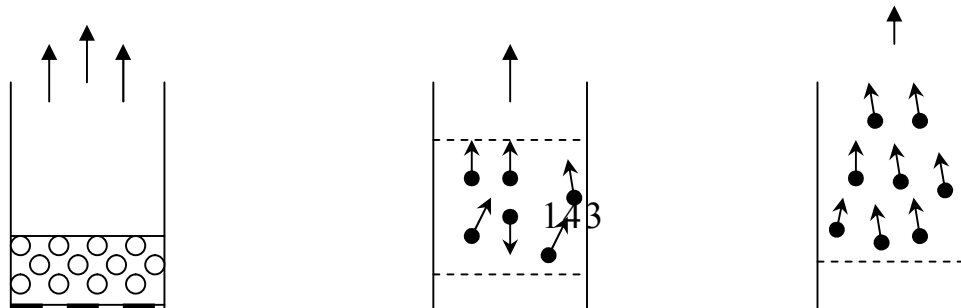
Материал қатламини ўзгармас ҳолатдан мавҳум қайнаш ҳолатига ўтиш жараёнига тўғри келувчи ҳавонинг (суюқликнинг) тезлиги мавҳум қайнашнинг бошланиш тезлиги ёки биринчи критик тезлик  $\omega_{кр1}$  деб юритилади.

Келгусида, ҳаво тезлиги янада оширилса, гидродинамик босим кучлари қиймати материалнинг оғирлик кучлари қийматидан ортиб кетади. Бу пайтда материал доналари ҳаво оқими билан аппаратдан учиб чиқиб кетиши мумкин. Ушбу ҳолатга мос келувчи оқим тезлиги материалнинг учиб чиқиб кетиш тезлиги ёки иккинчи критик тезлик  $\omega_{кр2}$  деб юритилади.

Газ (суюқлик) оқимининг тезлигига кўра донадор материал қатламининг асосий ҳолатларини таҳлил қиламиз.

#### 1. Оқим тезлиги $\omega_o < \omega_{кр1}$ бўлганда донадор материал қатлами

кўзгалмас ҳолатда бўлади (21.1-расм, а- схема). Бу пайтда қатламнинг гидравлик қаршилиги ортиб боради (21.2-расм, а-схемадаги АВ чизик), унинг бўшлиқ ҳажми ва баландлиги деярли ўзгармайди (21.2-расм, б-схемадаги АВ чизик). Оқимни кўзгалмас донадор қатламдаги ҳаракатининг асосий қонуниятлари 21.1 бандда кўриб чиқилган.



2. Оқим тезлиги  $\omega_0 = \omega_{кр1}$  бўлса қурилмада мавҳум қайнаш қатлами юзага келади (21.1-расм, б-схема; 21.2-расм, а- ва б- схемалардаги С нукта). Бу пайтда мавҳум қайнаш қатламининг гидравлик қаршилиги

$$\Delta P = G/F, \quad (21-8)$$

бу ерда G- қатламдаги заррачаларнинг оғирлиги; F- қурилманинг кўндаланг кесим юзаси.

Донадор қатламдаги заррачаларнинг оғирлигини қуйидагича ифодалаш мумкин

$$G = FH(1-\varepsilon)(\rho_3-\rho)g, \quad (21-9)$$

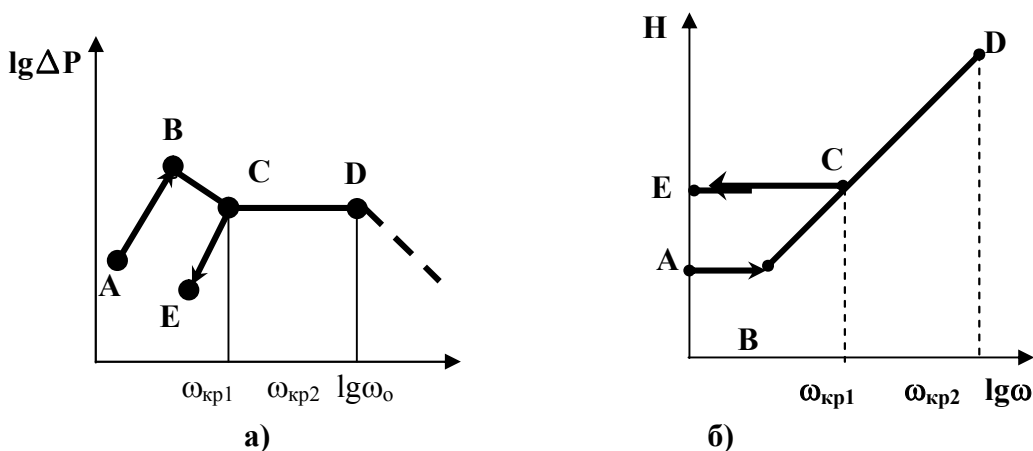
бу ерда H- заррачалар қатламининг баландлиги;  $\rho_3$  ва  $\rho$ - қаттиқ заррачалар ва ишчи муҳитнинг зичликлари; g- эркин тушиш тезланиши.

(21-8) тенгламага асосан

$$\Delta P = H(1-\varepsilon)(\rho_3-\rho)g. \quad (21-10)$$

Мавҳум қайнаш ҳолатида маҳсулот қатламидаги заррачалар турли йўналишлар бўйлаб силжиб, интенсив аралаша бошлайди (21.1- расм, б-схема). Қатламнинг эркин юзасида тўлқинланиш ва чайқалишлар кузатилади. Бу пайтдаги қатлам ҳолатининг манзараси худди қайнаётгандек қуринади.

Мавҳум қайнаш ҳолатида заррачалар қатламининг баландлиги ўсади ва ундаги бўшлиқ ҳажм улуши ортади (21.2-расм, а-схемадаги ВС чизик). Ушбу тасвирдаги ВС чизик қаттиқ заррачалар ўртасидаги тортишиш кучларининг таъсирини ифодалайди.



21.2-расм. Қаттиқ заррачалар қатламининг гидравлик қаршилиги ва қатлам баландлигини оқимнинг тезлигидан боғлиқлиги: а- қатламнинг гидравлик қаршилигини оқим тезлигидан боғлиқлиги  $\Delta P=f(\omega)$ ; б- қатлам баландлигини оқим тезлигидан боғлиқлиги  $H=f(\omega)$ .



3.  $\omega_{кр1} < \omega_o < \omega_{кр2}$  чегараларда оқим тезлигини ортиши туфайли заррачалар янада интенсивроқ аралашади, қатлам баландлиги (21.2-расм, б- схемадаги ВС чизиқ) ва ундаги бўшлиқ ҳажм улуши ҳам ортиб боради. Бу пайтда қатламнинг гидравлик қаршилиги деярли ўзгармайди (21.2-расм, а-схемадаги СД чизиқ).

4. Оқим тезлиги  $\omega_o \geq \omega_{кр2}$  бўлганда мавҳум қайнаш қатлами бузилади. Қатламдаги заррачаларни оқим билан бирга қурилмадан учиб чиқиб кетиш ҳолатлари кузатилади. Заррачаларнинг массавий равишда қурилмадан учиб чиқиб кетиш ҳолати пневмотранспорт (гидротранспорт) жараёнларига монанд бўлади. Ушбу услубдан техникада сочилувчан материалларни қувурлар бўйлаб узатишда фойдаланилади. Дон маҳсулотлари корхоналарида унни қопсиз ташиш ва силосларга юклаш каби жараёнлар бунга мисол бўла олади.

Қаттиқ заррачаларни қурилмадан чиқиб кетиш тезлиги  $\omega_{кр2}$  эркин шопирилиш  $\omega_{ш}$  тезлиги деб ҳам юритилади.  $\omega_o = \omega_{ш}$  бўлган ҳолатда қаттиқ заррачалар қатламининг бўшлиқ ҳажми жуда катта бўлади ( $\epsilon \approx 1$ ). Бу пайтда заррачаларнинг оғирлиги оқимнинг кўтариш кучи билан мувозанатда бўлиши сабабли улар бир-биридан боғлиқ бўлмаган ҳолатда ҳаракатланиб, эркин учиб юради, чўкмайди ва оқим билан қурилмадан чиқиб ҳам кетмайди (21.2-расм, а- ва б- схемалардаги Д нуқта). Шунинг учун заррачаларни ушбу ҳолатдаги тезлигини чўкиш жараёни учун тавсия этилган

$$Ar = \zeta(3/4)Re^2 \text{ ва } Re = Ar/(18+0.61Ar^{1/2})$$

тенгламалар ёрдамида аниқлаш мумкин.

Шундай қилиб, ишчи муҳит тезлигига кўра мавҳум қайнаш қатламининг уч хил режимлари мавжуд:

- фильтрлаш режими  $\omega_o < \omega_{кр1}$ ;
- мавҳум қайнаш қатлами  $\omega_o > \omega_{кр1}$ ;
- пневмотранспорт режими  $\omega_o > \omega_{кр2}$ .

5. Мавҳум қайнаш жараёнидан сўнг, оқим тезлигининг сусайиши **пайтида**, қатламнинг гидравлик қаршилиги ВА чизиқ бўйича эмас, аксинча СЕ чизиғи билан (21.2-расм, а-схема) тавсифланади. Ушбу гистерезис куйидагича тушунтирилади: мавҳум қайнаш қатламида бўлган заррачалар қатламининг эркин бўшлиқ ҳажми жараёндан аввалги ҳолатга нисбатан катта бўлади. Шу сабабдан, жараён сўнгида ҳосил бўлган қатламнинг гидравлик қаршилиги ҳам кичик бўлади. Мавҳум қайнаш қатлами иккинчи бор такрорланса, ушбу гистерезис ҳолати қайта кузатилмайди.

Шундай қилиб, мавҳум қайнаш қатламидаги оқимнинг ишчи тезлиги  $\omega_{кр1} < \omega_o < \omega_{кр2}$  чегараларда бўлиши керак.

Мавҳум қайнаш жараёни қатламдаги заррачаларнинг аралашуви интенсивлигини кўрсатувчи мавҳум қайнаш сони  $K_\omega$  билан тавсифланади

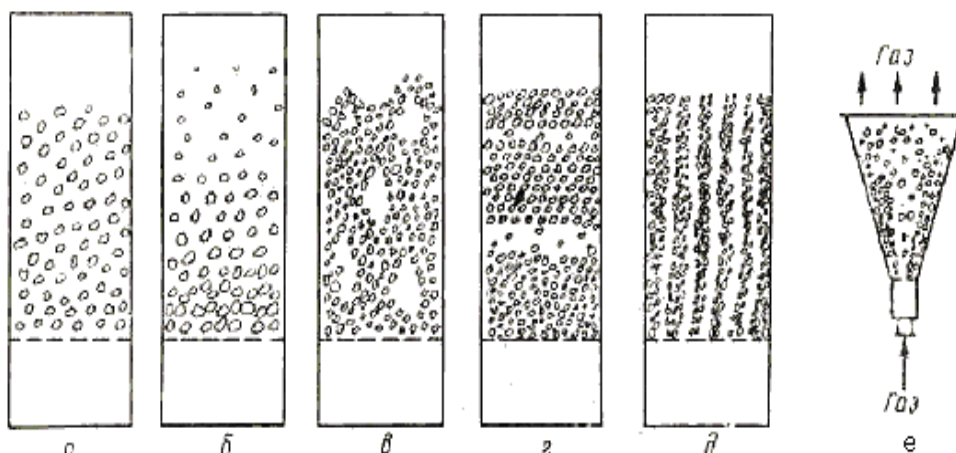
$$K_\omega = \omega_o / \omega_{кр1}, \quad (21-11)$$

бу ерда  $\omega_o$ - оқимни қурилманинг кўндаланг кесим юзасига нисбатан олинган ишчи тезлиги.

Тажрибалар ўтказиш йўли билан ҳар бир жараён тури учун  $K_\omega$  қийматларининг оптимал чегаралари аниқланади. Одатда,  $K_\omega = 2$  бўлган ҳолларда заррачаларнинг интенсив аралашуви эришиш мумкинлиги аниқланган.

Мавҳум қайнаш қатламининг структураси ишчи муҳит туридан (газ ёки суюқлик) боғлиқ бўлади. Техникада мавҳум қайнаш қатлами асосан газ оқимида ташкил этилади.

$\omega_{кр1}$  -  $\omega_{кр2}$  тезликлар оралиғида донадор материалларнинг мавҳум қайнаш ҳолати бир жинсли ёки турли жинсли бўлиши мумкин.



**21.3-расм. Қурилмалардаги мавҳум қайнаш қатламининг ҳолатлари: а- бир жинсли қатлам; б- сийраклашган турли жинсли қатлам; в- пуфакчали барботаж қатлами; г- поршенли қайнаш қатлами; д- каналли қайнаш қатлами; е- фавворали қайнаш қатлами.**

Бир жинсли мавҳум қайнаш қатламида (21.3-расм, а-схема) материал заррачалари қатлам баландлиги бўйича бир хилда тарқалган бўлади. Аксинча ҳолларда, заррачалар қатлам бўйича нотекис ҳолатда тарқалган бўлади. Бу пайтда заррачаларнинг ҳолати турли жинсли мавҳум қайнаш қатлами кўринишида (21.3-расм, б-схема) бўлади.

Саноат қурилмаларида турли жинсли қатлам ҳолатларини ҳосил бўлиши қурилма ва заррачаларнинг шакли, ўлчами ва юзасига, заррачалар ва оқим зичликларининг нисбатига, оқим тезлиги ва газ тарқатувчи тўрнинг турига боғлиқ бўлади.

$K_0$  сони қийматини ортиши билан қатламнинг турли жинслилик даражаси ортади. Бу пайтда қатламдаги газ оқими нафақат узлуксиз оқим, балки пуфакча шаклида ҳам ҳаракатланиши мумкин (21.3-расм, в-схема). Ҳаракатдаги газ пуфакчалари қатламдаги заррачаларнинг аралашувини тезлаштиради. Келгусида, газ сарфининг ортиши билан пуфакчалар ўлчами қурилма диаметригача катталашуви мумкин. Бу пайтда газ пуфакчаси устидаги заррачалар қатламининг поршенли ҳаракати кузатилади (21.3-расм, г-схема). Бу пуфакчалар қатламдан чиқиш пайтида ёрилиб, қатлам баландлигини тўлқинланишига ва ундаги маълум бир қисм заррачаларнинг юқорига итқитилишига сабаб бўлади. Шу тариқа заррачаларнинг газ оқими билан қурилмадан чиқиб кетиш эҳтимоли ортади.

Поршенли қайнаш режимида газ оқими ва материал заррачалари ўртасидаги контакт юзанинг бир хиллиги бузилиб, қаттиқ фазани вертикал йўналишда аралашуви ёмонлашади, газ оқими ва заррачалар ўртасидаги контакт юза қисқаради. Поршенли режим қурилма диаметри кичик, заррачалар ўлчамлари катта ва газ оқими тез бўлган ҳолларда кузатилиши мумкин.

Ўта кичик ўлчамли (масалан, кукунсимон), намлиги юқори ва зичлашувчанлик хусусиятига эга бўлган материал заррачаларига мавҳум қайнаш қатламида ишлов бериш жараёнида каналли қатлам ҳолати (21.3-расм, д-схема) кузатилиши мумкин. Бу пайтда газ оқимининг асосий қисми ҳосил бўлган каналлар орқали, қатламдаги маҳсулот заррачалари билан ўзаро контактга киришмасдан, эркин ўтиб кетади. Газ оқими тезлигининг ортиши билан бу каналлар тўла йўқолиши ёки газ тарқатувчи тўр устидаги қатламдагина қисман сақланиб қолиши мумкин.

Конуссимон тубли курилмаларда каналли мавҳум қайнаш қатлами фавворали қатламга айланади (21.3-расм, е-схема). Бундай режимда курилманинг ўқи бўйлаб ҳаракатланаётган газ оқими қаттиқ материал заррачаларини фаввора шаклида юқорига отади.

Хозирги кунда мавҳум қайнаш қатламини ҳосил қилишнинг илмий жиҳатдан асосланган янги усуллари мавжуд. Бундай усуллар қаторига босим таъсиридаги юқори ҳароратли қатлам, марказдан қочма куч майдонидаги қатлам, оқимни импульсли циркуляциясига эга қатлам, вибрация таъсиридаги қатлам ва уюрмавий қатлам ҳосил қилиш усулларини мисол қилиб келтириш мумкин.

Шарсимон ва унга яқин бўлган шакллардаги заррачалар қатламини мавҳум қайнаш ҳолатига келтирувчи оқимнинг биринчи критик тезлиги аналитик услубда,  $Re$  критерийсининг критик қиймати бўйича, аниқланиши мумкин

$$Re_{кр} = Ar / (1400 + 5.22Ar^{1/2}), \quad (21-12)$$

бу ерда  $Re_{кр1} = \omega_{кр1} d \rho_3 / \mu$ ;  $Ar = (d^3 \rho^2 g / \mu^2) (\rho_3 - \rho_m)$ ;  $d$ - заррачаларнинг ўртача диаметри;  $\mu$ - ишчи муҳитнинг динамик қовушқоқлиги.

$Re_{кр}$  критерийсининг сон қиймати бўйича  $\omega_{кр1}$  аниқланади. Шундан сўнг, (21-4) тенгламадан  $K_\omega$  қийматлари учун оқимнинг ишчи тезлиги  $\omega_0$  ҳисобланади.  $\omega_0$  қийматлари бўйича курилманинг диаметри аниқланади:

$$D = [4Q / (\pi \omega_0)]^{1/2}. \quad (21-13)$$

Маҳсулот заррачаларининг қатламда бўлиш вақти

$$\tau_{ўрт} = m / G, \quad (21-14)$$

бу ерда  $m$ - қатламдаги қаттиқ материалнинг массаси, кг;  $G$ - материал сарфи, кг/сек.

Майда донадор материалнинг мавҳум қайнаш қатламини гидравлик қаршилиги куйидаги тенглама асосида аниқланади

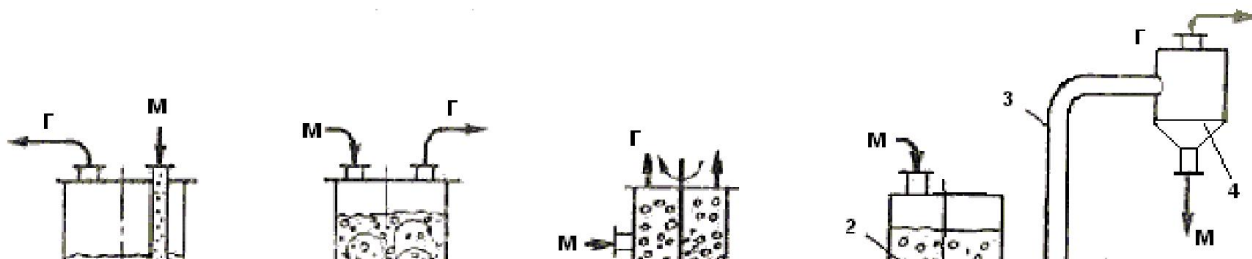
$$\Delta P = 150(1-\varepsilon)^2 \mu N \omega_0 (K_{ш} \varepsilon^3 d^2). \quad (21-15)$$

Мавҳум қайнаш қатламидан маҳсулот заррачаларининг учиб чиқиш тезлиги  $\omega_{кр2}$  ҳам (21-12) тенгламадан аниқланиши мумкин. Бунинг учун  $Re_{кр}$  ифодасидаги  $\omega_{кр1}$  ўрнига  $\omega_{кр2}$  қуйилади.

### Мавҳум қайнаш қатламли курилмалар

Жараёни амалга оширилиш шароитлари, маҳсулот сифатига кўрсатиладиган талаблар ва маҳсулот ҳамда ишчи муҳит ўртасидаги таъсирнинг специфик хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда, мавҳум қайнаш қатламли курилмаларнинг кўплаб турлари яратилган. Даврий ва узлуксиз режимда ишловчи бундай курилмаларда маҳсулот газ оқими билан параллел, қарама-қарши ва кесишувчан йўналишларда контактда бўлади.

Мавҳум қайнаш қатламли айрим курилмаларнинг принципаал тузилиш схемалари 21.4-расмда тасвирланган. 21.4-расмнинг а-схемасида тасвирланган цилиндрик адсорбер узлуксиз режимда ишлайди. Адсорбент курилманинг юқори қисмидаги патрубкдан газ тақсимловчи панжара устига узлуксиз тўкилиб туради. Панжара остидан юқорига қараб йўналтирилган газ оқими материал қатламидан ўтиб, уни мавҳум қайнаш ҳолатига келтиради. Қурилмада ишлов берилаётган материал сатхи қуйилиш патрубкиси воситасида ростланади. Ушбу типдаги курилмадан газларни тозаловчи адсорбер ёки сочилувчан материаллар учун курутгич сифатида фойдаланиш мумкин.



Вертикал ҳолатда ўрнатиладиган цилиндрик силослар (17.4-расм, б-схема) кўп миқдордаги дон маҳсулотларини йиғиш, уларни сиқилган ҳаво ёрдамида аралаштириш ва мажбурий усулда шамоллатиш учун қўлланилади. Ушбу мақсадларни амалга ошириш учун силоснинг туби, думалок концентрик тўсиқ ёрдамида, иккита алоҳида қисмларга - ташқи ва ички ҳалқасимон камераларга ажратилган. Ушбу қисмларга ўрнатилган патрубклар орқали қурилмага ҳаво берилади. Ташқи ҳалқага бериладиган ҳаво миқдори, ички ҳалқага нисбатан, икки марта ортиқ бўлади. Шу сабабдан, силосдаги донни девор четидан унинг марказий ўқи томон йўналган циркуляциявий ҳаракати юзага келади. Дон қатламининг мавҳум қайнаш ҳолатидаги бундай ҳаракати технологик мақсадни тезда амалга оширилишига имкон беради.

Заррачаларининг ўлчамлари кичик, ёпишувчан ва электростатик хусусиятга эга бўлган материалларни аралаштириш, уларнинг зичлашган қатламларини бузиш ва бундай муҳитда иссиқлик (модда) алмашилиш жараёнларини тезлаштириш учун пневмомеханик усулдан (21.4-расм, в-схема) фойдаланилади. Бу пайтдаги маҳсулотнинг мавҳум қайнаш қатлами механик аралаштиргичлар ёки вибраторлар ёрдамида кўшимча равишда аралаштирилади.

21.4-расмнинг г-схемасида тасвирланган қурилма сочилувчан материалларни пневматик услубда масофага узатиш ёки уларни иссиқ ҳаво оқимида қуритиш учун қўлланиши мумкин. Қаттиқ материал заррачаларини ҳаво оқимидаги концентрацияси шлюзли затвор воситасида ростланади.

Умуман олганда, мавҳум қайнаш қатламли қурилмалар адсорбция ва қуритиш жараёнларини амалга ошириш учун кенг қўлланилади.

Назорат саволлари: 1. Донадор материалларни мавҳум қайнаш ҳолатига таъриф беринг. Мавҳум қайнаш қатлами қандай ҳосил қилинади? 2. Нима сабабдан мавҳум қайнаш қатламида амалга ошириладиган жараёнлар интенсив кечади? Сабабларини тушунтириб беринг. 3. Донадор қатламни тавсифловчи қандай катталиклари

биласиз? 4.Донадор материал қатламининг бўшлиқ ҳажмини қандай аниқлаш мумкин? 5. Газ оқими тезлигининг биринчи ва иккинчи критик тезликлари ҳақида нималарни биласиз? 6.Қаттиқ заррачалар қатламининг газ оқимидаги қандай ҳолатлари мавжуд? 7.Газ оқимининг қандай тезлигида заррачалар қурилмадан учиб чиқиб кетади? Ушбу ҳолатни салбий ва ижобий томонларини изоҳланг. 8. Мавҳум қайнаш сони қандай катталиқ? 9.Саноат қурилмаларида мавҳум қайнаш қатламининг қандай ҳаракат режимлари мавжуд бўлиши мумкин? 10.Газ оқимининг биринчи критик тезлиги қандай аниқланади? 11.Мавҳум қайнаш қатламли қурилмаларнинг қандай турлари мавжуд? Улардан қайси бир технологик жараёнларни амалга ошириш учун фойдаланиш мумкин?

### **Мавзу: Иссиқлик ўтказиш асослари Умумий маълумотлар**

Озиқ-овқат технологиясининг бир қатор жараёнлари иссиқлик энергиясини бериш ёки ажратиб олиш йўли билан, белгиланган ҳароратлар чегараларида ва йўналишларда амалга оширилади. Турлича ҳароратларга эга бўлган муҳитлар (жисмлар) ўртасида иссиқлик энергиясини уларнинг биридан иккинчисига ўтиши иссиқлик алмашилиш жараёни дейилади. Ушбу жараён, термодинамиканинг иккинчи қонунига биноан, “иссиқ” муҳитдан “совуқ” муҳитга қараб йўналган бўлади. Жараённи кечиш тезлиги ишчи муҳитлар ҳароратлари ўртасидаги фарқнинг қиймати билан тавсифланади. Ушбу фарқ қиймати қанчалик катта бўлса, жараён шунчалик тез кечади.

Саноатда иссиқлик алмашилиш жараёнларини қиздириш, совутиш, буғлатиш, буғларни конденсациялаш каби турлари кенг қўлланилади. Ушбу жараёнларни амалга оширувчи қурилмалар иссиқлик алмашилиш аппаратлари (қиздиргич, совутгич, буғлатиш аппарати, конденсатор ва бошқалар) деб аталади.

Табиатда иссиқлик тарқалишининг учта принципаал тури мавжуд: иссиқлик ўтказувчанлик, конвекция ва иссиқликнинг нурланиши.

**Иссиқлик ўтказувчанлик** йўли билан иссиқликни тарқалиши молекуляр механизм бўйича амалга ошади. Шунга кўра, бир-бирига бевосита тегиб турган микрзаррачаларни (молекулаларни) тартибсиз ҳаракати туфайли, катта энергияга эга бўлган заррачалардан нисбатан кам энергияли заррачаларга иссиқлик ўтказилади.

Турбулент режимда ҳаракатланаётган оқимнинг қаттиқ жисм билан ажратилган юпқа чегара қатламларида иссиқлик ўтказувчанлик муҳим аҳамиятга эга.

Иссиқлик ўтказувчанлик йўли билан амалга ошириладиган жараён тезлиги модданинг (муҳитнинг) тузилиши ва хусусиятларига боғлиқ бўлади. Газ ва томчили суюқликларда молекулаларнинг ҳаракати, қаттиқ жисмларда кристалл панжараларидаги атомларнинг тебраниши, металлларда эса электронлар диффузияси туфайли иссиқлик ўтказиш жараёни содир бўлади.

**Иссиқликнинг нурланиши.** Иссиқлик энергиясини электромагнит тўлқинлар ёрдамида тарқалиш жараёни иссиқликнинг нурланиши деб юритилади. Ушбу тўлқинлар манбаи бўлиб модданинг зарядланган заррачалари (электрон ва ионлар) ҳисобланади. Ҳар қандай жисм ўзидан кенг спектрда нур чиқариш ва уни ютиш қобилиятига эга бўлади. Иссиқликнинг нурланиши туфайли узатиладиган иссиқлик энергияси дастлаб нурланган энергияга айланади, сўнгра у ўз йўналишида жойлашган бошқа бир жисмга ютилади ва бу жисмда қайтадан иссиқликка айланади. Шу тариқа нур билан иссиқлик алмашилиш жараёнлари - нур чиқарилиш ва нур ютилиш жараёнлари содир бўлади.

**Конвекция.** Газ ва суюқликларнинг макроскопик ҳажмларини ҳаракати ва уларнинг ўзаро аралашуви натижасида иссиқликни тарқалиши конвекция деб юритилади. Бу пайтда муҳитнинг айрим нуқталаридаги ҳароратларнинг мавжуд фарқи сабабли зичликлар айирмаси ҳосил бўлади. Шу сабабдан, муҳит заррачаларини юқори ҳароратли зонадан паст ҳароратли зонага табиий сурилиши ва аралашуви юз беради. Газ ва

суюқликлардаги бундай ҳаракат туфайли иссиқликнинг алмашилиши табиий (эркин) конвекция дейилади. Агар суюқлик ва газларни аралаштириш учун ташқи механик куч сарфланса (насос ёки аралаштиргич ишлатилса), бундай конвекция тури мажбурий конвекция дейилади.

Реал шароитларда иссиқлик энергияси иссиқлик тарқалишининг бир неча турларини ўзаро уйғунлашуви кўринишида узатилади. Мисол учун, буғ қозони ўтхонасида ёнаётган ёқилғининг иссиқлиги қиздириш трубкаларига бир пайтнинг ўзида иссиқликнинг нурланиши, конвекция ва иссиқлик ўтказувчанлик йўллари билан узатилади. Иссиқликни металл трубка деворлари ва унга ёпишган суюқликнинг куйинди қатлами бўйлаб ўтиши иссиқлик ўтказувчанлик йўли билан амалга оширилади. Трубкалар ичида қайнаётган суюқликка иссиқлик энергияси асосан конвекция ва қисман иссиқлик ўтказувчанлик йўли билан узатилади.

Ҳарорати юқори (“иссиқ”) муҳитдан нисбатан паст ҳароратли (“совуқ”) муҳитга уларни ажратиб турувчи қаттиқ жисм юзаси (девори) орқали иссиқликни ўтиши **иссиқлик ўтказиш** жараёни дейилади.

Иссиқлик алмашилиш жараёнларида қатнашувчи моддалар (муҳитлар) иссиқлик ташувчи агентлар деб юритилади. Ҳарорати юқори бўлган ва жараён мобайнида ўз иссиқлигини қиздирилайётган муҳитга берувчи моддалар **иситувчи агентлар** деб номланади. Совутилайётган муҳитга нисбатан паст ҳароратга эга бўлган, ўзига бу муҳитдан иссиқликни олувчи моддалар эса **совутувчи агентлар** деб аталади.

Қозонхоналарда ёқилғиларни ёниши пайтида ҳосил бўлган тутун газлари ва электр энергияси **бевосита иссиқлик манбаи** ҳисобланади. Бундай манбаалардан иссиқлик олиб, ўзининг иссиқлигини қурилмалар девори орқали қиздирилайётган муҳитга берувчи моддалар **оралиқ иссиқлик ташувчи агентлар** дейилади. Оралиқ иссиқлик ташувчилар қаторига сув буғи, иссиқ сув ва юқори ҳароратли иссиқлик ташувчи моддалар (минерал мойлар, органик суюқликлар ва уларнинг буғлари, суюлтирилган тузлар, суюқ металллар ва б.) киради.

Озиқ-овқат саноати корхоналарида қиздирувчи агент сифатида сув буғи, иссиқ сув ва дудловчи тутун газларидан фойдаланилади. Совутувчи агентлар сифатида эса азот, аммиак, фреон, тузли эритмалар, совуқ сув ва ҳаводан фойдаланилади.

Иссиқлик ташувчи агентни танлаш пайтида жараён ҳарорати, унинг асосий вазифаси, таннархи, физик-кимёвий хусусиятлари ва экологик безарарлиги каби бир қатор омилларга аҳамият берилади.

Қурилмаларни ишлаш режимига кўра иссиқлик ўтказиш жараёнлари турғун ва нотурғун бўлади.

Узлуксиз ишловчи қурилмаларда ҳароратни ўзгариши вақтга боғлиқ бўлмайди. Даврий ишловчи аппаратларда жараён ҳарорати вақт ва фазо бўйича ўзгариб туради, яъни нотурғун бўлади. Узлуксиз режимда ишловчи аппаратларни ишга тушириш, созлаш ва тўхтатиш жараёнида ҳам нотурғун жараёнлар мавжуд бўлади.

### Ҳарорат майдони ва ҳарорат градиенти

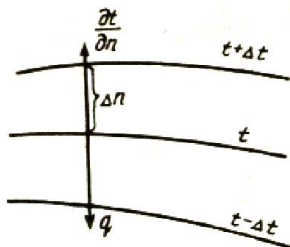
Иссиқлик ўтказишнинг асосий шarti жисм ёки муҳитнинг турли нуқталаридаги ҳарорат қийматларининг тенг бўлмаслигидир. Шу сабабдан, ишчи муҳитда юзага келувчи иссиқлик оқимининг қиймати ушбу муҳитда ҳароратни қай тарзда тақсимланиши характеридан боғлиқ бўлади. Кузатилайётган муҳитнинг барча нуқталаридаги ҳарорат қийматларининг жамланмаси **ҳарорат майдони**ни ташкил этади. Ҳарорат майдони ҳам вақт бўйича турғун ёки нотурғун бўлиши мумкин.

Ҳарорат майдони умумий ҳолда қуйидаги функционал боғлиқлик кўринишида ифодаланади

$$t = f(x, y, z, \tau), \quad (22-1)$$

бу ерда  $t$ - текширилаётган нуктадаги мухит ҳарорати;  $x$ ,  $y$  ва  $z$ - шу нуктанинг координаталари;  $\tau$ - вақт.

Бир хил ҳароратга эга бўлган барча нукталарнинг фазодаги геометрик ўрни изотермик юза дейилади. Жисмнинг изотермик юзалари бир-бири билан ўзаро кесишмайди. Ҳарорат бир изотермик юзадан иккинчи изотермик юзага ўтказилган нормал чизиқлар йўналиши бўйлаб ўзгаради (22.1- расм).



22.1- расм. Ҳарорат градиентини аниқлаш схемаси.

Ихтиёрий танланган ва ўзаро қўшни бўлган иккита изотермик юзаларнинг ҳарорат қийматлари  $t$ ,  $t+\Delta t$  ёки  $t-\Delta t$  бўлсин. Ушбу юзалар оралиғидаги энг қисқа масофа, юзаларга ўтказилган нормал чизиқ бўйича,  $\Delta l$  бўлсин. Бундай ҳолатда, юзаларнинг ўзаро яқинлашуви натижасида ( $\Delta l \rightarrow 0$ ) ҳароратлар айирмаси  $\Delta t$  ни  $\Delta l$  масофага нисбати

$$\lim (\Delta t / \Delta l)_{\Delta l \rightarrow 0} = \partial t / \partial l = \text{grad } t \quad (22-2)$$

ҳарорат градиенти деб аталади. Ушбу катталиқ қиймати ҳарорат майдонининг берилган нуктасидаги ҳароратни ўзгариш тезлигини тавсифлайди.

$\partial t / \partial l \neq 0$  бўлган ҳолларда иссиқлик оқими  $q$  юзага келади. Иссиқликни узатилиши ҳарорат градиенти чизиғи бўйлаб кечади, аммо унинг йўналиши ушбу градиент йўналишига қарама-қарши бўлади:

$$q \sim (-\partial t / \partial l). \quad (22-3)$$

Агар  $\partial t / \partial l = 0$  бўлса, мувозанат ҳолат юзага келади ва иссиқлик оқими тўхтайтиди.

### Иссиқлик ўтказувчанлик

Иссиқлик ўтказувчанлик йўли билан иссиқлик узатиш жараёнининг асосий қонуни Фурье қонунидир. Бу қонунга кўра, иссиқлик ўтказувчанлик йўли билан ўтган иссиқлик миқдори  $dQ$  ҳарорат градиентига  $\partial t / \partial l$ , вақтга  $d\tau$  ва иссиқлик оқимига перпендекуляр жойлашган майдоннинг кесим юзасига  $dF$  пропорционалдир, яъни:

$$dQ = -\lambda (\partial t / \partial l) dF d\tau, \quad (22-4)$$

ёки иссиқлик оқимининг зичлиги

$$q = Q / (F\tau) = -\lambda (\partial t / \partial l) \quad (22-5)$$

бу ерда  $\lambda$ - иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентини, унинг ўлчов бирлиги

$$\lambda = \left[ \frac{dQ \cdot dl}{dt \cdot dF \cdot d\tau} \right] = \left[ \frac{\text{Ж} \cdot \text{м}}{\text{град} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{сек}} \right] = \text{Вт} / (\text{м} \cdot \text{град}).$$

$\lambda$  коэффициентининг сон қиймати иссиқлик ўтказувчанлик йўли билан  $1\text{ м}^2$  иссиқлик алмашилиш юзасидан 1 секунд вақт ичида изотермик юзага нормал бўлган  $1\text{ м}$  узунликка тўғри келган ҳароратларни 1 градусга пасайиши пайтида ўтган иссиқлик миқдорини кўрсатади.

Иссиқлик ўтказувчанлик модданинг иссиқликни қай даражада ўтказиш қобилиятини тавсифловчи физик хоссасидир. Модданинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти қиймати унинг табиати, агрегат ҳолати, жараён ҳарорати ва босими каби омилларга боғлиқ бўлади.

Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентининг энг катта қиймати металлларга тўғри келади. Масалан, озик-овқат машинасозлигида қўлланувчи металллар учун  $[\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})]$ : мис-  $350 \div 400$ ; пўлат ва чўянлар -  $45 \div 50$ ; алюминий-  $200$ ; латунь-  $85$ ; зангламас пўлат-  $17 \div 21$  ва х.

$\lambda$  коэффициентининг энг кичик қийматлари газларга тегишли, масалан, ҳаво учун  $\lambda=0.027$  [Вт/(м·К)], бошқа газлар учун  $\lambda= 0.0058\div 0.5$  Вт/(м·К) чегараларда бўлади. Ғоваксимон тузилишга эга бўлган иссиқликни ҳимоя қилувчи қоплама материаллар учун  $\lambda= 0.0116\div 0.006$  Вт/(м·К).

Металлар ва кўплаб суюқликлар (сув ва глицерин бундан мустасно) учун ҳароратни ортиши билан  $\lambda$  қиймати камаяди. Газлар ҳароратини ортиши билан  $\lambda$  қиймати ҳам ортади, уларнинг босимини ошиши ушбу коэффициент қийматига сезиларли таъсир кўрсатмайди.

**22.3.1. Иссиқлик ўтказувчанликнинг дифференциал тенгламаси** Фурье тенгламаси деб ҳам юритилади. Ушбу тенглама қўзғалмас муҳитда иссиқлик ўтказувчанлик йўли билан иссиқликнинг тарқалиш жараёнларини тавсифлайди

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\lambda}{c\rho} \left( \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) \quad (22-6)$$

ёки

$$\partial t / \partial \tau = (\lambda / c\rho) \nabla^2 t, \quad (22-7)$$

бу ерда  $c$ - жисм ёки муҳитнинг солиштирма иссиқлик сифими, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $\rho$ - уларнинг зичлиги, кг/м<sup>3</sup>;  $\nabla^2 t$ - Лаплас оператори.

Турғун жараёнлар ( $\partial t / \partial \tau = 0$ ) учун (22-6) тенглама куйидаги кўринишга эга бўлади:

$$\frac{\lambda}{c\rho} \left( \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) = 0 \quad (22-8)$$

ёки

$$\lambda / c\rho \cdot \nabla^2 t = 0. \quad (22-9)$$

Аммо,  $\lambda / (c\rho) \neq 0$  бўлгани сабабли  $\nabla^2 t = 0$  ёки

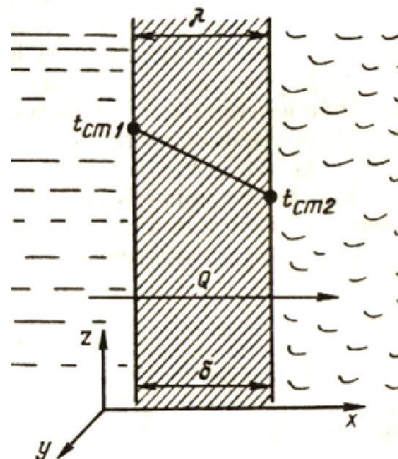
$$\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} = 0 \quad (22-10)$$

(22-10) тенглама қўзғалмас муҳит ва турғун иссиқлик режими учун иссиқлик ўтказувчанликнинг дифференциал тенгламасидир.

(22-6)÷(22-9) тенгламалар таркибидаги  $\lambda / (c\rho) = a$ - жисмнинг инерцион хусусиятини ифодаловчи ҳарорат ўтказувчанлик коэффициенти (м/с) деб юритилади. Бир хил шароитда қайси бир жисмнинг  $a$  коэффициенти катта бўлса, шу жисм тез қизийди (ёки совийди).

Мухандислик масалаларини ечиш пайтида иссиқлик ўтказувчанлик тенгламаси жараёнларнинг бошланғич ва чегаравий шартларини тавсифловчи қўшимча тенгламалар билан тўлдирилади. Мисол тариқасида турғун жараён пайтида **бир жинсли бўлган текис ясси деворнинг иссиқлик ўтказувчанлигини** кўриб чиқамиз.

Девор қалинлиги  $\delta$  ва унинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти  $\lambda$  бўлсин. Девор ҳароратлари - қиздирувчи агент (буғ) томонидан  $t_{d1}$  ва совуқ муҳит (суюқлик) томонидан эса  $t_{d2}$  бўлиб,  $t_{d1} > t_{d2}$ .



22.2-расм. Текис ясси девор орқали иссиқлик ўтказувчанлик йўли билан иссиқлик узатиш жараёни схемаси.



$\lambda$  коэффициентининг қийматлари  $t_{d1}$ -  $t_{d2}$  чегараларда ҳароратдан боғлиқ бўлмайди деб ҳисоблаймиз. Ҳароратни ўзгариши  $X$  ўқи бўйлаб кузатилади. Деворга берилаётган ва ундан тарқалаётган иссиқлик микдорлари ўзаро тенг бўлиб, вақт бўйича ўзгармайди.

Ҳарорат майдони бир ўлчамли бўлгани учун  $\partial t/\partial y=0$  ва  $\partial t/\partial z=0$  бўлади.  $U$  ҳолда (22-10) тенглама куйидаги кўринишга эга бўлади:

$$\partial t/\partial x = 0. \quad (22-11)$$

Ҳарорат фақат битта ўзгарувчан катталиқдан ( $x$ ) боғлиқ бўлганлиги учун  $\partial t/\partial x \rightarrow dt/dx$  деб қабул қиламиз. Ушбу (22-11) тенгламани интегралласак

$$dt/d\tau = c_1, \quad (22-12)$$

$$t = c_1 \cdot x + c_2, \quad (22-13)$$

бу ерда  $c_1$  ва  $c_2$ - интеграллаш доимийлари.

(22-13) тенглама ҳароратни девор қалинлиги бўйича тўғри чизиқ бўйлаб ўзгаришини кўрсатади.

(22-13) тенгламадан фойдаланган ҳолда,  $c_1$  ва  $c_2$  доимийлари қийматларини чегаравий шартлар асосида аниқлаймиз:

- агар  $x=0$  бўлса,  $t = t_{d1}$ , (22-13) тенгламага кўра  $t_{d1} = c_2$ ;

- агар  $x=\delta$  бўлса,  $t = t_{d2}$ ,  $U$  ҳолда (22-13) тенглама бўйича

$$t_{d2} = c_1 \cdot \delta + c_2.$$

Шундай қилиб, охириги ифодадан  $c_1=(t_{d2}-c_2)/\delta=(t_{d2}-t_{d1})/\delta$  эканлигини ва ҳароратни девор қалинлиги бўйича

$$t = \frac{t_{d2} - t_{d1}}{\delta} \cdot x + t_{d1}$$

ифода бўйича ўзгаришини аниқладик.

(22-12) тенглама асосида

$$dt/d\tau = (t_{d2} - t_{d1})/\delta. \quad (22-14)$$

$t_{d1} > t_{d2}$  эканлигини ҳисобга олиб, олинган натижавий (22-14) ифодани иссиқлик ўтказувчанликнинг асосий тенгламасига (22-4) қўйсак,

$$dQ = \frac{\lambda}{\delta} (t_{d1} - t_{d2}) dF dt$$

ёки

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} (t_{d1} - t_{d2}) F \tau. \quad (22-15)$$

Ушбу (22-15) тенглама турғун иссиқлик режими учун ясси текис деворнинг иссиқлик ўтказувчанлик тенгламаси дейилади. Бу тенгламадаги  $\lambda/\delta$  нисбат деворнинг иссиқлик ўтказиш қобилиятини, унга тескари бўлган ифода  $\delta/\lambda$  эса деворнинг термик қаршилигини ифодалайди.

Кўп қатламли текис девор учун (22-15) тенглама куйидаги кўринишда ёзилади

$$Q = \sum_{i=1}^n (\lambda_i / \delta_i) (t_{d1} - t_{d2}) F \tau, \quad (22-16)$$

бу ерда  $i=1, 2, 3, \dots, n$ - девор қатламлари сони.

Цилиндрик деворнинг иссиқлик ўтказувчанлик тенгламаси куйидаги кўринишга эга бўлади

$$Q = 2\pi L (t_{d1} - t_{d2}) \tau / [(1/\lambda) 2.3 \lg(d_r/d_n)], \quad (22-17)$$

бу ерда  $d_r$  ва  $d_n$ - цилиндр деворнинг ташқи ва ички диаметрлари;  $L$ - девор узунлиги ёки баландлиги.

Ушбу (22-17) тенглама ҳароратни цилиндр девор қалинлиги бўйича эгри (логарифмик) чизиқ бўйлаб ўзгаришини кўрсатади.

Агар иссиқлик ўтказувчи қувурнинг диаметрлари нисбати  $d_r/d_n < 2$  бўлса, иссиқлик алмашилиш қурилмаларини ҳисоблаш пайтида (22-17) тенглама ўрнига (22-15) тенгламадан фойдаланиш мумкин. Бу пайтдаги хатолик сезиларли даражада бўлмайди.

Турғун жараёнлар пайтида кўп қатламли цилиндрик девор орқали иссиқлик ўтказувчанлик йўли билан ўтаётган иссиқлик миқдори қуйидагича аниқланади:

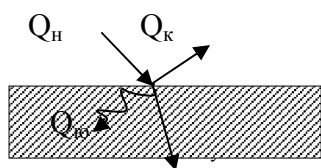
$$Q = \frac{2\pi L(t_{\partial 1} - t_{\partial 2})\tau}{\sum_{i=1}^n (1/\lambda_i)2.31\lg(d_{i+1}/d_i)}, \quad (22-18)$$

бу ерда  $i$ - девор қатламининг тартиб сони.

### Иссиқликнинг нурланиши

Харорати  $0^\circ\text{C}$ дан юқори бўлган барча жисмларда иссиқлик энергиясини нур энергиясига айланиши кузатилади. Бу жараён иссиқликнинг нурланиши дейилади. Ушбу жараёнда иссиқлик турли узунликдаги электромагнит тўлқинлар воситасида узатилади. Электромагнит тўлқинлар бошқа бир жисмда ютилганда қайтадан молекулаларнинг иссиқлик ҳаракати энергиясига айланади.

Иссиқликнинг нурланиш интенсивлиги жисм ҳароратини ортиши билан ошиб боради. Юқори ҳароратларда, масалан,  $t \geq 600^\circ\text{C}$  бўлганда, каттиқ жисм ва газлар ўртасида иссиқликнинг нурланиш йўли билан тарқалиши алоҳида аҳамиятга эга бўлади. Ёруғлик ва иссиқлик нурлари бир хил табиатга эга бўлганликлари сабабли улар умумий қонуниятлар (нурни қайтиши, синиши ва ютилиши) билан тавсифланади. Ёруғлик нурларининг тўлқин узунлиги  $0.4 \div 0.8$  мкм бўлса, иссиқликнинг нурланиш тўлқин узунлиги  $0.8 \div 800$  мкм бўлиб, спектрни кўзга кўринмас қисмини (инфрақизил нурлар) эгаллайди.



22.3- расм. Нурланиш энергияси балансиға оид схема.

Қиздирилган жисмдан чиқарилаётган нур оқими  $Q_n$  ўзидан нур чиқарувчи бошқа бир жисм юзасига туширилса, ушбу нурнинг бир қисми  $Q_k$  жисм юзасидан қайтади, бир қисми  $Q_{yo}$  ютилади ва яна бир қисми  $Q_y$  ундан ўтиб кетади (22.3-расм).

Жисмга туширилаётган нур энергияси  $Q_n$ , жисмга ютилган нур энергиясини  $Q_{yo}$ , жисм юзасидан қайтган нур энергиясини  $Q_k$  ва жисмдан ўзгаришларсиз ўтиб кетувчи нур энергиясини эса  $Q_y$  деб белгилаймиз. Ушбу жараённинг энергетик баланси, умумий ҳолда, қуйидагича ёзилади

$$Q_n = Q_{yo} + Q_k + Q_y. \quad (22-19)$$

Ёки умумий нурланиш энергиясига  $Q_n$  нисбатан, улушларда

$$Q_{yo}/Q_n + Q_k/Q_n + Q_y/Q_n = 1. \quad (22-20)$$

(22-20) тенгламининг таркибий қўшилувчиларини қуйидагича таҳлил қилиш мумкин.

$Q_{yo}/Q_n$ - жисмнинг нурланган иссиқлик энергиясини ютиш қобилиятини тавсифлайди. Агар  $Q_{yo}/Q_n=1$  ( $Q_k/Q_n=0$ ,  $Q_y/Q_n=0$ ) бўлса, жисмга тушаётган нур унда тўла ютилади. Бундай жисм абсолют қора жисм дейилади.

$Q_k/Q_n$ - нисбат жисмнинг ўзига туширилаётган нурни қайтариш хусусиятини ифодалайди. Агар  $Q_k/Q_n=1$  ( $Q_{yo}/Q_n=0$ ,  $Q_y/Q_n=0$ ) бўлса, жисмга тушаётган нур унинг юзасидан тўлиқ қайтарилади. Бундай жисм абсолют оқ жисм дейилади.

$Q_y/Q_n$ - нисбат қиймати жисмнинг ўзидан нурни ўтказиб юбориш хусусиятини кўрсатади.  $Q_y/Q_n=1$  ( $Q_{yo}/Q_n=0$ ,  $Q_k/Q_n=0$ ) бўлса, жисм юзасига тушаётган нурнинг ҳаммаси ундан тўла ўтиб кетади. Бундай жисм абсолют шаффоф бўлади.

Табиатда абсолют қора, абсолют оқ ва абсолют шаффоф жисмлар мавжуд эмас. Аммо бу атамалар нурланиш назариясини ишлаб чиқишда алоҳида аҳамиятга эга бўлди.

Ушбу атамалар муҳандислик ҳисобларида ва иссиқликнинг нурланиши йўли билан иссиқлик узатиш жараёнларини таҳлил этишда кенг қўлланилади.

Техникада кулранг жисмлар тушунчасидан фойдаланилади. Бундай жисмларга туширилган нурнинг бир қисми ютилади, бир қисми қайтарилади ва унинг қолган қисмини эса жисм ўзидан ўтказиб юборади.

Иссиқликнинг нурланишини тавсифлаш учун жисмни нур чиқариш қобилияти (хусусияти) тушунчаси ишлатилади.

Жисмнинг юза ( $F$ ) бирлигидан вақт  $\tau$  бирлиги давомида тўлқин узунлигининг барча интервали ( $0 < \lambda < \infty$ ) бўйича нурланган энергияни тўла миқдори  $Q$  унинг нур чиқариш хусусиятини ( $E$ , Вт/м<sup>2</sup>) кўрсатади

$$E = Q/(F\tau). \quad (22-21)$$

Нурланиш энергияси тўлқин узунлиги ва жисм ҳароратидан боғлиқ бўлади.

Жисмнинг нур чиқариш хусусиятини тўлқин узунлиги  $\lambda$  интервалига нисбати нурланиш интенсивлиги  $J$  (Вт/м<sup>3</sup>) дейилади:

$$J = dE/d\lambda. \quad (22-22)$$

Ушбу тенгламани интеграллаш натижасида  $E$  ва  $\lambda$  ўртасидаги боғлиқлик аниқланади:

$$E = \int_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} J d\lambda. \quad (22-23)$$

Иссиқликнинг нурланиш қонуниятлари Стефан-Больцман, Кирхгоф ва Ламберт қонунлари билан таърифланади.

Стефан-Больцман қонунига биноан абсолют қора жисмнинг нур чиқариш қобилияти  $E$  ва жисм юзасининг абсолют ҳарорати  $T$  ўртасидаги боғлиқлик қуйидагича ифодаланади:

$$E = K_0 T^4, \quad (22-24)$$

бу ерда  $K_0 = 5.67 \cdot 10^{-8}$  Вт/(м<sup>2</sup> К<sup>4</sup>)- абсолют қора жисмнинг нур чиқариш доимийси.

Амалиётда кулранг жисмларнинг нур чиқариш қобилиятини ҳисоблаш учун ушбу (22-24) тенгламани қуйидаги кўринишда қўллаш қулай

$$E = \varepsilon C_0 (T/100)^4, \quad (22-25)$$

бу ерда  $C_0 = 5.67$  Вт/(м<sup>2</sup> К<sup>4</sup>)- абсолют қора жисмнинг нур чиқариш коэффиценти;  $\varepsilon$  - кулранг жисмнинг нисбий нур чиқариш коэффиценти ёки кулранг жисмнинг қоралик даражаси,  $\varepsilon = 0 \div 1$ .

Кирхгоф қонуни кулранг жисмнинг нур чиқариш ва нурни ютиш хусусиятлари ўртасидаги боғлиқликни ифодалайди.

$$A = Q_{ю}/Q_{н}, \quad (22-26)$$

бу ерда  $A$ - кулранг жисмнинг нур ютиш хусусияти.

Кирхгоф томонидан

$$E_{к} = AE = \varepsilon E \quad (22-27)$$

эканлиги аниқланган. Бу ерда  $E_{к}$ - кулранг жисмнинг нур чиқариш хусусияти, Вт/(м<sup>2</sup>К).

Кирхгоф қонунига биноан муайян ҳароратлардаги барча жисмлар учун нур чиқариш ва нурни ютиш хусусиятларининг нисбати доимий қийматдир. Ушбу нисбат қиймати абсолют қора жисмни берилган ҳароратлардаги нур чиқариш қобилиятига  $E_0$  тенг, яъни:

$$E/A = E_1/A_1 = E_2/A_2 = \dots = E_0 = f(T). \quad (22-28)$$

(22-28) тенгламага биноан жисмни нур ютиш қобилияти қанчалик катта бўлса, унинг нурланиш хусусияти ҳам шунчалик катта бўлади. Шу сабабдан, нур энергиясини яхши қайтарувчи жисмлар кам миқдорда нур чиқаради. Масалан, абсолют оқ жисмнинг нурланиши нулга тенг, ёки, абсолют қора жисм нурни ҳар қандай ҳароратда ҳам тўлиқ ютади ва максимал даражада нурланади.

Стефан-Больцман ва Кирхгоф қонунларига биноан, нурланиш орқали иссиқ жисмдан совуқ жисмга узатилган иссиқлик миқдори қуйидагича аниқланади

$$Q_n = 5.67 \varepsilon_k F \tau [(T_1/100)^4 - (T_2/100)^4], \quad (22-29)$$

бу ерда  $T_1$  ва  $T_2$ - иссиқ ва совуқ жисмларнинг ҳароратлари,  $K$ ;  $\varepsilon_k = (1/\varepsilon_1 + 1/\varepsilon_2)^{-1}$  - жисмлар системасининг келтирилган нур чиқариш коэффициентлари;  $\varepsilon_1$  ва  $\varepsilon_2$ - жисмларнинг нисбий нур чиқариш коэффициентлари.

### Конвектив иссиқлик алмашиниш

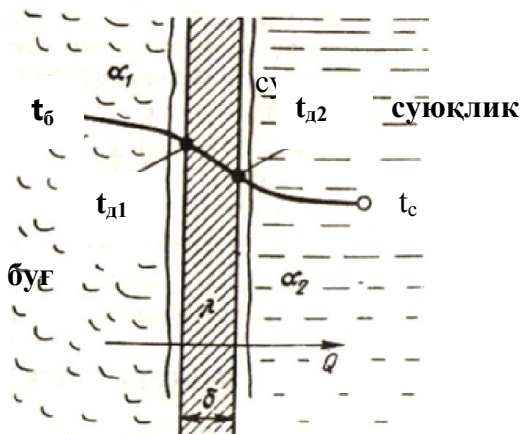
Суюқлик ва газ муҳитларининг ҳаракати пайтида иссиқликни тарқалиши конвектив иссиқлик алмашиниш деб аталади. Бу пайтда иссиқлик бир йўла конвекция ва иссиқлик ўтказувчанлик йўллари билан узатилади.

Суюқлик ёки газ оқими ва уларга тегиб турган жисм (масалан, қурилмаларнинг қиздириш трубкалари, буғ камераси девори ва б.) юзаси ўртасида иссиқликнинг тарқалиши конвектив иссиқлик алмашиниш ёки иссиқлик бериш жараёни деб аталади. Ушбу жараён интенсивлиги унда қатнашувчи ишчи муҳитларнинг физик хусусиятлари, ажратиш юзасининг шакли, ҳолати ва ўлчамлари ҳамда оқимнинг ҳаракатланиш режимидан (тезликдан) боғлиқ бўлади.

Мисол тариқасида иссиқлик алмашиниш аппаратининг қиздирувчи трубкаси деворидан иситилаётган суюқлик оқимига иссиқлик бериш жараёнини кўриб чиқамиз (22.4-расм).

Сув буғи трубканинг ташқи юзасида конденсатланиб, ўз иссиқлигини унинг девори орқали суюқлик оқимига узатади. Трубка девори қалинлигини  $\delta$ , унинг суюқлик тарафидаги (ички) юзаси ҳароратини эса  $t_{д2}$  деб белгилаймиз.

Суюқликларни каналларда оқиш моделига биноан, трубка ичидан ўртача  $\omega$  тезликда ҳаракатланаётган суюқлик оқими шартли равишда икки қатламдан иборат бўлади: трубка деворлари яқинида секин ҳаракатланувчи (сурилувчи)  $\delta_ч$  қалинликдаги чегара қатлами ва асосий оқим ядроси.



22.4 -расм. Конвектив иссиқлик алмашиниш схемаси.

Трубка девори орқали берилаётган иссиқлик энергияси чегара қатламда иссиқлик ўтказувчанлик (молекуляр табиатли ҳодиса) билан, асосий оқимда эса конвекция (суюқликнинг макроскопик заррачаларини аралашуви) туфайли тарқалади. Иссиқлик конвектив йўл билан иссиқлик ўтказувчанликка нисбатан кўп мартаба тез тарқалади. Шу сабабдан, оқимнинг турбулентлик даражасини ортиши конвектив иссиқлик алмашиниш жараёнини тезлаштиради.

Ламинар режимда чегаравий қатлам қалинлашади, унинг иссиқлик сиғими ортади ва жараёнга кўрсатиладиган асосий қаршиликка айланади.

Турбулент режимда оқимнинг кўндаланг кесим юзаси бўйлаб аралашаётган суюқлик заррачалари чегаравий қатламга ёпишиб сурилади. Қувур ўқи бўйича оқимнинг бўйлама тезлиги юқори бўлганлиги сабабли, оқим чегаравий қатламдан заррачаларни «арчиб олаётгандек» бўлади. Бундай таъсир остида чегара қатлам қалинлиги (шунингдек,

унинг термик қаршилиги ҳам) камаяди ва суюқлик оқимиға иссиқлик бериш шароити яхшиланади. Натижада иссиқлик алмашиниш жараёни тезлашади.

Одатда иссиқлик бериш жараёни тезлиги Ньютонни совутиш қонуни ёрдамида аниқланади. Бу қонунга асосан иссиқлик алмашиниш юзасидан  $dF$  атроф муҳитга (ёки аксинча, бирон-бир муҳитдан ушбу юзага) берилган иссиқлик миқдори  $dQ$  ушбу юзага, юза ва муҳит ҳароратларининг фарқиға ( $t_d - t_m$ ) ҳамда жараён давомийлигиға  $dt$  тўғри пропорционалдир, яъни

$$dQ = \alpha (t_d - t_m) dF dt, \quad (22-30)$$

бу ерда  $\alpha$ - иссиқлик бериш коэффициентини;  $t_m$  ва  $t_d$ - муҳит ва контакт юза деворининг ҳароратлари.

Иссиқлик бериш коэффициентининг ўлчов бирлиги

$$\alpha = dQ/[dFdt(t_d - t_m)] = [Ж/(м^2 \cdot сек \cdot град)] = Вт/(м^2 \cdot К).$$

Шундай қилиб, иссиқлик бериш коэффициентининг сон қиймати  $1 м^2$  иссиқлик алмашиниш юзасидан 1 секунд вақт ичида юза ва муҳит ҳароратларининг фарқи 1 градус бўлганда берилган иссиқлик миқдорини кўрсатади.

Узлуксиз режимда ташкил этиладиган иссиқлик алмашиниш жараёнлари учун (22-30) тенглама куйидаги кўринишга эга бўлади

$$Q = \alpha(t_d - t_m)Ft. \quad (22-31)$$

Иссиқлик бериш коэффициентининг қиймати бир қатор катталиклардан боғлиқ бўлади. Бундай катталиклар қаториға иссиқлик ташувчиларнинг иссиқлик-физик хоссалари (зичлик  $\rho$ , қовушқоқлик  $\mu$ , иссиқлик сифими  $c$ , иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти  $\lambda$ , ҳажмий кенгайиш коэффициенти  $\beta$ ), ҳаракат режимлари (тезлик  $\omega$ ), иссиқлик ўтказувчи юзанинг ўлчамлари (диаметри  $d$ , узунлиги  $l$ ) ва ҳолатини (нотекислиги  $\varepsilon_0$ ) киритиш мумкин. Шу сабабдан иссиқлик бериш коэффициентини куйидаги функционал боғланиш

$$\alpha = f(\omega, \rho, c, \lambda, \beta, d, l, \varepsilon_0) \quad (22-32)$$

шаклида ифодалаш мумкин.

### Иссиқлик бериш коэффициентлари

Қиздирувчи сув буғи билан суюқликка иссиқлик ишлови бериш жараёнида ҳаракатдаги оқимларда иссиқликнинг тарқалиши бир пайтнинг ўзида конвекция ва иссиқлик ўтказувчанлик усуллари ёрдамида амалга ошади.

Конвектив иссиқлик алмашиниш жараёнларининг барча турлари учун тегишли критериял тенгламалар ишлаб чиқилган. Ушбу тенгламалардан Нуссельтнинг ўлчамсиз мезони (критерийси)  $Nu$  қийматлари аниқланади.

Нуссельт мезонининг (22-38) ифодасидан

$$Nu = (\alpha L)/\lambda$$

конвектив иссиқлик бериш коэффициентининг қиймати (22-39) аниқланади

$$\alpha = (Nu \lambda)/L,$$

бу ерда  $\lambda$ - муҳитнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти, Вт/(мК);  $L$ - аниқловчи геометрик ўлчам (узунлик, диаметр, баландлик ва б.).

Куйида, лойиҳалаш жараёнида ҳисоблашлар учун зарур бўлган айрим критериял тенгламалар ва уларнинг қўлланиш ҳолатлари ҳақида маълумотлар берамиз.

**Назорат саволлари.** 1.Иссиқлик алмашиниш жараёнлари гуруҳиға кирувчи технологик жараёнларга тавсиф беринг. 2.Иссиқлик тарқалишининг нечта принципаал тури мавжуд? 3.Оралик иссиқлик ташувчи агентлар ҳақида нималарни биласиз? 4.Ҳарорат майдониға таъриф беринг. 5.Ҳарорат градинининг физик моҳияти нимада? 6.Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентининг сон қиймати қандай катталик миқдорини кўрсатади? 7.Иссиқлик алмашиниш қурилмасининг текис ишчи юзаси орқали иссиқлик

ўтказувчанлик йўли билан узатилган иссиқлик миқдорини ифодалай оласизми? 8.Қандай жисмлар абсолют оқ, абсолют қора, абсолют шаффоф ва кулранг жисмлар деб таърифланади? 9.Стефан-Больцман ва Кирхгоф қонунларининг амалий аҳамияти ҳақида нималарни биласиз? 10.Конвектив иссиқлик алмашилиш жараёни механизмини тушунтириб беринг. 11.Иссиқлик бериш коэффиценти қандай катталиқни ифодалайди? 12.Иссиқлик критерийлари ҳақида нималарни биласиз? Қайси бир критерийга таъриф бера оласиз? 13.Иссиқлик алмашилиш жараёнларини ҳаракатлантирувчи куч нима? Унинг қиймати қандай омилларга боғлиқ бўлади? 14.Иссиқлик узатиш жараёнининг асосий тенгламасидан қандай мақсадларда фойдаланиш мумкин? 15.Иссиқлик узатиш коэффиценти таркибига кирувчи катталиқларни унинг сон қийматига кўрсатадиган таъсирини таҳлил қила оласизми?

### **Мавзу: Иссиқлик алмашилиш жараёнларининг турлари**

#### **Иссиқлик ташувчилар ҳақида умумий маълумотлар**

Саноат корхоналарида суюқликларни иситиш, совутиш ва буғларни конденсациялаш каби жараёнлар кенг тарқалган.

Иссиқлик алмашилиш жараёнларида қатнашувчи моддалар **иссиқлик ташувчилар** деб юритилади. Юқори ҳароратга эга бўлган, ўзининг иссиқлигини қиздирилаётган муҳитга берувчи моддалар **иситувчи агентлар** дейилади. Совитилаётган муҳитга нисбатан паст ҳароратли ва ўзига муҳитдан иссиқлик олувчи моддалар **совутувчи агентлар** дейилади.

Қозонхона газлари (тутунлар) ва электр энергияси **бевосита иситувчи агентлар** деб таърифланади. Бундай бевосита иссиқлик манбааларидан иссиқлик олиб, ўзининг иссиқлигини аппаратлар деворлари орқали қиздирилаётган муҳитга узатувчи моддалар **оралиқ иссиқлик ташувчи агентлар** деб аталади.

Оралиқ иссиқлик ташувчилар қаторига сув буғи, иссиқ сув, юқори ҳароратли иссиқлик ташувчилар (минерал мойлар, органик суюқликлар ва уларнинг буғлари, суюқ металллар, суюлтирилган тузлар ва б.) киради.

Оддий ҳароратларгача ( $30 \div 10^\circ\text{C}$ ) совутиш учун совуқ сув ва ҳаводан фойдаланилади.

Иссиқлик ташувчиларга кўрсатиладиган асосий талаблар қуйидагича:

- ишчи муҳитни иситиш (совутиш) даражаси ва уни бошқариш имкониятлари;

- минимал массавий (ҳажмий) сарфларда юқори иссиқлик алмашиниш тезлигига эришиш;
- қовушқоқлиги кам, зичлиги, иссиқлик сиғими ва буғ ҳосил қилиш иссиқлиги юқори бўлиши;
- ёнмаслиги, заҳарсизлиги ва иссиқлик таъсирига чидамлилиги;
- технологик қурилма тайёрланган конструкцион материалларга нисбатан инертлиги;
- камёб бўлмаслиги ва арзон бўлиши.

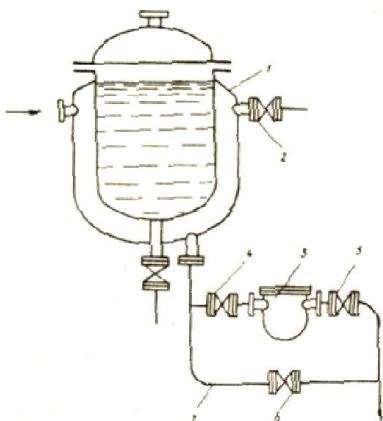
Сув ва сув буғи юқорида санаб ўтилган асосий талабларнинг барчасига тўла жавоб беради. Шунинг учун ҳам улардан саноатда кенг фойдаланилади.

Сув буғи ўзининг ҳарорати ва нам сақлаш даражасига кўра нам, тўйинган ва қуруқ сув буғига ажратилади. Маҳсулот билан контактлашиш усулига кўра бевосита қўлланиладиган (острый пар) ва девор орқали бериладиган (глухой пар) сув буғига ажратилади.

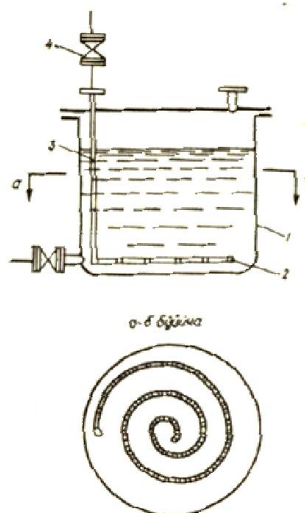
### Сув буғи ва иссиқ сув билан иситиш

Сув буғини конденсацияланиши жараёнида катта миқдорда иссиқлик ажралиб чиқади. Буғ орқали иссиқлик бериш коэффиценти юқори бўлиши сабабли, ундан иситувчи агент сифатида кенг қўламда фойдаланилади. Сув буғининг яна бир афзаллиги шундаки, у аниқ босимда бир хил ҳароратда конденсацияланади. Натижада жараён мобайнида иситиш ҳароратини ўта аниқликда ушлаб туриш имкони пайдо бўлади. Буғ босимини ўзгартириш йўли билан жараён ҳароратини ўзгартириш (қиздириш даражасини бошқариш) мумкин.

Сув буғи ҳароратини ортишига нисбатан унинг босимини номуносиб равишда кескин ўсиши (асосий камчиллик) қурилма деворининг қалин бўлишини талаб этади. Бу эса аппарат нархининг қимматлашувига сабаб бўлади.



23.1- расм. Ажратувчи девор орқали сув буғи билан қиздириш схемаси: 1- аппарат; 2- коух; 3- конденсат ўтказиш қурилмаси; 4- байпас қувири.



23.2-расм. Сув буғи билан бевосита қиздириш схемаси: 1- аппарат (резервуар); 2- барботёр 3- буғ киритиш қувири; 4-вентиль.

эритмалар суюлади. Буғ суюқликка барботёр ёки диффузор воситасида бериледи.

Агар сув буғи ва муҳитнинг ўзаро аралашуви технологик мақсадларга мувофиқ бўлмаса (масалан, ёғларни дезодорациялаш жараёни), у ҳолда буғ ҳарорати юқори ( $160\div 200^{\circ}\text{C}$ ) ва «қуруқ» бўлиши ҳамда суюқликда конденсацияланишга улгурмасдан жиҳоздан чиқарилиши керак.

Суюқликни иситиш учун зарур бўлган сув буғи сарфи жараённинг иссиқлик балансида аниқланади:

$$G \cdot c_1 \cdot t_1 + D \cdot i_6 = G \cdot c_2 \cdot t_2 + D \cdot c_{\text{кн}} \cdot t_{\text{кн}} + Q_{\text{й}}; \quad (23-1)$$

Ушбу тенгламадан сув буғи сарфи  $D$  аниқланади:

$$D = G(c_2 t_2 - c_1 t_1) / (i_6 - c_{\text{кн}} t_{\text{кн}}) = [G(c_2 t_2 - c_1 t_1) + Q_{\text{й}}] / (i_6 - r_{\text{кн}}), \quad (23-2)$$

бу ерда  $G$  - қиздирилаётган суюқлик миқдори (сарфи), кг/сек;  $t_1$  ва  $t_2$  - суюқликнинг дастлабки ва жараён якунидаги ҳарорати, °С;  $c_1$  ва  $c_2$  - суюқликнинг  $t_1$  ва  $t_2$  ҳароратлардаги иссиқлик сифимлари, Ж/(кг·К);  $i_6$  ва  $r_{\text{кн}}$  - сув буғининг энтальпияси ва конденсацияланиш иссиқлиги;  $t_{\text{кн}}$  ва  $c_{\text{кн}}$  - конденсатнинг ҳарорати ва иссиқлик сифими;  $Q_{\text{й}}$  - атроф муҳитга йўқотилаётган иссиқлик миқдори, Ж.

Ёпиқ услубда буғ билан қиздириш жараёнида сув буғининг иссиқлиги муҳитга аппарат девори орқали ёки змеевиклар воситасида узатилади. Бу пайтда муҳит ва иссиқлик агенти ўртасида бевосита контакт юзаси бўлмайди. Конденсат ҳарорати буғнинг тўйиниш ҳароратига тенг. Змеевик ва аппарат юзихида тўла конденсатланган буғ конденсат ўтказгичлар орқали системадан чиқарилади.

Жараённинг иссиқлик баланси қуйидаги қўринишда ифодаланади:

$$G c_1 t_1 + D i_6 = G c_2 t_2 + D i_{\text{кн}} + Q_{\text{й}}. \quad (23-3)$$

Сув буғи сарфи эса

$$D = [G(c_2 t_2 - c_1 t_1) + Q_{\text{й}}] / (i_6 - i_{\text{кн}}) = (Q_{\text{ф}} + Q_{\text{й}}) / (i_6 - i_{\text{кн}}). \quad (23-4)$$

бу ерда  $i_{\text{кн}}$  - конденсат энтальпияси, Ж/кг;  $Q_{\text{ф}}$  - фойдали сарфланган иссиқлик миқдори, Ж.

**Иссиқ сув билан иситиш** жараёнида қиздирувчи агент сифатида сув буғи конденсати ёки юқори босимли қайноқ сув ишлатилади. Жараённинг самарадорлиги буғ билан қиздириш услубига нисбатан паст. Қўлланиш схемаси - ёпиқ услубда буғ билан қиздиришдагидек. Жараённи амалга ошириш учун зарур бўлган иссиқ сув сарфи  $G_c$  қуйидагича ҳисобланади

$$G_c = [G(c_2 t_2 - c_1 t_1) + Q_{\text{й}}] / (c_{c2} t_{c2} - c_{c1} t_{c1}) = (Q_{\text{ф}} + Q_{\text{й}}) / (c_{c2} t_{c2} - c_{c1} t_{c1}), \quad (23-5)$$

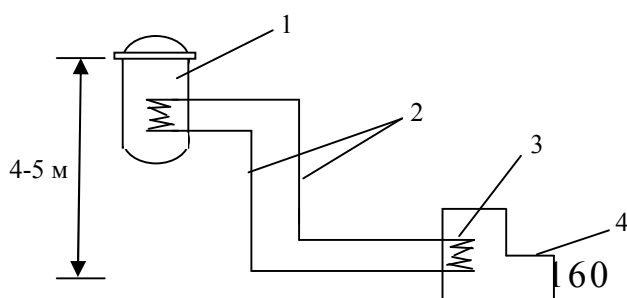
бу ерда  $t_{c1}$  ва  $t_{c2}$  - иссиқ сувни дастлабки ва охириги ишчи ҳарорати;  $c_{c1}$  ва  $c_{c2}$  - сувни  $t_{c1}$  ва  $t_{c2}$  ҳароратлардаги иссиқлик сифимлари.

### Юқори ҳароратли моддалар билан қиздириш

Кимё саноатида иситиш жараёнлари кўп ҳолатларда ўта қиздирилган сув, минерал ёғлар, юқори ҳароратда қайновчи органик суюқликлар (ёки уларнинг буғлари), суюлтирилган тузлар, симоб каби суюқ металллар ва бошқалар воситасида амалга оширилади.

Ўта қиздирилган сув ( $P_{\text{кр}}=22.1$  МПа,  $t=347^\circ\text{C}$ ) билан ишловчи системалар босимга чидамли, қиммат ва мураккаб бўлиб, табиий ҳамда мажбурий циркуляция билан ишлайди. Ўта қиздирилган сув (дистилланган) ёпиқ змеевик системаси воситасида ўтхона газлари билан қиздирилади.

Табиий циркуляция трубаларини яхши ишлаши учун аппарат ўтхонага нисбатан 4÷5 м баландликка жойлаштирилади (23.3-расм). Системадаги суюқлик тезлиги кичик, шу сабабли унинг иш унумдорлиги паст бўлади.



23.3-расм. Юқори ҳароратли моддалар билан қиздириш ускунаси схемаси: 1- аппарат; 2- циркуляция системаси; 3- змеевик; 4- ўтхона



Мажбурий циркуляцияли системаларда суюқлик тезлиги насос ёрдамида  $2 \div 2.5$  м/с га етказилади. Бу пайтда битта ўтхона бир неча система учун етарли бўлади.

Минерал ёғлар билан қиздириш анча арзон, оддий, система босим остида ишлаши шарт эмас. Қиздириш ҳарорати  $250 \div 300^\circ\text{C}$ . Камчилиги: юқори ҳарорат таъсирида вақт ўтиши билан мойлар қисман оксидланиши мумкин, иссиқлик бериш коэффициентлари унча юқори эмас.

Минерал ёғлар билан қиздириш ускуналарида буғ қозонлари бўлмаган кичик корхоналар шароитида кенг фойдаланиш мумкин. Олма чиқитларидан “экстракциялаш - буғлатиш - чўктириш” схемаси бўйича пектин моддаларини ажратиш олиш борасида кичик корхоналарда ўтказган тажрибаларимиз бундай қиздириш усулидан самарали фойдаланиш мумкинлигини кўрсатди.

### Оддий ҳароратларгача совутиш

Оддий ҳароратларгача ( $30 \div 10^\circ\text{C}$ ) совутиш учун дарё, кўл, канал ва артезиан қудуқлари сувларидан ҳамда ҳаводан кенг фойдаланилади. Очиқ сув хавзалари сувларининг ўртача ҳарорати  $15 \div 25^\circ\text{C}$ , артезиан қудуқларининг сувлари эса  $8 \div 15^\circ\text{C}$  ҳароратда бўлади.

Совутиш жараёнининг иссиқлик баланси

$$Gc_2t_2 + G_c c_c' t_c' = Gc_1t_1 + G_c c_c'' t_c'' \quad (23-6)$$

Ушбу тенгламадан совуқ сувнинг зарурий сарфи аниқланади:

$$G_c = G(c_1t_1 - c_2t_2) / (c_c'' t_c'' - c_c' t_c') \quad (23-7)$$

бу ерда  $t_c'$  ва  $t_c''$  - совуқ сувнинг дастлабки ва илиқ ҳолатдаги ҳароратлари;  $c_c''$  ва  $t_c''$  - сувни  $t_c'$  ва  $t_c''$  ҳароратлардаги иссиқлик сифимлари, кЖ/(кг·°C).

Одатда  $t_c''$  қиймати  $40 \div 50^\circ\text{C}$  дан ортмаслиги керак, акс ҳолда сув таркибидаги тузлар чўкмага тушиб, иссиқлик алмашилиш юзасига ўтириб қолиши мумкин.

Ҳаво билан совутиш табиий ва мажбурий (сунъий) услубларда олиб борилади.

Технологик иссиқ сувлар (масалан, конденсаторлардан чиқаётган) амалиётда ҳаво билан совутилади. Совутиш мосламалари сифатида градирня қўлланилади. Градирняларда қайноқ сув юқоридан пастга пуркалади ёки сочилиб туради, ҳаво эса ўзининг табиий ҳаракати туфайли сувни совутади. Айрим ҳолларда ҳаво вентилятор ёрдамида, сув оқимиға қарама-қарши йўналишда, қуйидан юқорига ҳайдалиши мумкин.

Муз ёки совутилган сув билан айрим маҳсулотларни, масалан музқаймоқни,  $0^\circ\text{C}$  ҳароратгача совутилади.

Совутиш учун зарур бўлган муз сарфи  $G_{\text{муз}}$  жараённинг иссиқлик балансидан аниқланади

$$G_{\text{муз}}(r_{\text{эр}} + c_0 t_0) = Gc(t_0 - t_6) \quad (23-8)$$

бу ерда  $G$  - совутилаётган суюқликнинг сарфи, кг/сек;  $t_0$  ва  $t_6$  - совутилаётган суюқликнинг охириги ва бошланғич ҳароратлари, °C;  $c$  - суюқликнинг иссиқлик сифими, Ж/(кг·K);  $r_{\text{эр}}$  - муз эриш иссиқлиги,  $r_{\text{эр}} = 335.2$  кЖ/(кг·K).

### Буғларни конденсациялаш

Саноат корхоналарида эритмаларни буғлатиш, вакуум остида қуритиш каби технологик жараёнларни амалга ошириш пайтида кўп миқдорда иккиламчи буғлар (сув ёки органик моддалар буғи) ҳосил бўлади. Иккиламчи буғлар, уларнинг табиатиға ва

кайта ишлатилиш имкониятига кўра, совуқ сув билан конденсаторларда суюқликка айлантирилади.

Конденсацияланиш жараёнида  $1\text{ м}^3$  ҳажмдаги сув буғи 1 литр суюқликка айланиши туфайли конденсаторда сийраклашиш ҳосил бўлади. Жараён ҳарорати қанчалик паст бўлса, сийракланиш даражаси шунчалик ортади. Вакуум қийматини бир хилда тутиб туриш учун технологик аппаратдаги ҳаво ва конденсатланмаган газлар вакуум-насос воситасида узлуксиз сўриб олинади.

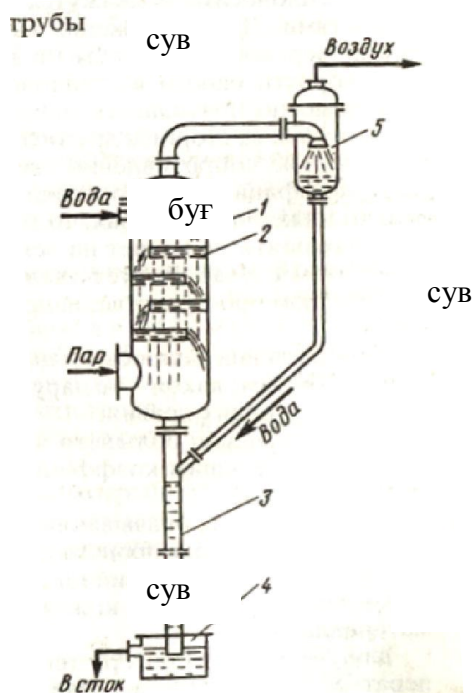
Совутиш усулига кўра конденсаторлар аралаштирувчи ва юзали бўлади. Аралаштирувчи конденсаторларда буғ ва совутувчи сув ўзаро аралашиб кетади. Буғ муҳитига сувни сочиб бериш самарали усул ҳисобланади, чунки бунда фазалар ўртасидаги контакт юза қиймати ортади. Агар совутиладиган буғ қимматбаҳо модда бўлса (масалан, бензин буғлари), у ҳолда муҳитларни ажратувчи юзали (трубкали) конденсаторлардан фойдаланилади.

Курилмадан сув, конденсат ва конденсатланмаган газларни чиқариш услубига кўра хўл ва куруқ муҳитларда аралаштирувчи конденсаторлар мавжуд. Хўл муҳитли конденсаторларда газ, сув ва конденсат битта махсус вакуум-насос ёрдамида чиқариб ташланади. Куруқ (ёки барометрик) конденсаторларда сув ва конденсат ўз оқими билан чиқиб кетади, газлар эса куруқ вакуум-насос ёрдамида сўриб олинади (23.4-расм).

Куруқ муҳитда ишловчи юзали конденсатор учун жараённинг моддий баланси куйидагича ифодаланади

$$W i_w + G_c c_c' t_c' = W c_{\text{кн}} t_{\text{кн}} + G_c c_c'' t_c'' + Q_{\text{ўйк}}, \quad (23-9)$$

бу ерда  $W$  ва  $i$  - конденсациядан буғнинг сарфи (кг/сек) ва энтальпияси (кЖ/кг);  $G_c$  - сарфи, кг ҳаво ва  $t_c''$  - совутувчи сувнинг бошланғич ва охириги ҳароратлари;  $c_c' - t_c'$  ва  $t_c''$  - ҳароратдаги сувнинг иссиқлик сиғими, кЖ/(кг·К);  $t_{\text{кн}}$  - конденсат ҳарорати;  $c_{\text{кн}} - t_{\text{кн}}$  - ҳароратдаги сувнинг иссиқлик сиғими кЖ/(кг·К).



23.4-расм. Аралаштирувчи конденсатор схемаси:

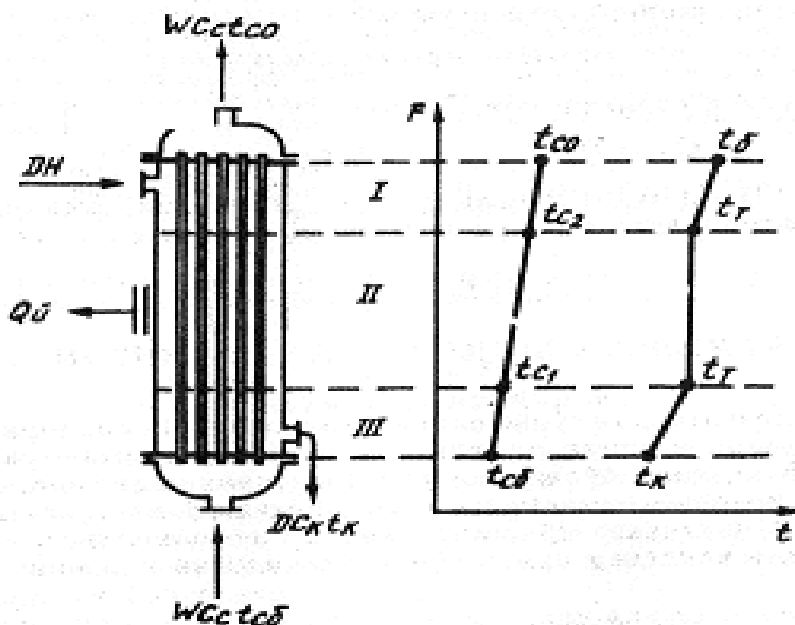
- 1- корпус; 2- тарелка; 3- барометрик труба; 4- сув затвори;
- 5- томчи ажраткич.

Ушбу (23-9) тенгламадан совуқ сув сарфи аниқланади:

$$G_c = [W(i_w - c_{\text{кн}} t_{\text{кн}}) - Q_{\text{ўйк}}] / (c_c'' t_c'' - c_c' t_c') = (W r_w - Q_{\text{ўйк}}) / (c_c'' t_c'' - c_c' t_c') \quad (23-10)$$

бу ерда  $r_w$  – буғнинг конденсацияланиш иссиқлиги, кЖ/кг.

Конденсаторнинг ишчи юзасини шартли равишда учта соҳага бўлиш мумкин: иккиламчи буғни совутиш, конденсациялаш ва конденсатни совутиш соҳалари (23.5-расм).



23.5- расм. Конденсация жараёнининг иссиқлик балансига оид схема: 1- буғни совутиш соҳаси; 2- конденсацияланиш соҳаси; 3- конденсатни совутиш соҳаси.

Ҳар бир соҳа учун совутиш юзаси орқали берилган иссиқлик миқдори қуйидагича ифодаланади:

- иккиламчи буғни совутиш соҳаси учун

$$Q_1 = Wc_w(t_w - t_{кн}) = G_c(c_c'' t_c'' - c_c' t_c'); \quad (23-11)$$

- конденсациялаш соҳаси учун

$$Q_2 = W r_{кн} = G_c c_c (t_c'' - t_c'); \quad (23-12)$$

- конденсатни совутиш соҳаси учун

$$Q_3 = Wc_{кн}(t_{кн} - t_{кн\ чик}). \quad (23-13)$$

Конденсатордан сўриб олинadиган ҳаво миқдори (кг/сек) қуйидаги эмпирик тенглама бўйича ҳисобланади

$$G_x = 0.000025 W + 0.01W \approx 0.01W, \quad (23-14)$$

бу ерда  $25 \cdot 10^{-6}$  - 1 кг конденсат таркибидаги ҳаво миқдори, кг.

Конденсаторнинг ички диаметри қуйидаги тенглама бўйича аниқланади

$$D_k = \sqrt{\frac{4W_a}{\pi \cdot \rho_{кн} \cdot v_w}}, \quad (23-15)$$

бу ерда  $W_a = W + G_c$  - конденсат ва сув аралашмасининг сарфи, кг/сек;  $\rho_{кн}$  - аралашманинг зичлиги, кг/м<sup>3</sup>;  $v_w$  - иккиламчи буғнинг конденсатордаги тезлиги, одатда 18÷22 м/сек деб қабул қилинади.

Конденсатор тарелкалари оралиғидаги масофа  $t = 0.5D_k$  деб қабул қилинади.

Тарелкалар сони (конденсацияланиш босқичи) эса қуйидаги тенглама бўйича аниқланади

$$n = \lg[(t_{кн} - t_c') / (t_{кн} - t_c'')] / \lg[(t_{кн} - t_c'') / (t_{кн} - t_{c1})], \quad (23-16)$$

бу ерда  $t_{c1}$  - биринчи тарелкадан чиқаётган сувнинг ҳарорати, °С.

Барометрик труба баландлиги (затвордаги сув сатҳидан то иккиламчи буғ патрубкисигача бўлган баландлик) қуйидаги тенгламадан аниқланади

$$\begin{aligned} H_{бар} &= P_{атм} + P_{карш} + P_{қўш} = \\ &= \frac{10.33 \cdot P_{кн}}{102} + \left[ \frac{v^2 (1 + \sum \varphi + \lambda \cdot H / d)}{2g} \right] + 0.5m., \end{aligned} \quad (23-17)$$

бу ерда  $P_{\text{кн}}$ - конденсатордаги вакуум қиймати, кПа;  $v=0.3\div 0.5$  м/с- сув ва конденсат аралашмасининг барометрик трубадаги тезлиги;  $\Sigma\phi = 1.5$ - сув йўналиши бўйича конденсаторнинг гидравлик қаршилиги;  $\lambda = 0.02\div 0.04$ - ишқаланиш қаршилиги;  $d$ - барометрик труба диаметри, м; 0.5м- вакуум ортиши туфайли буғ патрубкисининг сув билан тўлиб қолиш эҳтимолини олдини олиш ва буғлатиш аппаратиға сув кирмаслигини таъминловчи баландлик. Одатда  $H\leq 10\div 11$ м.

Барометрик труба диаметри қуйидагича аниқланади

$$d = \sqrt{\frac{(W + Gc)}{(\pi \cdot \rho_{\text{св}} \cdot v)}} \quad (23-18)$$

Вакуум-насос билан сўриб олинадиган ҳавонинг ҳажмий сарфи ( $\text{м}^3/\text{сек}$ )

$$V = R_x \cdot G_x \frac{(273.15 + t_x)}{(P_{\text{кн}} - P_x)}, \quad (23-19)$$

бу ерда  $R=288$ - ҳаво учун газ доимийси, Ж/(кг·К);  $t_x$ - ҳаво ҳарорати;  $P_x$ - ҳавонинг  $t_x$  ҳароратдаги тўйиниш босимиға тўғри келувчи парциал босими, Па;

**Назорат саволлари.** 1.Иссиқлик ташувчи агентларни танлаш жараёнида уларнинг қайси бир хусусиятларига аҳамият берилади? 2.Озиқ-овқат технологиясида қандай қиздириш усулларидан фойдаланилади? Уларға қисқача таъриф беринг. 3.Сув буғи билан қиздириш жараёнининг қандай усуллари мавжуд? Ушбу жараёнлар учун иссиқлик балансини туза оласизми? 4.Жараёнларнинг иссиқлик баланси тенгламаларидан нимани аниқлаймиз? Жараён учун сув буғи сарфини камайтиришнинг қандай усуллари бор? 5.Қиздирувчи сув буғининг иссиқлик-физик параметрлари ҳақида нималарни биласиз? Уларнинг қийматларини қандай аниқлаш мумкин? 6.Юқори ҳароратли моддалар билан қиздириш усуллари ҳақида нималарни биласиз? Ушбу усуллардан озиқ-овқат технологиясининг қайси бир жараёнини амалға оширишда фойдаланиш мумкин? 7.Ҳаво билан совутиш жараёни ҳақида нималарни биласиз? 8.Совутиш жараёнлари учун совуқ сув сарфини аниқлаш тенгламасини ёзинг. Сув сарфига таъсир кўрсатувчи параметрларни таҳлил қила оласизми? 9.Буғларни конденсацияланиш механизмини тушунтириб беринг. 10.Конденсацияланиш ва буғланиш иссиқликлари ўртасида қандай фарқ ва умумийликлар мавжуд? 11.Вакуум қандай ҳосил қилинади? Озиқ-овқат технологияси жараёнларини амалда оширишда вакуумнинг аҳамияти ҳақида нималарни биласиз? 12.Қурилмада вакуум қиймати қандай ушлаб турилишини тушунтириб беринг. Бу пайтда вакуум-насоснинг вазифаси нимадан иборат бўлади? 13.Конденсатордан сўриб олинаётган ҳаво ҳажми ва совуқ сув сарфи қайси бир омиллардан боғлиқ бўлади? 14.Конденсаторларнинг қандай турлари мавжуд? Уларнинг тузилиши ва ишлаш принципидаги умумийлик ва фарқларни изохлаб бера оласизми? 15.Барометрик конденсаторларнинг тузилиши, ишлаш принципи ва уларни ҳисоблаш услубини тушунтириб беринг. 16.Барометрик трубанинг вазифаси нимадан иборат? Унинг баландлиги қандай аниқланади?

### **Мавзу: Иссиқлик алмашилиш аппаратлари Умумий маълумотлар**

Саноат корхоналарида кенг қўлланиладиган иссиқлик алмашилиш аппаратлари асосан икки гуруҳға бўлинади: рекуператив (юзали) ва аралаштирувчи.

Рекуператив қурилмаларда қиздирувчи агент ва иситувчи муҳит бир-бирдан иссиқлик ўтказувчи девор (трубка ёки пластина) юзаси билан ажратилган бўлади. Аралаштирувчи қурилмаларда жараённи амалға ошириш пайтида иссиқлик элтувчилар ўзаро қўшилиб кетади.

Конструктив тузилишига кўра қурилмалар трубалардан (кожух трубкали, қўш трубали, змеевикли ва б.) ва текис юзали листдан (спиралли, пластинали) тайёрланган бўлиши мумкин.

Иссиқлик алмашилиш қурилмаларидаги технологик оқимлар ҳаракати ўзаро параллел, қарама-қарши ва кесишган йўналишларда бўлиши мумкин.

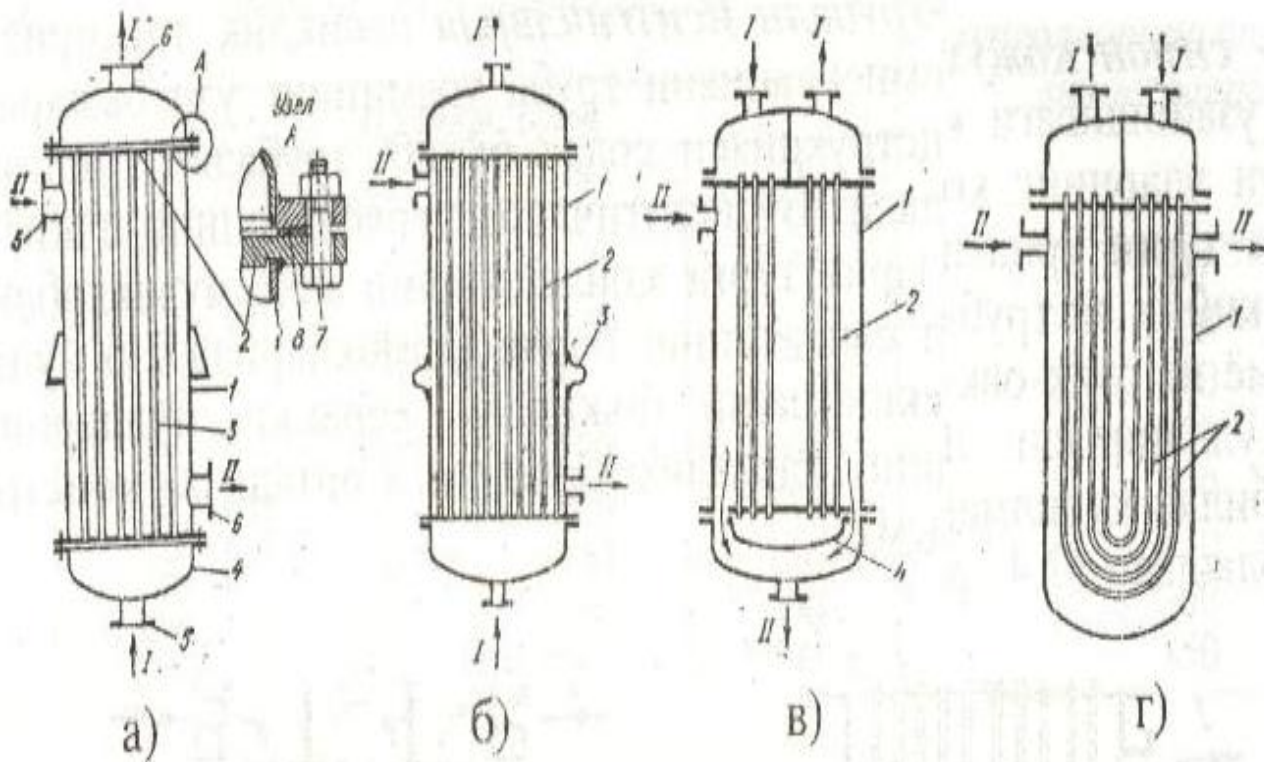
Технологик мақсадларга кўра иссиқлик алмашилиш аппаратлари совутгич, иситгич, буғлатгич ва конденсаторлар сифатида ишлатилиши мумкин.

Ишчи босими юқори, зичлиги катта ва ҳажми кичик моддалар аппаратларнинг трубкалари ичида ҳаракатланади. Чўкма ҳосил қилиш хусусиятига эга бўлган ёки ифлосланган иссиқлик ташувчилар ҳам трубкalar ичига юборилиши лозим, чунки трубкalarни тозалаш ёки уларни турли хил эритмалар билан ювиш осон бўлади.

Конденсацияланаётган сув буғи ёки газлар одатда корпус ичига, трубкalar ўрама атрофига берилади.

### Иссиқлик алмашилиш аппаратларининг тузилиши ва ишлаш принциплари

**Кожух-трубкали аппаратлар** (24.1- ва 24.3-расмлар) саноат корхоналарида энг кўп тарқалган жиҳоз турларига киради. Улар тузилиш жиҳатдан тўғри ёки U шаклдаги трубкalarдан тайёрланиши мумкин. Аппаратлардаги трубкalar чамбараги (решётка) кожухга кўзгалмас этиб пайвандланган, ҳарорат таъсирида ҳаракатланувчи қалпоқли (головкали) ва компенсаторли бўлиши мумкин. Иссиқлик алмашилиш юзасини ташкил этувчи трубкalarнинг диаметри  $20 \div 57$  мм, узунлиги эса  $2 \div 5$  м бўлади. Трубкалар мис, бронза, латунь ва қора металлдан (Ст.3 пўлати) тайёрланади. Мазкур типдаги аппаратларнинг иситиш юзалари одатда  $1 \div 150$  м<sup>2</sup> бўлади. Жиҳоздаги суюқлик йўналишига кўра 1, 2, 4, 6, 8 ва ундан ортиқ йўлли аппаратлар мавжуд.

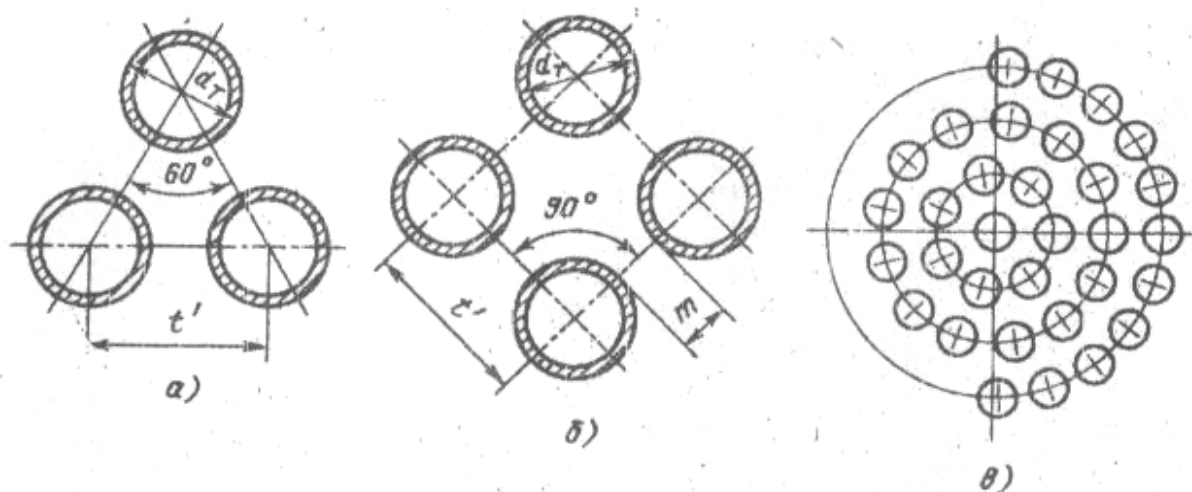


24.1- расм. Кожух-трубали иссиқлик алмашиниш аппаратлари: а) бир йўлли; б) линзасимон компенсаторли; в) ҳаракатчан қопқоқли; г) U- шаклдаги трубкали; I – суюқликнинг ҳаракат йўналиши; II- қиздирувчи агентнинг ҳаракат йўналиши; 1- кожух; 2- иссиқлик ўтказувчи трубалар; 3- линзасимон компенсатор; 4- ҳаракатчан қопқоқ; 5- трубалар чамбараги; 6- қопқоқ; 7,8- штуцерлар; 9- болът; 10- қистирма.

Қиздирувчи сув буғи одатда аппарат кожухида жойлашган трубкалар ўрамининг ташқи юзасига берилади, суюқлик эса трубкалар ичида ҳаракатланади. Аппаратда ҳаракатланаётган буғ ва суюқлик оқими параллел, қарама-қарши ёки ўзаро кесишувчи йўналишларда бўлиши мумкин.

Горизонтал жойлашган аппаратларда совуқ ва зичлиги катта бўлган муҳит дастлаб унинг қуйи қисмидаги трубкаларга берилади ва жиҳознинг йўллари бўйлаб юқорида жойлашган трубкаларга кўтарилиш жараёнида қизиб, зичлиги камаяди. Натижада иссиқ буғ билан ҳарорати нисбатан юқори бўлган суюқлик қиздирилади. Пастга қараб йўналган конденсат эса қуйи трубалардаги “совуқ” суюқликни қиздиради. Бу эса ўз навбатида иссиқлик алмашиниш жараёнининг тезлиги ўзгармас бўлишини таъминлайди.

Аппаратлардаги суюқлик йўллари (агар икки ва ундан ортиқ йўналишда бўлса) унинг қопқоқларидаги пластинкасимон қуйма тўсиқларни трубкалар чамбараги юзасига зичлашуви натижасида ҳосил қилинади. Сув буғи йўналишини мураккаблаштириш, уни аппаратда бўлиш вақтини узайтириш ҳамда трубкаларнинг босим ва ҳарорат таъсирида эгилишини олдини олиш мақсадида кожух ичига буғ қайтарувчи тўсиқлар ўрнатилади. Бундай тўсиқлар перфорацияланган сегмент шаклидаги пластинкалар бўлиб, трубкалар уларнинг тешикларидан ўтказилган ҳолатда йиғилади.



24.2-расм. Қиздирувчи трубкани чамбарак юзаси бўйлаб жойлаштириш схемалари: а) олти бурчакнинг (тенг томонли учбурчакнинг) қирралари бўйлаб; б) квадратнинг қирралари бўйлаб; в) концентрик айланалар бўйлаб;  $t$  - трубкани жойлашув қадами;  $d_1$  ва  $d_2$  - трубкани ташқи ва ички диаметрлари;  $m$  - трубкани орасидаги тирқиш.

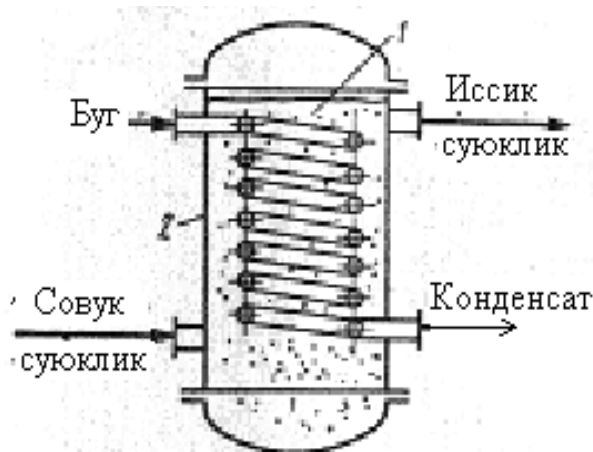
Трубкани чамбаракка ўйилган тешикларга развальцовка, пайвандлаш ва бошқа усуллар билан маҳкамланади. Чамбарак юзасидаги базис тешиклар тенг томонли

олтибурчак (учбурчак), тўртбурчак (коридор ёки шахмат усулида) ва концентрик айланалар бўйлаб ўйилади (24.2- расм).

Кожух-трубкали аппаратларда иссиқлик ўтказиш коэффициентининг қийматлари  $K = 500 \div 600 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$  бўлади.

**U-шаклдаги трубкали иссиқлик алмашиниш аппаратлари** (24.1-расм, г- схема) ҳароратлар фарқи катта ( $\Delta t > 50^\circ\text{C}$ ) бўлган ҳолатларда қўлланилади. Улар айрим ҳолатларда катта ҳажмли аппаратларнинг қайнатгичи вазифасини ҳам бажариши мумкин, масалан, хайдаш кубларида.

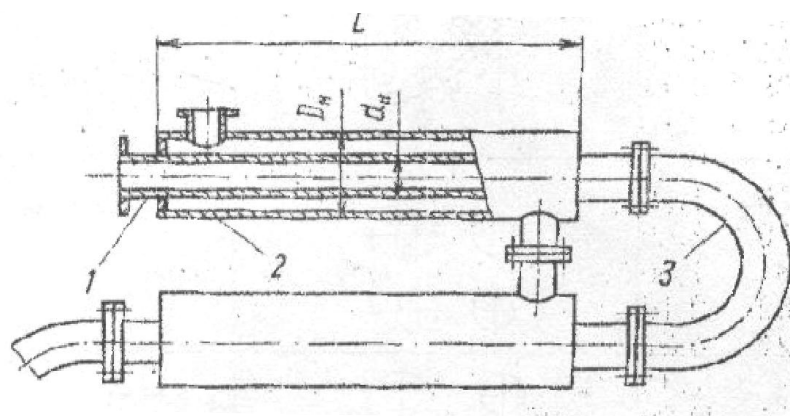
**24.2.3. Змеевикли аппаратлар** (24.3-расм) юқори қовушқоқликка эга бўлган эритмаларни қуюлтириш ва буғларни конденсациялаш мақсадларида ҳамда катта ҳажмли аппаратларга ўрнатиладиган маҳаллий қиздириш мосламаси сифатида қўлланилади.



24.3- расм. Змеевикли қиздиргич схемаси: 1-змеевик ўрамлари; 2- аппарат корпуси.

Змеевиклар диаметри  $25 \div 75$  мм бўлган трубалардан тайёрланади. Змеевикнинг умумий узунлиги диаметрига нисбатан  $(200 \div 250)d$  бўлади. Змеевикнинг гидравлик қаршилиги катта ва уни тозалаш қийин.

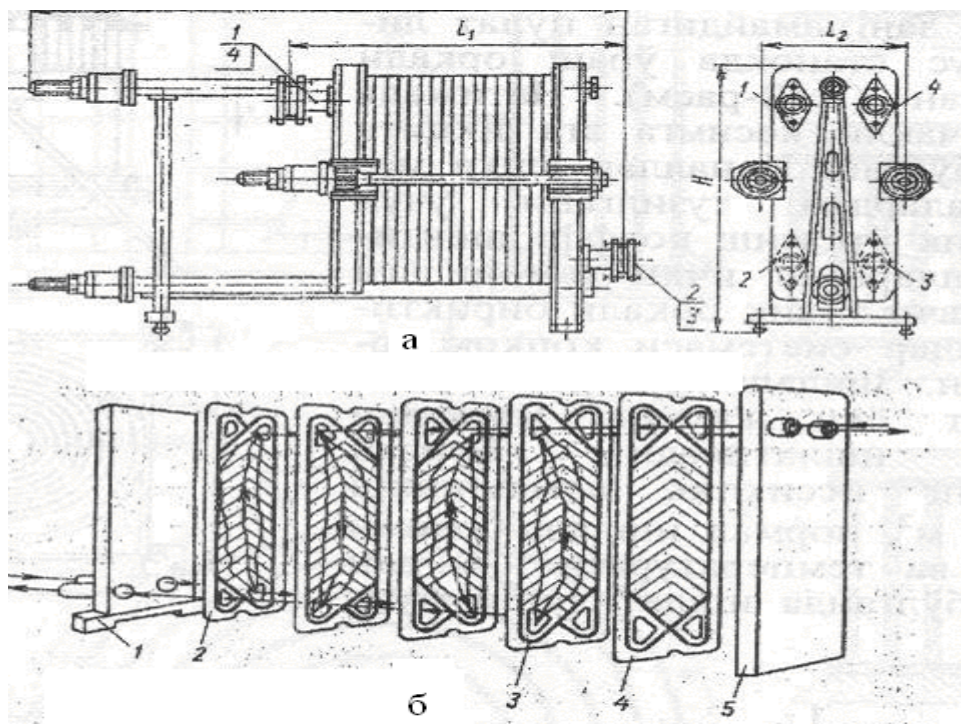
**24.2.4. Қўш трубали аппаратлар.** Қўш трубали иссиқлик алмашиниш аппаратлари (24.4- расм) ўта содда тузилишга эга, мобил, аммо ўлчамлари катта.



24.4- расм. Қўш трубали иссиқлик алмашиниш аппарати схемаси: 1- ички (кичик) труба; 2- ташқи (катта) труба – кожух; 3- калач.

Қўш трубали аппаратлар корхоналарда ва совутиладиган омборларда кенг қўлланилади. Иссиқлик ўтказиш коэффициентининг қурилмадаги қиймати  $K = 1000 \div 1200 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .

**Пластинкали аппаратлар.** Пластинкали иссиқлик алмашиниш аппаратлари (24.5-расм) сут, вино, пиво, консерва ва бошқа маҳсулотлар ишлаб чиқарувчи корхоналарда кенг қўлланилади.



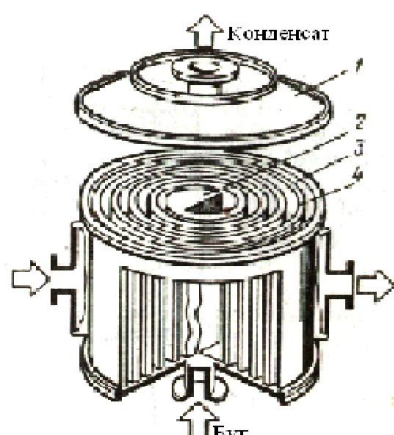
расм. Пластинкали иссиқлик алмашиниш аппарати: а) умумқўриниш чизмаси; 1,2,3,4-ишчи муҳитлар учун штуцерлар; б) аппаратдаги ишчи муҳитларнинг ҳаракатланиш схемаси; 1- қўзғалмас плита; 2,4- пластина; 3- резина қистирма; 5- қўзғалувчи плита. Бундай қурилмалар юпқа (1мм) металл листлардан тайёрланган бир неча қатор пластинкалар жамланмасидан иборат бўлади.

Пластинкалар оралиғига резина қистирмалар жойлаштирилгач, улар плиталар ва винт ёрдамида сиқилиб, герметик пакет ҳосил қилинади. Бу пайтда пластинкалар бурмаларининг ўртасида ҳосил бўлувчи каналларнинг бирида қиздирувчи агент, иккинчисида эса иситилаётган суюқлик ҳаракатланади.

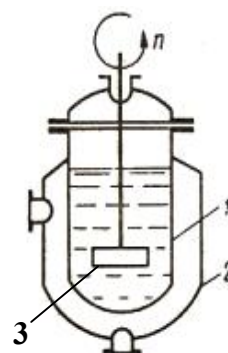
Саноатда ишлатиладиган пластинкали аппаратлар  $2\div 600\text{ м}^2$  юзага эга бўлиб, 1.6 МПа гача бўлган босимларда ва  $-30\div 180^\circ\text{C}$  ҳароратлар диапазонида ишлатилади. Иссиқлик узатиш коэффиценти  $7\div 9\text{ кВт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$ . Технологик мақсадларга кўра совутгич, пастеризатор ва конденсатор сифатида қўлланилади.

Пластинкалар рухланган ёки коррозияга чидамли пўлат, алюминий ва бошқа материаллардан тайёрланади.

**Спирал юзали иссиқлик алмашиниш аппаратлари** (24.6- расм) иссиқлик ўтказувчи юза вазифасини ўтовчи текис тўртбурчак шаклидаги юпқа металл пластинкалар ўрамидан иборат бўлади. Пластинкалар оралиғида ҳосил бўлувчи икки қўшни каналларда суюқлик ва сув буғи ҳаракатланади. Каналлар системаси остки ва юқори қопқоқлар воситасида зич ҳолатда беркитилади.



168



24.7- расм. Фидофли қиздириш



Аппарат ихчам, содда, гидравлик қаршилиги кичик, аммо созлаш мураккаб, 1 МПа дан ортик босимларда уни ишлатиш мумкин эмас.

**24.2.7. Ғилофли аппаратлар.** Ғилофли аппаратлар реакторлар типда ишланган (24.7- расм). Аппаратнинг мис ёки алюминий девори ва пўлат кожухи (ғилофи) оралиғида 40÷60 мм кенгликдаги герметик бўшлиқ мавжуд бўлиб, бу ерга қиздирувчи буғ ёки совутувчи сув юборилади. Иссиқлик узатувчи юза вазифасини аппаратнинг цилиндрик корпуси ёки ярим шар шаклида ишланган туб қисми бажаради.

**Назорат саволлари.** 1.Иссиқлик алмашилиш аппаратларининг қандай турлари мавжуд? Уларнинг ишлатилиш соҳалари ҳақида нималарни биласиз? 2.Муайян турдаги маҳсулот учун иссиқлик алмашилиш аппаратини қандай танлаб олиш мумкин? 3.Кожух-трубкали иссиқлик алмашилиш аппаратларининг тузилиши ва ишлаш принципини тушунтириб беринг. 4.Қандай сабабларга кўра суюқлик трубкалар ичига, сув буғи эса трубкалар орасидаги бўшлиққа берилади? Жавобингизни асослаб беринг. 5.Икки йўлли кожух-трубкали қиздиргични қай тарзда тўрт йўлли аппаратга айлантириш мумкинлигини схемада кўрсатинг. 6.Кўш трубали аппаратнинг тузилиши ва ишлаш принципини тушунтириб беринг. 7.Змеевикли қурилмалар ҳақида нималарни биласиз? Уларнинг қўлланиш схемаларини келтиринг. 8.Спирал юзали аппаратнинг тузилишидаги ижобий ва салбий томонларни кўрсатинг. 9.Пластина юзали аппаратлар қандай тузилган? Уларнинг қўлланиш соҳалари ҳақида нималарни биласиз? 10.Ғилофли аппаратларда қиздирувчи буғнинг ишчи босими қай тарзда ҳосил қилинишини схемада кўрсатинг.11. Иссиқлик алмашилиш аппаратларининг конструктив параметрларини ҳисоблаш тартибини тушунтириб беринг. 12.Иссиқлик алмашилиш аппаратларини лойиҳалаш жараёнида қандай турдаги ҳисоблашлар бажарилади? Ушбу ҳисоблашларнинг асосий мазмуни нималардан иборат? 13.Иссиқлик алмашилиш аппаратларининг гидравлик ҳисобларини бажариш тартибини тушунтириб беринг. Ушбу ҳисоблашларни бажаришдан мақсад нима?

### **Мавзу: Буғлатиш жараёнлари Умумий маълумотлар**

Эритмаларни қайнатиш йўли билан улар таркибидан эритувчининг бир қисмини ҳайдаш жараёни буғлатиш деб юритилади. Бу пайтда эритма таркибидаги учмайдиган (куруқ) моддалар концентрацияси ортиб бориши туфайли эритма қуюлади.

Буғлатиш йўли билан томат пуल्पасидан паста, шакарли эритмадан қиём олинади; ўсимлик ёғининг бензиндаги эритмаси (мисцелла) дистилляцияланиб, ундан ёғ ва тоза эритувчи – бензин ажратиб олинади. Буғлатиш жараёнида ҳосил бўлган қуюқ эритмаларни сақлаш, қайта ишлаш ва ташиш қулай.

Буғлатиш жараёнида ишлатилаётган сув буғи бирламчи буғ деб, эритмалар таркибидан ажралиб чиқаётган эритувчининг буғи эса иккиламчи буғ деб юритилади.

Жараён учун зарур бўлган иссиқлик энергияси ажратувчи девор юзаси (трубкалар, аппаратлар девори ва б.) орқали эритмага узатилади.

Эритмаларнинг физик-кимёвий хоссаларини эътиборга олиб, шу билан бирга иккиламчи буғ иссиқлигидан фойдаланиш заруриятига кўра, буғлатиш жараёни вакуум остида, атмосфера босими ва ундан юқори (ортиқ) босимларда амалга оширилади.

Вакуум остида эритмалар паст ҳароратларда қайнайди. Бу эса юқори ҳарорат таъсирида парчаланувчи моддаларга бой бўлган озиқ-овқат эритмаларини қуюлтириш учун қулайдир ( $t_k \leq 100^\circ\text{C}$ ). Вакуум остида буғлатиш жараёнида ҳароратлар фарқи  $\Delta t_{\text{ур}}$  ортиши сабабли, қиздириш юзаси кичик бўлган ихчам аппаратлар яратиш ва буғ энергиясидан тўлароқ фойдаланиш имконияти пайдо бўлади. Аммо вакуум ҳосил қилиш билан боғлиқ сарф-ҳаражатлар (сув ва электр энергия сарфи, жиҳозлар нархи) юқорилиги сабабли маҳсулат таннархи ортади.

Эритмаларни атмосфера босимидан ортиқ босимларда буғлатилганда маҳсулот юқори ҳароратларда қайнайди. Шу сабабдан, ҳосил бўладиган иккиламчи буғнинг иссиқлик энергияси ҳам юқори бўлади ва уни экстра буғ сифатида бошқа мақсадлар учун ишлатиш мумкин. Одатда таркибида қуруқ моддалари кам бўлган эритмалар ёки юқори ҳарорат таъсирига чидамли бўлган суюқликлар юқори босим остида қуюлтирилади. Бу пайтда қиздирувчи агент (бирламчи буғ) ҳарорати юқори бўлиши керак.

Атмосфера босими остида буғлатиш усули одатда даврий ишловчи аппаратларда ва очиқ буғ қозонларида амалга оширилади. Бу пайтда иккиламчи буғ ишлатилмасдан атмосферага чиқариб юборилиши сабабли мазкур усул содда, аммо энг тежамсиз усул деб ҳисобланади.

Саноатда буғлатиш жараёни бир босқичда (битта аппаратда) ёки кўп босқичли қурилмаларда амалга оширилади. Иш режимига кўра буғлатиш қурилмалари даврий ёки узлуксиз ишлаши мумкин.

### Буғлатиш жараёнининг физик-кимёвий асослари

Буғлатиш жараёнларида эритмалар концентрациясини ортиши сабабли уларнинг иссиқлик-физик хоссалари ҳам ўзгаради. Шу сабабдан буғлатиш аппаратларини ҳисоблаш, лойиҳалаш ва ишлатиш жараёнларида эритмаларнинг эътиборга олиниши лозим бўлган айрим хусусиятларини кўриб чиқамиз.

**Эритманиннг иссиқлик сиғими** одатда унинг ҳарорати ва концентрацияси ўртасидаги боғлиқликни ифодалайди. Жараённи ҳисоблаш пайтида эритмаларнинг иссиқлик сиғимларини тажрибалар натижасида аниқланган қийматларидан фойдаланилади. Бундай маълумотлар физик-кимёвий катталикларни ўз ичига олган маҳсус адабиётларда, жадвал ёки графиклар кўринишида, келтирилади.

Айрим озиқ-овқат маҳсулотларининг иссиқлик-физик хоссалари ҳақидаги бирламчи материаллар мазкур қўлланманиннг 3.3- бандида келтирилган.

**Температуравий йўқотишлар**  $\Delta$  қиймати температура депрессияси  $\Delta'$ , гидростатик депрессия  $\Delta''$  ва гидравлик депрессия  $\Delta'''$  қийматлари йиғиндисидан иборат бўлади:

$$\Delta = \Delta' + \Delta'' + \Delta''' \quad (25-1)$$

Температура депрессияси  $\Delta'$  бир хил босим остида эритманиннг қайнаш ҳарорати  $t_k$  ва тоза эритувчининг қайнаш ҳарорати  $t_p$  ўртасидаги фарқ билан ифодаланади.  $\Delta'$  катталикланиннг сон қиймати эриган модда ва эритувчининг физик-кимёвий хоссалари, эритма концентрацияси ва аппаратдаги ишчи босимга боғлиқ бўлиб, маҳсус маълумотлардан аниқланади.

$\Delta'$  қиймати одатда атмосфера босимида  $\Delta'_{\text{атм}}$  аниқланган бўлади. Турлича босимларда суюлтирилган эритмалар учун  $\Delta'$  сон қиймати проф.И.А.Тишенко тенгламаси орқали ҳисоблаб топилади:

$$\Delta' = 1.62 \cdot 10^2 / r \Delta'_{\text{атм}}, \quad (25-2)$$

бу ерда  $r$ - тоза эритувчини берилган босимдаги буғланиш иссиқлиги, кЖ/кг.

Гидростатик эффект таъсирида қиздириш трубкасининг қуйи қисмидаги суюқликни қайнаш ҳарорати трубканинг юқори қисмидаги суюқликни қайнаш ҳароратидан юқори бўлади.

Гидростатик эффект  $t = f(\rho g H) \approx f(H)$  таъсирида эритманинг қайнаш ҳароратини ортиши гидростатик депрессия  $\Delta''$  деб юритилади.  $\Delta''$  қиймати вертикал труба ичидаги «буғ-суюқлик» аралашмасининг нисбий ҳажмлари, ўзгарувчи зичлиги ва циркуляция тезлигига боғлиқ бўлганлиги учун амалиётда уни аниқ ҳисоблаб бўлмайди. Одатда  $\Delta'' = 1 \div 3^\circ\text{C}$  деб қабул қилинади.

Иккиламчи буғ сепаратор элементлари орқали ҳаракатланаётган пайтда гидравлик қаршиликларга дуч келиши сабабли унинг босими камаяди. Натижада буғнинг тўйиниш ҳарорати ҳам пасаяди. Гидравлик қаршилик таъсирида эритма ҳароратининг пасайишини қоплаш учун зарур бўлган ҳарорат ( $0.5 \div 1.5^\circ\text{C}$ ) гидравлик депрессия деб юритилади.

Шундай қилиб эритманинг қайнаш ҳарорати

$$t_k = t_w + \Delta' + \Delta'' + \Delta''', \quad (25-3)$$

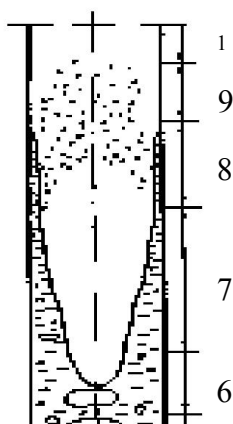
бу ерда  $t_w$ - иккиламчи буғ ҳарорати.

**Эритманинг вертикал трубкада қайнаш механизми.** Буғлатиш аппаратларида қайнаётган эритма таркибидан эритувчини узлуксиз буғланиши натижасида трубкалар ичида «буғ-суюқлик» аралашмаси ҳосил бўлади. Шу муносабат билан трубкалар ичини аппаратнинг «буғ-суюқлик қисми» деб ҳам деб юритилади.

Назарий жиҳатдан аппаратнинг бу қисмида қуюлтириляётган эритма ҳарорати ва концентрациясини трубкалар баландлиги бўйича узлуксиз тақсимоти кечади. Шу сабабдан, ушбу қисмда кечаётган жараёнларни таҳлилий ўрганиш буғлатиш аппаратларини оптимал лойиҳалашда муҳим аҳамиятга эга бўлади.

Эритма трубкалар баландлиги бўйлаб юқорига кўтарилгани сайин унинг таркибидан эритувчини буғланаётган молекулалари сони ортиб боради. Бунинг натижасида трубкалар баландлиги бўйича турлича гидродинамик структурага эга бўлган иссиқлик алмашилиш соҳалари (режимлари) юзага келади (25.1-расм):

- аппаратга узатиляётган эритмани қиздириш соҳаси;
- тўлиқ қайнамаган суюқлик соҳаси (деворга ёпишган суюқлик қатламларини қайнаш режими);
- пуфакчали қайнаш соҳаси;
- ривожланган пуфакчали қайнаш соҳаси;
- «снарядсимон» буғ пуфакчали қайнаш соҳаси;
- «снарядсимон» буғ пуфакчали ва қисман плёнкали қайнаш соҳаси;
- ҳалқасимон плёнкали қайнаш соҳаси;
- ҳалқасимон плёнка ва буғ аралашмали қайнаш соҳаси;
- дисперс фаза соҳаси;
- буғ фаза соҳаси.



25.1- расм. Трубкадаги суюқликни қайнаш жараёнида икки фазали оқимнинг гидродинамик структураси: 1- суюқликни қиздириш соҳаси; 2- тўлиқ қайнамаган суюқлик соҳаси; 3- пуфакчали

Қурилмага берилаётган эритмани қиздириш соҳасида (1-соҳа) суюқлик қайнаш ҳароратига яқин ҳароратларгача қиздирилади.

Трубка деворига яқин бўлган суюқлик қатламининг ҳарорати қайнаш ҳароратига етса, трубка деворлари юзасида эритувчининг майда буғ пуфакчалари пайдо бўла бошлайди (2-соҳа). Келгусида, суюқликнинг асосий ҳажмини ҳарорати қайнаш ҳароратига етса, буғ пуфакчалари сонининг тез ўсиши кузатилади. Бу пайтда трубканинг ушбу қисми суюқлик ҳажми бўйича бир текис тақсимланган майда пуфакчалар билан тўлади (3-соҳа).

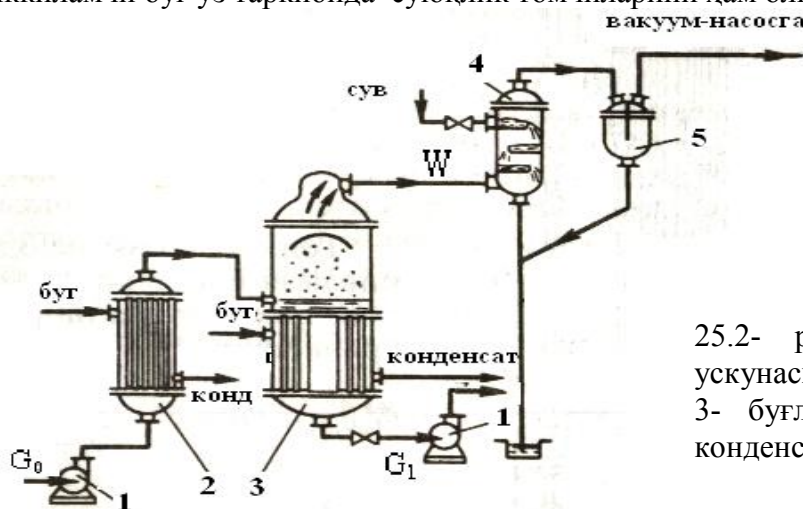
Қайнаётган «буғ-суюқлик» аралашмаси трубка бўйлаб юқорига кўтарилган сайин пуфакчалар миқдори ортиб боради ва айти пайтда уларнинг ўлчамлари ҳам катталашади. Пуфакчалар бирин-кетин, занжир ҳалқалари кўринишида, юқорига кўтарила бошлайди (4-соҳа). «Суюқлик-буғ» зонасининг ҳажми чекланганлиги сабабли келгусида пуфакчалар бир-бирлари билан қўшилиб, снаряд шаклидаги катта чўзинчоқ пуфаклар ҳосил бўлади (5 ва 6-соҳалар). Уларнинг максимал ўлчамлари трубка диаметрига яқин бўлиши мумкин. Катта ўлчамли пуфаклар трубалар бўйлаб тез кўтарилиши сабабли қуюлтирилаётган эритманинг турбулентлиги ортади. Бу пайтда майда ўлчамли пуфакчаларнинг бирлашуви кузатилади.

Келгусида чўзинчоқ шаклдаги пуфакларнинг ўзаро бирикиши ва уларни ёрилиши туфайли трубка марказида ҳаракатланувчи узлуксиз буғ оқими (найча) юзага келади. Бу пайтда трубка деворларида суюқликнинг ҳалқасимон юпқа қатлами ҳосил бўлади (7-соҳа). Ушбу ҳалқасимон суюқлик қатламидан эритувчининг буғланиши туфайли ҳалқа қалинлиги аста-секин камайиб боради. Айрим ҳолларда мазкур суюқлик ҳалқаси узилиши ёки бутунлай йўқолиб кетиши ҳам мумкин. Бу пайтда ҳалқасимон плёнка ва буғ аралашмалари қайнаш режими (8-соҳа) юзага келади. Ушбу режимда суюқликнинг юпқа қатлами кўпинча қуриб қолади, трубка деворларидаги эритма томчилари эса буғланиб кетади. Натижада буғ оқими (туман) ҳосил бўлади (9-соҳа). Эритманинг бундай қайнаш режими таркибида ўта майда суюқлик томчиларини тутган узлуксиз буғ фазасининг оқими деб таърифланади. 8-, 9- ва 10-соҳалардаги мавжуд қайнаш режимларининг самараси кам. Чунки бу пайтда иссиқлик бериш коэффициентининг қиймати сезиларли даражада пасайиб кетади. Суюқлик плёнкасини қуриб қолиши натижасида трубканинг ушбу қисми эритма куйиндиси билан тез тўлиб қолиши мумкин.

Трубоканинг 1-соҳасида суюқликни қайнаш ҳароратигача қиздириш учун қўшимча сув буғи энергияси талаб этилади. Аппарат трубкасининг ушбу қисми қиздиргич сифатида ишлайди ва у эритмани буғлатиш учун хизмат қилмайди. Ушбу салбий ҳолатнинг олдини олиш мақсадида, эритмани буғлатиш қурилмасига қайнаш ҳароратига яқин бўлган ҳароратгача қиздирилган ҳолатда узатиш лозим бўлади. Бу пайтда бирламчи эритмани қайнаш ҳароратигача қиздириш учун буғлатиш қурилмасидан чиқаётган иккиламчи буғлар иссиқлигидан фойдаланиш тавсия этилади.

## Бир корпусли буғлатиш ускуналари

Бир корпусли буғлатиш ускуналари кичик ҳажмда маҳсулот ишлаб чиқариш учун лойиҳаланган технологик тизимларда (масалан, мураббо, жем ва х.) қўлланилади. Бир босқичли буғлатиш ускуналари кўпинча даврий ёки узлуксиз режимларда ишлайди. Ушбу ускуналар таркиби асосан қиздиргич, буғлатиш аппарати, конденсатор ва насослардан иборат бўлади (25.2-расм). Қуюлтириладиган эритма насос 1 воситасида қиздириш аппаратига 2 узатилади. Қиздиргичда бирламчи эритма қайнаш ҳароратига яқин бўлган ҳароратгача қиздирилади ва буғлатиш аппаратига 3 киритилади. Босим остида аппарат кожухига берилаётган сув буғининг иссиқлиги туфайли трубкалардаги суюқлик қизиб, қайнай бошлайди. Натижада трубка ичида иккиламчи буғ ва суюқликдан иборат аралашма ҳосил бўлади. Трубка баландлиги бўйлаб юқорига катта тезликда кўтарилаётган иккиламчи буғ ўз таркибида суюқлик томчиларини ҳам олиб кетади.



25.2- расм. Бир босқичли буғлатиш ускунаси: 1- насос; 2- қиздириш аппарати; 3- буғлатиш аппарати; 4- барометрик конденсатор; 5- томчи ушлагич.

Аппаратнинг сепаратор қисмида буғ-суюқлик аралашмаси таркибидаги суюқлик томчилари оғирлик кучи таъсирида буғдан ажралади. Иккиламчи буғ аппаратнинг юқори қисмидан барометрик конденсаторга 4 совутиш учун йўналтирилади.

Аппаратни ишлатиш даврида марказий циркуляция қувуридаги суюқлик ва трубкалардаги «суюқлик-буғ» аралашмасининг зичликлари ўртасида фарқ пайдо бўлади. Зичликлар фарқи таъсирида табиий циркуляция юзага келади. Шу тариқа кўп маротаба қайта

ишлов берилган суюқлик, унинг концентрацияси муайян қийматга етгандан сўнг, аппаратнинг туб қисмидан чиқарилади.

**Буғлатиш жараёнининг моддий баланси** (25.3-расм) қуйидаги тенглик орқали ифодаланади:

$$G_0 a_0 = G_1 a_1, \quad (25-4)$$

бу ерда  $G_0$  ва  $G_1$ - аппаратга берилаётган ( $G_0$ ) ва ундан чиқаётган ( $G_1$ ) эритманинг массавий сарфи, кг/сек;  $a_0$  ва  $a_1$ - эритмани аппаратга киришдаги ва ундан чиқишдаги концентрацияси, %.

Ушбу тенглама асосида қуюлтирилган эритма сарфи аниқланади

$$G_1 = (G_0 a_0) / a_1. \quad (25-5)$$



25.3- расм. Буғлатиш жараёнининг моддий баланси схемаси.

Жараён мобайнида ажралиб чиққан иккиламчи буғ миқдори  $W$  (кг/сек) дастлабки ва қуюлтирилган эритма сарфларининг айирмасига тенг:

$$W = G_o - G_1 = G_o(1 - a_o/a_1). \quad (25-6)$$

Буғлатиш жараёнининг иссиқлик баланси схемаси қуйидаги 25.4- расмда тасвирланган.



25.4- расм. Буғлатиш жараёнининг иссиқлик баланси схемаси.

25.

кўринишда бўлади:

$$Q_o + Q_б = Q_1 + Q_w + Q_{кн} + Q_{и}, \quad (25-7)$$

бу ерда  $Q_o = G_o c_o t_o$ - дастлабки эритманинг иссиқлиги;  $Q_б = D i_б$ - сув буғининг иссиқлиги;  $Q_1 = G_1 c_1 t_1$ - қуюлтирилган эритманинг иссиқлиги;  $Q_w = W i_w = G_o(1 - a_o/a_1) i_w$ - жараён пайтида ҳосил бўлган иккиламчи буғнинг иссиқлиги;  $Q_{кн} = D i_{кн}$ - сув буғи конденсатининг иссиқлиги;  $t_o$  ва  $t_1$ - эритманинг дастлабки  $t_o$  ва қайнаш  $t_1$  ҳароратлари, °C;  $c_o$  ва  $c_1$ - эритманинг  $t_o$  ва  $t_1$  ҳароратлардаги солиштирма иссиқлик сифимлари, кЖ/(кг°С);  $i_б$ ,  $i_{кн}$  ва  $i_w$ - сув буғи, конденсат ва иккиламчи буғнинг энтальпиялари, кЖ/кг.

Жараённинг иссиқлик баланси тенгласининг кенгайтирилган кўриниши

$$G_o c_o t_o + D i_б = G_1 c_1 t_1 + G_o(1 - a_o/a_1) i_w + D i_{кн} + Q_{и}. \quad (25-8)$$

Ушбу тенгламадан жараённи амалга ошириш учун зарур бўлган сув буғи сарфи  $D$  аниқланади

$$D = (G_1 c_1 t_1 + G(1 - a_o/a_1) i_w + Q_{и} - G_o c_o t_o) / (i_б - i_{кн}). \quad (25-9)$$

Сув буғи ва конденсат энтальпиялари  $i_б$ ,  $i_{кн}$  буғ босимидан  $P_б$  боғлиқ бўлиб, уларнинг қийматлари маълумотномаларда келтирилади. Маҳсулотнинг иссиқлик сифими унинг ҳароратидан боғлиқ бўлиб, унинг қиймати маълумотномалардан аниқланади ёки  $c=f(a,t)$  кўринишдаги эмпирик тенгламалар ёрдамида ҳисобланади.

Атроф муҳитга йўқотилаётган иссиқлик миқдори  $Q_{и}$  фойдали сафланаётган иссиқликнинг 3÷5%- ни ташкил этади.  $Q_{и}$  миқдорининг аниқ қийматлари аппаратнинг геометрик ўлчамлари аниқлангандан сўнг ҳисобланади.

### Кўп босқичли буғлатиш ускуналари

Жараённи амалга ошириш учун сарфланадиган сув буғи иссиқлигидан самарали фойдаланиш мақсадида кўп босқичли буғлатиш ускуналари (КББУ) қўлланилади. Бундай қурилмаларнинг биринчи аппаратига бирламчи сув буғи берилди. Ундан чиқаётган иккиламчи буғ иситувчи агент сифатида иккинчи аппарат кожухига берилди. Иккинчи корпуснинг иккиламчи буғи эса учинчи корпусдаги жараённи амалга ошириш учун ишлатилади ва х. Охирги корпуснинг иккиламчи буғи эса конденсаторга юборилади.

Кўп босқичли буғлатиш ускуналарида иситувчи сув буғининг бирлик сарфи (кг буғ/кг эритма) қуйидаги 25.1-жадвалда келтирилган.

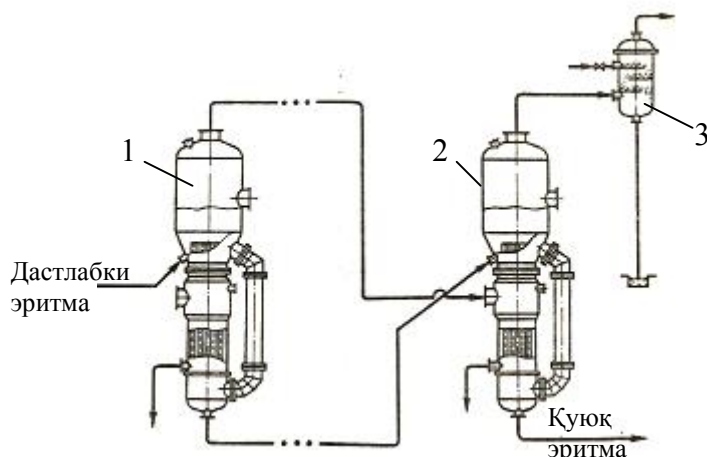
25.1- жадвал

Корпуслар сони, n	1	2	3	4	5
Бирлик буғ сарфи, D/G	1.1	0.57	0.4	0.3	0.27

25.1-жадвалдан кўрииб турибдики, аниқ шарт-шароитлар учун аппаратларнинг оптимал сони танланиши зарур.

Кўп босқичли буғлатиш ускуналарининг корпусларида вакуум, атмосфера босими ва ундан юқори босимлар ушлаб турилиши мумкин. Қиздирувчи сув буғи ва қуюлтирилаётган суюқлик оқимини ҳаракат йўналишларига кўра, кўп корпусли буғлатиш қурилмалари параллел ва қарама-қарши йўналишларда эритма билан узлуксиз таъминланади. Бундан ташқари, мураккаб схемали ва экстра-буғ ажратиш олинадиган ускуналар гуруҳи ҳам мавжуд.

**Параллел йўналишда ишловчи ускуналарда** (25.5- расм)  $G_0$  миқдордаги суюқлик дастлаб қайнаш ҳароратига яқин бўлган  $t_0$  ҳароратгача қиздиргичларда иситилади ва буғлатиш ускунасининг биринчи корпусига узатилади.



25.5- расм. Параллел йўналишли икки корпусли буғлатиш ускунаси:  
1,2- буғлатиш аппаратлари; 3- конденсатор.

Биринчи буғлатиш босқичидаги эритмани қиздириш учун аппарат кожухига тўйинган сув буғи берилади. Қурилмада суюқлик  $P_1$  босим остида  $t_1$  ҳароратда қайнайди. Бу пайтда унинг таркибидан  $W_1$  миқдорда иккиламчи буғ ажралиб чиқади ва суюқлик концентрацияси  $a_0$  дан  $a_1$  гача ортади. Шундан сўнг эритма буғлатиш ускунасининг иккинчи босқичига узатилади.

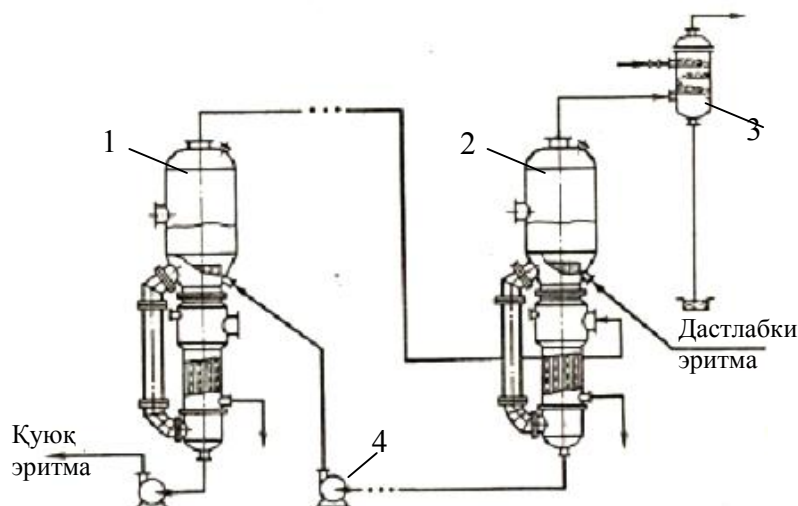
Иккинчи босқич аппарати кожухига қиздирувчи агент сифатида биринчи босқич аппаратидан чиқаётган иккиламчи буғ берилади. Ускунасининг иккинчи босқичида  $P_2$  босим остида ва  $t_2$  ҳароратда буғланаётган эритма концентрацияси белгиланган  $a_2$  қийматга етказилади. Қайнаш жараёнида эритмадан ажралиб чиққан  $W_2$  миқдордаги иккиламчи буғ совутиш учун конденсаторга юборилади.

Таҳлил қилинаётган схемадан эритма ва қиздирувчи агентнинг ҳаракат йўналишлари параллел эканлиги кўриниб турибди.

Параллел йўналишли буғлатиш ускуналаридаги ишчи босимлар қиймати буғлатиш босқичлари бўйлаб пасайиб боради, масалан,  $P_1 > P_{\text{атм}}$ ,  $P_2 = P_{\text{атм}}$  ва  $P_2 < P_{\text{атм}}$ . Шу сабабдан, биринчи босқичда қисман буғлатилган эритма кейингисига, улар ўртасидаги босимлар фарқи остида, насослар ёрдамисиз, ўз-ўзидан ўтади. Бу пайтда эритманинг ҳарорати иккинчи аппаратдаги қайнаш ҳароратигача совийди ва эритма ўз-ўзидан буғлана бошлайди. Натижада, маълум миқдорда қўшимча иккиламчи буғ ажралиб чиқади. Иккинчи аппаратдаги ҳарорат қиймати буғлатиш жараёни интенсивлигини бир меъёрда ушлаб туриши зарур.

Параллел йўналишли буғлатиш ускуналарида иссиқлик узатиш коэффициентлари  $K_1 > K_2 > K_3 \dots > K_n$  бўлиши уларнинг асосий камчилигидир.

**Қарама-қарши йўналишли ускуналар** (25.6-расм) қовушқоқлиги тез ортиб боровчи эритмаларни буғлатиш учун қўлланилади.



25.6- расм. Қарама-қарши йўналишли икки корпусли буғлатиш ускунаси: 1,2-буғлатиш аппаратлари; 3- конденсатор; 4- насос.

Ушбу ускуналарда қиздирувчи агент ва эритма бир корпусдан иккинчисига ўтиш пайтида ўзаро қарама-қарши томонга ҳаракатланади. Бирламчи эритма ускунанинг охириги аппаратига, қиздирувчи сув буғи эса биринчи аппарат кожухига берилади. Шу тариқа куюк эритмани сув буғи иссиқлигидан фойдаланиб янада юқорироқ концентрацияларгача буғлатиш мумкин бўлади.

Биринчи аппаратда эритма таркибидан ажралиб чиққан иккиламчи буғ иккинчи аппарат кожухига иситувчи агент сифатида берилади. Охириги босқич аппаратига паст концентрацияли бирламчи эритма нисбатан паст ҳароратли иккиламчи буғ иссиқлигида интенсив буғлантирилади. Охириги аппаратдан чиқадиган иккиламчи буғ конденсаторга узатилади.

Қарама-қарши йўналишли ускуналарда ишчи босимлар қиймати буғлатиш босқичлари бўйлаб ортиб бориши ( $P_1 \leq P_{\text{атм}}$ ,  $P_2 = P_{\text{атм}}$  ва  $P_3 > P_{\text{атм}}$ ) сабабли суюқликни корпуслар бўйлаб узатиш учун насослар ишлатилади. Шу билан бирга, ускуна таркибига кирувчи буғлатиш аппаратларининг ишчи юзаси параллел йўналишли ускуналардаги аппаратларга нисбатан кичик бўлади.

**Кўп босқичли буғлатиш жараёнининг моддий баланси.** Кўп босқичли буғлатиш ускунасига берилаётган эритманинг дастлабки сарфи  $G_0$ , унинг концентрацияси  $a_0$ , корпуслар бўйича эритма сарфлари  $G_i$ , концентрациялар ўзгариши  $a_i$  ва ҳосил бўладиган иккиламчи буғ миқдорларини  $W_i$  деб белгилаймиз.

Биринчи босқичда қуюлтирилган эритма учун

$$\begin{aligned} G_1 &= G_0(a_0/a_1); \\ W_1 &= G_0 - G_1 = G_0[1 - a_0/a_1]; \\ a_1 &= G_0 a_0 / (G_0 - W_1). \end{aligned} \quad (25-10)$$

Иккинчи босқич аппарати учун

$$\begin{aligned} G_2 &= G_1(a_1/a_2) = G_0(a_0/a_2); \\ W_2 &= G_1 - G_2 = G_0(a_0/a_1) - G_0(a_0/a_2) = G_0 a_0 [1/a_1 - 1/a_2]; \\ a_2 &= G_0 a_0 / [G_0 - (W_1 + W_2)]. \end{aligned} \quad (25-11)$$

Учинчи босқич аппарати учун

$$\begin{aligned} G_3 &= G_2(a_2/a_3) = G_0(a_0/a_3); \\ W_3 &= G_2 - G_3 = G_0(a_0/a_2) - G_0(a_0/a_3) = G_0 a_0 [1/a_2 - 1/a_3]; \\ a_3 &= G_0 a_0 / [G_0 - (W_1 + W_2 + W_3)]. \end{aligned} \quad (25-12)$$

$n$ - тартиб рақамли буғлатиш босқичи учун



$$G_n = G_{n-1}(a_{n-1}/a_n) = G_0(a_0/a_n);$$

$$W_n = G_{n-1} - G_n = G_0(a_0/a_{n-1}) - G_0(a_0/a_n) = G_0 a_0 [1/a_{n-1} - 1/a_n]; \quad (25-13)$$

$$a_n = G_0 a_0 / [G_0 - (W_1 + W_2 + W_3 + \dots + W_n)].$$

Куюлтирилган эритма таркибидаги эритувчининг қолдиқ миқдори

$$G_n = G_n(100 - a_n); \quad (25-14)$$

Буғлатиш ускунаси қурилмасидан ажралиб чиққан иккиламчи буғнинг умумий миқдори

$$W_{\text{ум}} = W_1 + W_2 + W_3 + \dots + W_n; \quad (25-15)$$

**Кўп босқичли буғлатиш жараёнининг иссиқлик баланси.** Кўп босқичли буғлатиш қурилмаларининг иссиқлик балансини тузиш пайтида жараённи ташкил этилиш услуби ва унинг технологик режимлари ҳисобга олинади. Иссиқлик баланси тенгламалари ёрдамида ҳар бир буғлатиш босқичи (аппарати) учун иссиқлик сарфи  $D_i$  аниқланади.

Мисол тариқасида қиздирувчи сув буғи билан параллел таъминланувчи уч босқичли буғлатиш ускунаси учун жараённинг иссиқлик баланси тузишни кўриб чиқамиз. Ҳисоблашларни соддалаштириш мақсадида атроф муҳитга иссиқликнинг йўқотилишини  $Q_{\text{йўқ}}$  ҳисобга олмаймиз.

**Буғлатиш жараёнининг биринчи босқичи** учун иссиқлик баланси тенгламаси, умумий ҳолда, қуйидаги кўринишда бўлади:

$$Q_0 + Q_6 = Q_1 + Q_{w1} + Q_{\text{кн}}, \quad (25-16)$$

бу ерда  $Q_0 = G_0 c_0 t_0$  - қурилмага берилаётган бирламчи эритманинг иссиқлиги;  $Q_6 = D_1 i_6$  - қиздирувчи сув буғининг иссиқлиги;  $Q_1 = G_1 c_1 t_1$  - биринчи босқичда қуюлтирилган эритманинг иссиқлиги;  $Q_{w1} = W_1 i_{w1} = G_0(1-a_0/a_1)i_{w1}$  - жараён пайтида ҳосил бўлган иккиламчи сув буғининг иссиқлиги;  $Q_{\text{кн}} = D_1 i_{\text{кн}}$  - сув буғи конденсатининг иссиқлиги;  $t_0$  ва  $t_1$  - эритманинг дастлабки  $t_0$  ва биринчи босқич аппаратидаги қайнаш  $t_1$  ҳарорати, °C;  $c_0$  ва  $c_1$  - эритмани  $t_0$  ва  $t_1$  ҳароратлардаги солиштирма иссиқлик сифими, кЖ/(кг°C);  $i_6$ ,  $i_{\text{кн}}$  ва  $i_{w1}$  - сув буғи, унинг конденсати ва биринчи босқич аппаратида ажралиб чиқаётган иккиламчи буғнинг энтальпиялари, кЖ/кг.

Иссиқлик баланси тенгламасининг кенгайтирилган кўриниши

$$G_0 c_0 t_0 + D_1 i_6 = G_1 c_1 t_1 + W_1 i_{w1} + D_1 i_{\text{кн}}. \quad (25-17)$$

$W_1 = G_0(1-a_0/a_1)$  эканлигини эътиборга олсак

$$G_0 c_0 t_0 + D_1 i_6 = G_1 c_1 t_1 + G_0(1-a_0/a_1)i_{w1} + D_1 i_{\text{кн}}. \quad (25-18)$$

Ушбу (25-18) тенгламадан жараённи амалга ошириш учун зарур бўлган сув буғи сарфи  $D_1$  аниқланади:

$$D_1 = [G_1 c_1 t_1 + G_0(1-a_0/a_1)i_{w1} - G_0 c_0 t_0] / (i_6 - i_{\text{кн}}). \quad (25-19)$$

Жараённинг моддий балансидан  $G_1 = G_0(1-a_0/a_1)$  эканлиги ҳисобга олинса, у ҳолда

$$D_1 = G_0 / (i_6 - i_{\text{кн}}) [(1-a_0/a_1)i_{w1} + (a_0/a_1)c_1 t_1 - c_0 t_0]. \quad (25-20)$$

**Буғлатиш жараёнининг иккинчи босқичи** учун иссиқлик баланси тенгламаси, умумий ҳолда, қуйидаги кўринишда бўлади:

$$Q_1 + Q_6 = Q_2 + Q_{w2} + Q_{\text{кн}}, \quad (25-21)$$

бу ерда  $Q_1 = G_1 c_1 t_1$  - иккинчи босқичга берилаётган эритманинг иссиқлиги;  $Q_2 = G_2 c_2 t_2$  - иккинчи босқичда қуюлтирилаётган эритманинг иссиқлиги;  $Q_{w2} = W_2 i_{w2} = G_0(1-a_0/a_2)i_{w2}$  - иккинчи босқичда ажралаётган иккиламчи буғнинг иссиқлиги;  $t_2$  - иккинчи корпусда қайнаётган эритма ҳарорати, °C;  $c_2$  - эритмани  $t_2$  ҳароратдаги солиштирма иссиқлик сифими, кЖ/(кг°C);  $i_{w2}$  - иккиламчи буғ энтальпияси, кЖ/кг.

Иссиқлик баланси тенгламасининг кенгайтирилган кўриниши

$$G_1 c_1 t_1 + D_2 i_6 = G_2 c_2 t_2 + W_2 i_{w2} + D_2 i_{\text{кн}}. \quad (25-22)$$

Ушбу (25-22) тенгламадан эритмани иккинчи босқичда буғлатиш учун зарур бўлган сув буғи сарфи  $D_2$  аниқланади:

$$D_2 = [(G_2 c_2 t_2 + G_0(1-a_0/a_2)i_{w2} - G_1 c_1 t_1)] / (i_6 - i_{\text{кн}}) = [G_0(1-a_0/a_2)c_2 t_2 + G_0(1-a_0/a_2)i_{w2} - G_1 c_1 t_1] / (i_6 - i_{\text{кн}}). \quad (25-23)$$

Соддалаштиришлардан сўнг ушбу (25-23) тенглама қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$D_2 = [G_o/(i_6 - i_{кн})(a_o/a_1)] [(1 - a_1/a_2)i_{w2} + (a_o/a_2)c_2t_2 - c_1t_1]. \quad (25-24)$$

**Буғлатиш жараёнининг учинчи босқичи** учун иссиқлик баланси тенгламаси куйидаги кўринишда бўлади:

$$Q_2 + Q_6 = Q_3 + Q_{w3} + Q_{кн}, \quad (25-26)$$

бу ерда  $Q_2 = G_2c_2t_2$ - учинчи босқичга узатилаётган эритманинг иссиқлиги;  $Q_3 = G_3c_3t_3$ - учинчи босқичда қуюлтирилаётган эритманинг иссиқлиги;  $Q_{w3} = W_3i_{w3} = G_o(1 - a_o/a_3)i_{w3}$ - иккиламчи буғнинг иссиқлиги;  $t_3$ - учинчи корпусда қайнаётган эритма ҳарорати, °C;  $c_3$ - эритмани  $t_3$  ҳароратдаги солиштира иссиқлик сифими, кЖ/(кг°С);  $i_{w3}$ - иккиламчи буғнинг энтальпияси, кЖ/кг.

Иссиқлик баланси тенгламасининг кенгайтирилган кўриниши

$$G_2c_2t_2 + D_3i_6 = G_3c_3t_3 + W_3i_{w3} + D_3i_{кн}. \quad (25-27)$$

Жараённинг моддий балансидан  $G_2$ ,  $G_3$  ва  $W_3$  катталиклар ифодаларини ҳисобга олган ҳолда, ушбу (25-27) тенгламадан жараённи амалга ошириш учун зарур бўлган сув буғи сарфи  $D_3$  аниқланади

$$D_3 = [G_o/(i_6 - i_{кн})(a_o/a_2)] [(1 - a_o/a_3)i_{w3} + (a_o/a_3)c_3t_3 - c_2t_2]. \quad (25-28)$$

Шундай қилиб, кўп босқичли буғлатиш қурилмасининг  $n$ - тартиб рақамли босқичи учун сув буғининг зарурий сарфи куйидаги тенглама бўйича аниқланиши мумкин:

$$D_n = [G_o/(i_6 - i_{кн})(a_o/a_{n-1})] [(1 - a_{n-1}/a_n)i_{wn} + (a_o/a_n)c_n t_n - c_{n-1}t_{n-1}], \quad (25-29)$$

бу ерда  $n = 1, 2, 3, \dots, N$ - буғлатиш босқичлари.

Энди **икки босқичли буғлатиш ускунасининг иссиқлик балансини** тузиб кўрамыз. Эритмани биринчи босқичда буғлатиш учун сув буғи иссиқлигидан фойдаланилади. Буғлатиш жараёнининг иккинчи босқичда иситувчи агент сифатида биринчи босқич аппаратидан ажралиб чиқаётган иккиламчи буғнинг иссиқлигидан фойдаланилади деб ҳисоблаймиз.

Буғлатиш жараёнининг биринчи учун иссиқлик баланси тенгламалари худди юқоридагидек, (25-16)÷(25-20), бўлади.

Иккинчи босқичда кечаётган жараённинг иссиқлик баланси умумий ҳолда куйидаги кўринишда бўлади:

$$Q_1 + Q_{w1} = Q_2 + Q_{w2} + Q_{w1кн}, \quad (25-30)$$

бу ерда  $Q_1 = G_1c_1t_1$ - иккинчи босқичга берилаётган эритманинг иссиқлиги;  $Q_{w1} = W_1i_{w1} = G_o(1 - a_o/a_1)i_{w1}$ - иккинчи корпусга берилаётган иккиламчи буғнинг иссиқлиги;  $Q_2 = G_2c_2t_2$ - иккинчи босқичда қуюлтириган эритманинг иссиқлиги;  $Q_{w2} = W_2i_{w2} = G_o(1 - a_o/a_2)i_{w2}$ - иккинчи корпусдан ажралиб чиқаётган иккиламчи буғнинг иссиқлиги;  $t_2$ - иккинчи корпусда қайнаётган эритма ҳарорати, °C;  $c_2$  - эритмани  $t_2$  ҳароратдаги солиштира иссиқлик сифими, кЖ/(кг°С);  $i_{w1}$  ва  $i_{w2}$  - иккиламчи буғларнинг энтальпиялари, кЖ/кг.

Иссиқлик баланси тенгламасининг кенгайтирилган кўриниши

$$G_1c_1t_1 + W_1i_{w1} = G_2c_2t_2 + W_2i_{w2} + W_1c_{w1кн}t_{w1кн}. \quad (25-31)$$

Ушбу тенгламадан жараённи амалга ошириш учун зарур бўлган иккиламчи буғ сарфи  $W_1$  аниқланади

$$W_1 = [(G_2c_2t_2 + G_o(1 - a_o/a_2)i_{w2} - G_1c_1t_1)] / (i_{w1} - c_{w1кн}t_{w1кн}) = G_o a_o [(1/a_2)c_2t_2 + (1/a_1 - 1/a_2)i_{w2} - (1/a_1)c_1t_1] / (i_{w1} - c_{w1кн}t_{w1кн}). \quad (25-32)$$

бу ерда  $t_{w1кн}$ - иситувчи агент сифатида ишлатилган иккиламчи буғнинг конденсацияланиш ҳарорати, °C;  $c_{w1кн}$ - иккиламчи буғ конденсатининг иссиқлик сифими, кЖ/(кг °С).

**25.4.5. Ҳароратларнинг умумий фойдали фарқи.** Кўп босқичли буғлатиш ускунасида ҳароратларнинг умумий фойдали фарқи  $\Delta t_{ym}$  биринчи аппаратдаги қиздирувчи сув буғи ҳарорати  $t_{кн}$  ва конденсаторга тушаётган иккиламчи буғнинг тўйиниш ҳарорати  $t_{wn}$  ўртасидаги фарққа тенг

$$\Delta t_{ym} = t_{кн} - t_{wn}. \quad (25-33)$$

Ҳароратларнинг умумий фойдали фарқини  $\Sigma t_{ym}$  аниқлаш пайтида аппаратлардаги ҳароратлар йўқотилишининг йиғиндиси  $\Sigma \Delta_n$  ҳисобга олинади

$$\Sigma t_{ym} = t_{кн} - t_{wn} - \Sigma \Delta_n. \quad (25-34)$$

Агар кўп босқичли буғлатиш ускунаси таркибидаги аппаратларнинг иситиш юзаси ўзаро тенг бўлса ( $F_1 = F_2 = F_3 = \dots = F_n = \text{const}$ ) ҳароратларнинг умумий фойдали фарқи аппаратлар бўйича иссиқлик сарфларини  $Q_n$  иссиқлик ўтказиш коэффициентлари  $K_n$  нисбатига пропорционал тақсимланади, яъни:

$$\begin{aligned} \Delta t_1 &= Q_1 / (K_1 F_1); \\ \Delta t_2 &= Q_2 / (K_2 F_2); \\ \Delta t_3 &= Q_3 / (K_3 F_3); \\ \Delta t_n &= Q_n / (K_n F_n), \end{aligned} \quad (25-35)$$

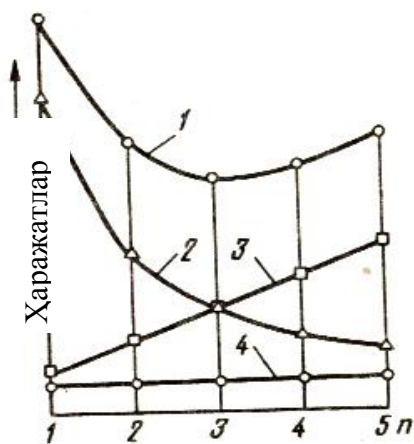
бу ерда  $n = 1, 2, 3, \dots, N$ - буғлатиш босқичлари.

#### 25.4.6. Кўп босқичли буғлатиш ускуналари таркибига кирувчи аппаратларнинг оптимал сонини аниқлаш.

КББУ таркибига кирувчи аппаратларнинг оптимал сони ( $n$ ) ЭХМда бажариладиган техник-иқтисодий ҳисоблашлар асосида аниқланади.

25.7-расмдан кўришиб турибдики, буғлатиш корпуслари сонининг ортиши билан сув буғи сарфи ( $C_6$ ) камаяди, амортизация сарфи ( $C_a$ ) эса ортиб боради. Умумий сарфларни ( $C_a + C_6$ ) белгиловчи (1) эгри чизиқнинг минимум нуқтасига тўғри келган аппаратлар сони оптимал деб қабул қилинади.

Ушбу ҳисоблашларда қанчалик кўп катталикларнинг ўзгариши эътиборга олинган бўлса, ҳисоблашлар шу даражада аниқ бўлади. Масалан, ушбу графикда маҳсулотни таннархи ва унинг сифат кўрсаткичлари, совуқ сув ва электр энергияси сарфлари ва ускунада вакуум ҳосил қилиш билан боғлиқ қўшимча ҳаражатларни қай тарзда ўзгариши акс эттирилмаган.



25.7-расм. Кўп босқичли буғлатиш ускуналари таркибидаги аппаратларнинг оптимал сонини аниқлаш графиги: 1-барча ҳаражатлар; 2- сув буғи учун тўловлар; 3- амортизация ҳаражатлари; 4- эксплуатация ҳаражатлари.

Кимё саноати корхоналарида асосан икки ва уч корпусли буғлатиш ускуналари кенг тарқалган. Шакар ишлаб чиқариш заводларида эса беш босқичли ускуналардан фойдаланилади.

### Буғлатиш аппаратларининг тузилиши ва ишлаш принципи

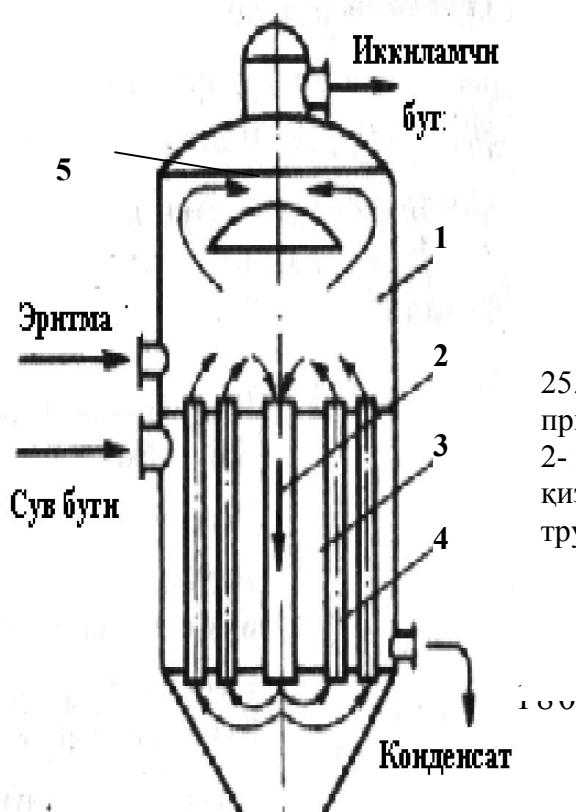
Буғлатиш аппаратлари қуйидаги белгиларга кўра туркумларга ажратилади:

- қиздириш камерасининг конструкциясига биноан – кожух-трубкали, буғ қобикли, змеевикли ва бошқача кўринишдаги қиздириш камерали аппаратлар;
- қиздириш юзасининг жойлашувига кўра вертикал, горизонтал, қия бурчак остида ёки осма ҳолатдаги жойлашган буғлатиш камерали аппаратлар;
- қиздирувчи агентнинг турига кўра сув буғи, тутун газлари, юқори ҳароратли иситувчилар ёки электр токи билан қиздириладиган аппаратлар;
- циркуляция режими ва ҳарактерига кўра табиий ва мажбурий циркуляцияли (бир ёки бир неча каррали) аппаратлар;
- эритмани аппаратга бериш режимига кўра даврий ёки узлуксиз ишловчи аппаратлар;
- аппаратдаги ишчи босим қийматига кўра вакуумда, атмосфера босими ва ундан ортиқ босимлар остида ишловчи аппаратлар.
- эритма ва қиздирувчи буғнинг ўзаро йўналишига кўра параллел, қарама-қарши ва мураккаб йўналишли аппаратлар.

**Плёнкали буғлатиш аппаратлари** кўпикланувчи ва иссиқликка чидамсиз бўлган эритмаларни қуюлтириш учун ишлатилади. Бундай аппаратларда эритма қиздириш трубкаларининг ички юзаси бўйлаб юпқа қатламда (плёнка ҳолатида) ҳаракат қилади.

Аппаратга берилаётган эритма йўналишига кўра жараён қуйидан юқорига кўтарилиувчи ёки юқоридан пастга оқиб тушувчи суюқлик плёнкасида амалга оширилади. Қовушқоқлиги юқори бўлган эритмалар пастга йўналтирилган плёнкада ишловчи аппаратларда қуюлтирилади.

Плёнкали буғлатиш аппаратлари трубкали қиздириш камераси ва сепаратордан иборат бўлади. Қиздириш камерасининг тузилиши кожух-трубкали иссиқлик алмашилиш аппаратларининг тузилишига айнан ўхшашдир. Трубкалар узунлиги 3.5÷9 метргача етиши мумкин.



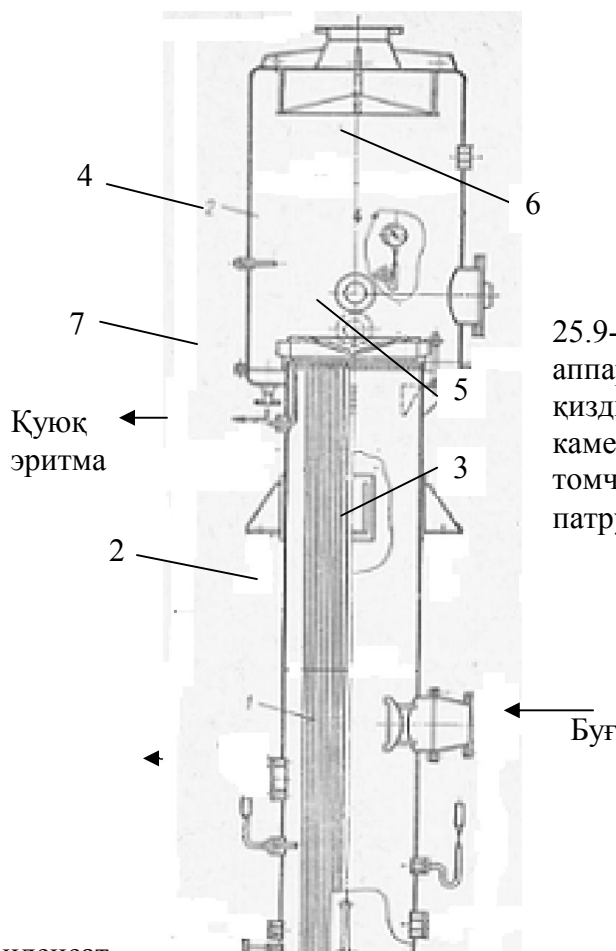
25.8- расм. Буғлатиш аппаратининг принципиал схемаси: 1- сепаратор; 2- марказий циркуляция қувири; 3- қиздириш камераси; 4- қиздириш трубкаси; 5- томчи қайтаргич;

Конструктив тузилишига кўра буғлатиш аппаратларининг қиздириш камераси ва сепаратори алоҳида ёки битта умумий корпусга бирлаштирилган бўлиши мумкин.

Буғлатиш аппарати марказий циркуляция қувурли (25.8-расм) ёки бундай қувурларсиз бўлади.

Кўтарилувчи плёнкали буғлатиш аппарати (25.9-расм) қуйидагича ишлайди. Бирламчи концентрацияси  $a_0$  бўлган суюқлик қайнаш ҳароратига яқин бўлган  $t_0$  ҳароратгача қиздиргичларда иситилгандан сўнг буғлатиш аппаратининг қуйи қисмидаги тақсимлаш камерасига (1) киритилади. Бу ерда суюқлик вертикал жойлашган қиздириш трубкаларига (2) тақсимланади ва улар бўйлаб юқорига кўтарила бошлайди. Аппарат кожухига (3) босим остида берилаётган сув буғининг иссиқлиги туфайли трубкалардаги суюқлик  $t_1$  ҳароратгача қизиб, қайнай бошлайди. Натижада трубка ичида иккиламчи буғ ва суюқлик аралашмаси ҳосил бўлади. Иккиламчи буғнинг тезлиги суюқликнинг трубкадаги кўтарилиш тезлигидан катта бўлади. Тезликлар ўртасидаги фарқ мавжудлиги сабабли (насос эффекти) суюқлик трубка бўйлаб юқорига кўтарила бошлайди.

Келгусида, буғ-суюқлик аралашмаси аппаратнинг сепаратор (4) қисмига катта тезликда киради ва бу ерда жойлашган зонт (5) воситасида унинг девори юзасига сепилади. Бу пайтда икки фазали аралашма таркибидан буғ ажралиб чиқади ва аппаратнинг юқори қисмига йўналади. Суюқлик томчилари эса оғирлик кучи таъсирида девор юзаси бўйлаб сепаратор тубига оқиб тушади.



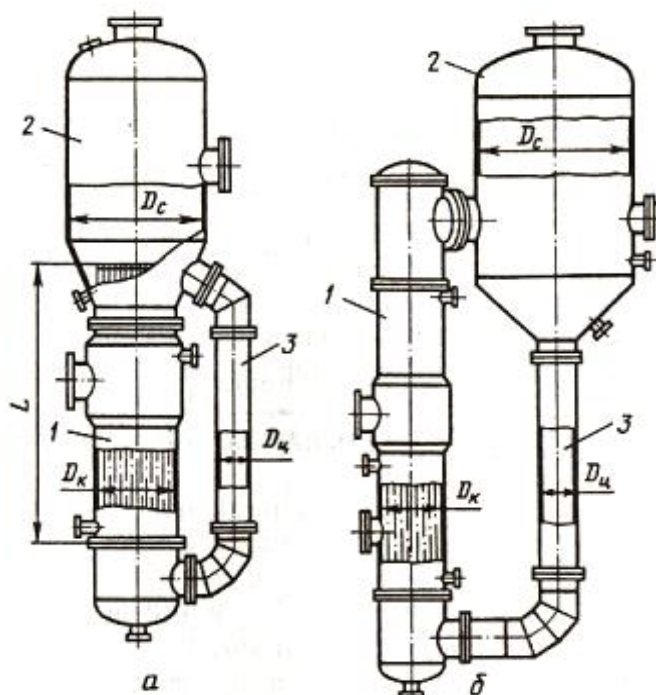
25.9- расм. Вертикал трубкали буғлатиш аппарати: 1- тақсимлаш камераси; 2- қиздириш трубка-лари; 3- кожух (буғ камераси); 4- сепаратор; 5- зонт; 6- томчи қайтаргич; 7- қуюқ эритма патрубкиси.



Сепараторнинг юқори қисмидан конденсаторга чиқарилаётган иккиламчи буғ патрубкка оғзига ўрнатилган қалпоқсимон зонт (6) воситасида иккинчи бор суюқлик томчиларидан ажралади ва конденсаторга узатилади. Бу пайтда томчи қайтаргич (зонт) юзасига ўрнашган суюқлик томчилари йиғилиб, катталашади ва оғирлик кучи таъсири остида сепараторнинг қуйи қисмига ёғилади. Сепараторнинг туб қисмига йиғилган суюқлик патрубкка (7) орқали аппаратдан чиқарилади.

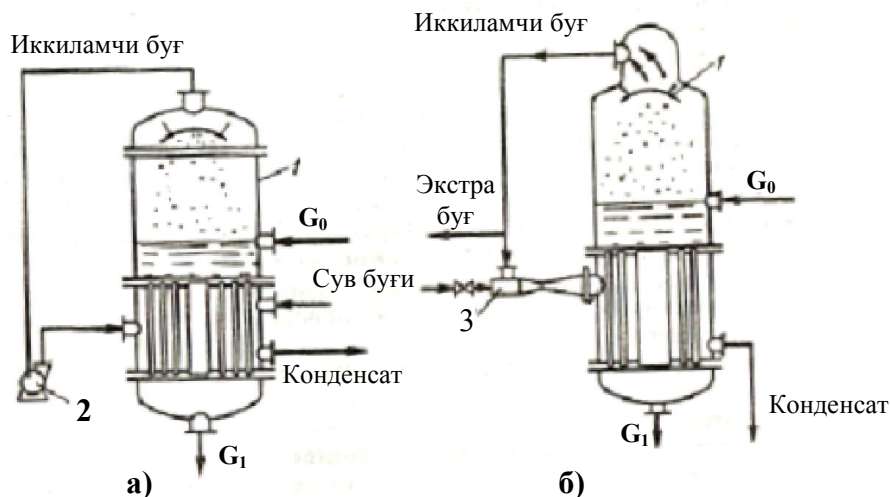
Юқори хароратнинг маҳсулот сифатига салбий таъсирини камайтириш ва аппаратнинг умумий баландлигини қисқартириш мақсадида замонавий буғлатиш аппаратларининг қиздириш камераси ва сепаратори бир-биридан ажратилиб ёнма-ён ўрнатилган бўлади (25.10-расм).

Бундай аппарат сепараторининг туб қисми ва қиздириш камерасининг тақсимлаш зонаси қувур воситасида ўзаро туташтирилган бўлади. Туташув қувури орқали буғлатилаётган эритма бир неча қарра циркуляцияланади ва етарли даражада қуюлтирилгандан сўнг сепараторнинг қуйи штуцеридан чиқарилади



25.10-расм. Табиий циркуляция билан ишловчи буғлатиш аппаратлари: а) сепаратори ва қиздириш камераси бирлаштирилган аппарат; б) сепаратори ва қиздириш камераси ажратилган аппарат; 1- қиздириш камераси; 2- сепаратор; L- камеранинг баландлиги;  $D_c$ ,  $D_{\text{ц}}$  ва  $D_k$ - сепаратор, циркуляция қувури ва қиздириш камерасининг диаметрлари.

Иссиқлик насосли буғлатиш аппаратлари (25.11-расм) иккиламчи буғнинг иссиқлигидан тўлароқ фойдаланиш мақсадида (+50%) қўлланилади. Бунинг учун иккиламчи буғнинг босими бирламчи буғ босимига тенг бўлгунча қадар уни компрессорлар ёки буғ оқимли инжекторларда сиқилади. Ушбу мақсадда инжекторнинг ички сопласига юқори босимли (0.8÷1.5 МПа) сув буғи берилади. Бунда сув буғининг босими ишчи камерада камайиб, тезлиги 1000 м/с гача ортади. Бундай катта тезликка эга бўлган сув буғи аппаратдан чиқаётган иккиламчи буғни худди насосдагидек тортиб олади. Аралаштириш камерасида ҳосил бўлган буғ аралашмасининг босими ортади, тезлиги эса бироз камаяди. Буғ аралашмасининг конденсацияланиш ҳарорати, босими ва энтальпияси бирламчи сув буғи параметрларигача кўтарилади ва буғлатиш аппаратига юборилади.



25.11- расм. Иссиқлик насосли буғлатиш аппаратларининг принципиал схемалари: а) турбокомпрессорли; б) инжекторли; 1- аппарат; 2- турбокомпрессор; 3- инжекторли иссиқлик насоси.

Инжекция кўрсаткичи қуйидаги массавий сарф нисбатларига кўра аниқланади:

$$u = D_w/D, \quad D_w \gg D,$$

яъни, жараён учун сув буғи сарфи ўта кичик бўлади.

Буғлатиш қурилмасини ишга тушириш пайтида дастлаб унга сув буғи берилиб, қиздирилади. Келгусида, суюқлик қайнаб иккиламчи буғ ҳосил бўлгач, сув буғининг сарфи кескин камайтиради.

Аралаштириш камерасида сув буғи ва иккиламчи буғ катта тезликда тўла аралаштирилгач диффузорда унинг тезлиги камаяди, босими эса ортади.

**Назорат саволлари.** 1.Буғлатиш жараёнининг моҳиятини тушунтириб беринг. 2.Буғлатиш усуллари ҳақида нималарни биласиз? Ушбу усулларни танлаш пайтида эритмаларнинг қандай хоссаларига эътибор берилади? 3.Буғлатиш жараёнида ҳароратни йўқотилиши қандай юз беради? 4.Ҳарорат депрессиясининг қиймати қайси бир омиллардан боғлиқ бўлади, унинг қиймати қандай ҳисобланади? 5. Буғлатиш жараёни моддий балансининг амалий аҳамиятини мисоллар билан тушунтириб беринг. 6.Буғлатиш жараёни учун сув буғининг зарурий сарфи қандай аниқланади? Сув буғи сарфини камайтиришнинг қандай усуллари биласиз? 7.Буғлатиш жараёнида ҳароратлар айирмасининг ўртача фарқини қандай аниқлаш мумкин? 8. Кўп босқичли буғлатиш ускуналарининг қандай турлари мавжуд? Уларнинг ижобий ва салбий томонларини кўрсатиб бера оласизми? 9. Кўп босқичли буғлатиш ускуналарида сув буғи сарфи қайси

бир омиллар ҳисобига тежаллади? 10. Суюқликларни вертикал трубкларда қайнаши ҳақида нималарни биласиз? 11. Буғлатиш аппаратларининг қандай турлари мавжуд? Уларнинг қайси бирини тузилиши ва ишлаш принципини тушунтириб бера оласиз? 12. Кўп босқичли ускуналар таркибига кирувчи буғлатиш аппаратларининг оптимал сонини қандай аниқлаш мумкин? 13. Кўп босқичли буғлатиш ускуналарини ҳисоблаш услуги ҳақида нималарни биласиз? 14. Кўп босқичли буғлатиш жараёни учун моддий баланс тенгламалари қай тарзда тузилишини кўрсатинг. 15. Кўп босқичли буғлатиш жараёнининг иссиқлик баланси қай тарзда тузилади? 16. Плёнкали буғлатиш аппаратининг тузилиши ва ишлаш принципини тушунтириб беринг. 17. Циркуляцион трубаги буғлатиш аппаратининг ишлаш принципини тушунтириб беринг. 18. Иссиқлик насосли буғлатиш аппаратларидан фойдаланиш туфайли эришиладиган мақсадларни изохлаб беринг. 19. Экстра-буғ атамасига изоҳ беринг. 20. Буғлатиш аппаратларининг конструктив ўлчамларини аниқлаш услубини тушунтириб беринг. 21. Буғлатиш жараёнини оптималлаштиришдан кўзланган асосий мақсад нималардан иборат? 22. Қандай сабабларга кўра жараённинг оптималлик критерийси сифатида маҳсулот таннархи қабул қилинади? 23. Буғлатиш жараёни учун оптималлик критерийсининг мақсад функцияси қандай кўринишда ифодаланади? Ушбу мақсад функцияси таркибига кирувчи катталикларни қиёсий таҳлил қила оласизми? 24. Энергетик жиҳатдан оптимал бўлган буғлатиш ускунасининг таркиби қай тарзда синтез қилинади? 25. Оптимал конструкцияли буғлатиш аппаратини лойиҳалаш услуги ҳақида нималарни биласиз?

### **Мавзу: Модда ўтказиш жараёнлари асослари Модда алмашиниш жараёнларининг турлари**

Модда алмашиниш жараёнларини амалга ошириш пайтида бир ёки бир неча модда бир фазадан иккинчи фазага ўтади. Фазалар газ, суюқлик ва қаттиқ ҳолатда бўлади. Моддаларни фазалар аро ҳаракати асосан молекуляр диффузия ва конвектив ўтказиш йўли билан амалга ошади. Шунинг учун ушбу гуруҳ жараёнлари диффузион жараёнлар деб ҳам юритилади.

Саноат корхоналарида қуйидаги модда алмашиниш жараёнларидан фойдаланилади:

1. **Абсорбция** - газ аралашмаси таркибидан бирон-бир моддани (ёки унинг буғини) суюқлик фазасига ўтиши (суюқликка ютилиши) абсорбция жараёни деб аталади. Ютувчи суюқлик абсорбент дейилади. Ютилган моддани суюқликдан ажралиб чиқиши эса десорбция (абсорбция жараёнига тескари жараён) дейилади.

2. **Адсорбция** - газ, буғ ёки суюқликда эриган моддаларни қаттиқ ғоваксимон моддага танланиб ютилиши адсорбция деб аталади. Бу жараённинг акси - қаттиқ модда каналларидан ёки ғовакларидан ютилган модданинг ажралиб чиқиши десорбция жараёни деб юритилади. Ютувчи қаттиқ модда адсорбент дейилади.

Ион алмашиниш жараёни адсорбциянинг бир тури бўлиб, айрим қаттиқ моддалар (ионитлар) ўзларининг ҳаракатчан ионларини электролитлардаги ионларга алмаштириш қобилиятига асосланган.

3. **Экстракция** - суюқлик аралашмалари ёки қаттиқ ғоваксимон материаллар таркибидан айрим моддаларни эритувчилар ёрдамида танлаб ажратиб олиш жараёнидир. Қаттиқ моддаларни экстракциялаш жараёнида қаттиқ фаза эритувчида тўлиқ эримайди. Суюқликларни экстракциялаш жараёнида эса ажратиб олинаётган суюқлик компоненти бир суюқлик таркибидан иккинчи суюқликка ўтади.

4. **Суюқликларни ҳайдаш** жараёнида суюқлик ва газ (буғ) фазалари ўртасида ўзаро модда алмашиниш юз беради. Одатда суюқлик қайнатилиб, унинг таркибидаги модда буғ ҳолатига ўтади (дистилляция жараёни); келгусида буғ конденсацияланиб, суюқликка айлантирилади.



5. **Ректификация** - суюқлик аралашмалари таркибини тоза компонентларга, уларнинг турлича учувчанлигига асосланиб, ажратиш усулидир. Жараён мобайнида ўзаро таъсир этувчи суюқлик оқими ва буғ аралашмаси қарама-қарши йўналишларда ҳаракатланади. Таркибий компонентлар дастлаб суюқ ҳолатдан буғ ҳолатига ўтади, сўнгра эса суюқликка айланади ва жараён кетма-кетлиги шу тарзда кўп маротаба такрорланади. Натижада дастлабки суюқ аралашма таркибида ажратилиб олинаётган модда миқдори камаяди, ҳосил бўлаётган суюқлик таркиби эса ушбу модда ҳисобига бойийди.

5. **Қуритиш** жараёнида қаттиқ ва пластик (аморф) материаллар таркибидаги намлик буғланиш йўли билан ҳайдалади. Қуритиш жараёни иссиқ ҳаво муҳитида амалга оширилади ва намлик қаттиқ фазадан буғ фазасига ўтади.

6. **Кристалланиш** жараёнида ўта тўйинган суюқ эритмалар таркибидан, уларни совутиш йўли билан, қаттиқ фаза кристаллар шаклида ажратиб олинади. Натижада, модда суюқ фазадан қаттиқ фазага ўтади. Қаттиқ моддаларни **эритиш** жараёнида эса қаттиқ фаза тўла суюқлик фазасига (эритувчига) ўтади.

7. **Мембраналар воситада ажратиш** асосан танловчанлик хусусиятига эга бўлган ярим ўтказувчи мембраналар ёрдамида мураккаб ва оддий молекуляр бирикмаларни ажратиш учун қўлланилади. Жараён асосан тескари осмос, ультрафилтрация, микрофилтрация, мембрана орқали буғланиш, диализ, электродиализ ва газларни диффузион ажратиш йўллари билан амалга оширилади.

Модда ўтказиш жараёнлари ўта мураккаб бўлиб, модда дастлаб биринчи фаза бўйича ажратиш юзасига (контакт юзага) қараб узатилади, сўнгра контакт юзадан ўтиб, иккинчи фаза бўйлаб тарқалади. Фазаларни ажратувчи юзанинг чегаралари кўзғалувчан (“буғ-суюқлик”, “суюқлик-суюқлик” системалари) ва кўзғалмас (“қаттиқ модда-суюқлик”, “қаттиқ модда-буғ” системалари) бўлиши мумкин.

Бир фазанинг ичида моддани тарқалиши модда бериш (масса бериш) деб юритилади.

Бир фазадан иккинчи фазага узатилаётган модда миқдори фазаларни ажратувчи юзага ва жараённи ҳаракатлантирувчи куч - концентрациялар айирмасига пропорционалдир.

### **Модда алмашиниш жараёнларида фазалар таркибининг ифодаланиши**

Модда алмашиниш жараёнларида қатнашувчи фазаларнинг миқдорий таркиби куйидагича ифодаланиши мумкин:

1) ҳажмий концентрацияларда (масса бирлиги сифатида 1кг ёки 1кмол қабул қилинади)- фазанинг ҳажм бирлигига тўғри келадиган компонент миқдори ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ,  $\text{кмол}/\text{м}^3$ ) билан;

2) массавий ёки моль улушларда- берилган компонент массасини фазанинг умумий массасига нисбати ( $\text{кг}/\text{кг}$ ,  $\text{кмоль}/\text{кмоль}$ ) билан;

3) нисбий концентрацияларда - тарқалаётган компонент (модда) массасини ташувчи инерт компонент массасига нисбати ( $\text{кг}/\text{кг}$ ,  $\text{кмоль}/\text{кмоль}$ ) билан. Инерт компонент миқдори жараён давомида ўзгармайди.

**26.2.1. Массавий ва моль улушлар.** Мисол учун, аралашма таркиби А, В, ..., К, ..., N компонентлардан иборат бўлсин. Ушбу компонентларнинг аралашма таркибидаги массавий улушлари (%)  $\bar{x}_a, \bar{x}_b, \dots, \bar{x}_k, \dots, \bar{x}_n$  бўлади. Уларнинг молекуляр массалари эса  $M_a, M_b, \dots, M_k, \dots, M_n$  бўлади.

Ҳар қандай компонентни, масалан К компонентини, 1кг аралашма таркибидаги миқдори (моль сони)  $\bar{x}_k/M_k$  бўлади. Ушбу компонентни аралашма таркибидаги миқдори, моль улушларда, куйидагича аниқланади:

$$X_k = \frac{X_k / M_k}{\frac{X_a}{M_a} + \frac{X_b}{M_b} + \dots + \frac{X_k}{M_k} + \dots + \frac{X_N}{M_N}} = \frac{X_k / M_k}{\sum \frac{X}{M}} \quad (26-1)$$

1 кмоль аралашма таркибидаги компонентларнинг алоҳида массалари  $M_a x_a$ ,  $M_b x_b$ , ...,  $M_k x_k$ , ...,  $M_n x_n$  бўлсин. Бу ҳолат учун 1 кмоль аралашманинг умумий массаси

$$M_a x_a + M_b x_b + \dots + M_k x_k + \dots + M_n x_n = \sum M x \quad (26-2)$$

Демак, аралашмадаги К компонентининг массавий улуши

$$\bar{X}_k = \frac{M_k x_k}{\sum M x} \quad (26-3)$$

Икки компонентли (бинар) аралашманинг А ва В компонентларидан бирини, масалан А компонентни, массавий улуши  $\bar{x}_a$ , унинг моль улуши  $x_a$  ва молекуляр оғирлиги  $M_a$  бўлсин. Молекуляр оғирлиги  $M_b$  бўлган иккинчи компонентни аралашмадаги миқдори  $(1 - \bar{x}_a)$  ёки  $(1 - x_a)$  бўлади. Шунинг учун В компонент бўйича аралашманинг моль таркиби қуйидагича ифодаланади

$$x_a = \frac{\bar{x}_a / M_a}{\frac{\bar{x}_a}{M_a} + \frac{1 - \bar{x}_a}{M_b}} \quad (26-4)$$

Ушбу компонент бўйича аралашманинг массавий таркиби қуйидагича ифодаланади

$$\bar{x} = \frac{M_a x_a}{M_a x_a + M_b (1 - x_a)} \quad (26-5)$$

$$(26-6)$$

### Жараёнларнинг фазавий мувозанати

**Фазалар қондаси.** Фазалар қондаси модда алмашиниш жараёнларининг мувозанат ҳолатларини ҳисоблаш пайтида жараён параметрларининг қанчасини ўзгартириш мумкинлигини кўрсатади.

Умумий ҳолда фазалар қондаси қуйидагича ифодаланади

$$\Phi + C = K + 2, \quad (26-13)$$

бу ерда  $\Phi$ - фазалар сони;  $K$ - системадаги компонентлар сони;  $C$ - эркинлик даражаси.

Мисол учун, бинар аралашмани ректификация қилиш жараёнида фазалар сони  $\Phi=2$  (суюқлик, буғ), компонентлар сони эса  $K=2$  (спирт, сув).

Мазкур системанинг эркинлик даражаси

$$C = K + 2 - \Phi = 2 + 2 - 2 = 2.$$

Жараён ўзгармас босимда ( $P=\text{const}$ ) кечади, ўзгарувчи параметрлар - спирт концентрацияси ва жараён ҳарорати. Демак, ҳароратнинг ўзгариши билан концентрация қиймати ҳам ўзгаради, яъни бир параметрнинг ўзгаришига иккинчи параметрнинг аниқ сон қийматлари тўғри келади.

Модда алмашиниш жараёнларини ҳисоблаш пайтида қуйидаги диаграммалардан фойдаланиш мумкин:

- концентрацияни босимга боғлиқлиги,  $t = \text{const}$ ,  $a = f(p)$ ;

- ҳароратни концентрацияга боғлиқлиги,  $P = \text{const}$ ,  $t = f(a)$ ;
- фазаларнинг мувозанат концентрациялари ўртасидаги боғлиқлик.

**Жараёнларнинг фазавий мувозанати.** Жараёнларнинг фазавий мувозанатини аммиакнинг сувда эриши (абсорбция) мисолида таҳлил қиламиз.

Аммиак сувда ҳам, ҳавода ҳам тарқалувчи модда. Аммиакнинг ҳаводаги (газ фазасида) аралашмаси концентрациясини  $\Phi_y$ , унинг суюқлик фазасидаги концентрациясини эса  $\Phi_x$  деб белгилаймиз. Аммиакнинг суюқликдаги концентрациясини дастлабки қиймати  $x = 0$  бўлади, уни ҳаводаги концентрацияси қиймати эса  $y$  деб қабул қилинади.

Аммиак дастлаб (мувозанат ўрнатилмаган пайтда) сувда тез эрий бошлайди. Бир вақтнинг ўзида унинг сувга ютилган бир қисм тескари йўналишда, сувдан газ фазаси томон ҳаракат қила бошлайди (яъни сувдан ажралиб чиқа бошлайди). Ушбу тескари йўналишдаги жараён тезлиги аммиакнинг сув ва газ муҳитларини ажратувчи юзадаги (суюқликнинг сирт юзасидаги) концентрациялари айирмасига боғлиқ бўлади.

Вақт ўтиши билан аммиакнинг сувда эриши камаяди. Сув сатҳидан қайта ҳавога чиқаётган аммиак миқдори ортиб боради. Бу ҳолат ҳар иккала йўналишда модда ўтиш тезлиги бир хил бўлгунча давом этади. Мазкур мувозанат ҳолати динамик (вақт бўйича ўзгарувчи) мувозанат дейилади. Жараённинг мувозанат ҳолатида моддани бир фазадан иккинчисига ўтиши сезилмайди.

Мувозанат ҳолатида фазалар бўйлаб тарқалаётган модданинг чегаравий ёки мувозанат концентрациялари (жараён амалга ошириладиган ҳарорат ва босимлар бўйича) ўртасида маълум бир боғлиқликлар юзага келади.

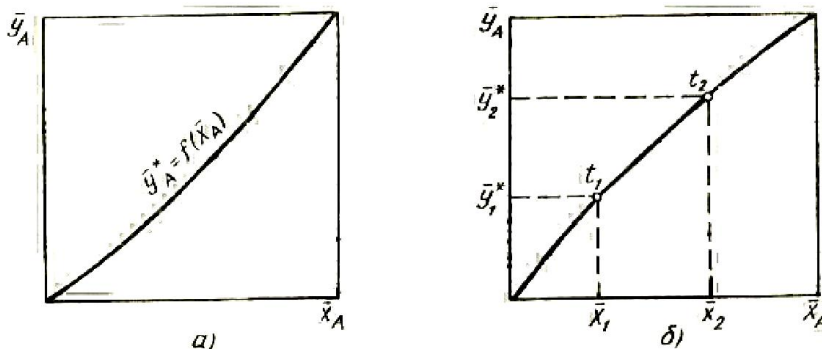
Мувозанат ҳолатида аммиакнинг суюқликдаги массавий концентрациясини  $\bar{x}$  маълум бир қийматига унинг газ фазасидаги аниқ бир қийматли мувозанат концентрацияси  $\bar{y}^*$  тўғри келади.

Мувозанат ҳолатида тақсимланаётган модданинг фазалар бўйича концентрациялари ўртасидаги умумий боғлиқлик қуйидаги

$$\bar{y}^* = f(\bar{x}) \text{ ёки } \bar{x}^* = f(\bar{y}) \quad (26-14)$$

кўринишда ифодаланади ва мувозанат чизиқлари сифатида тасвирланади.

Мувозанат чизиқлари жараён турларига кўра турлича кўринишдаги эгри чизиқлар, хусусий ҳолларда эса тўғри чизиқ шаклида бўлади (26.1-расм).



26.1-расм. Мувозанат диаграммалари: а)  $P = \text{const}$ ,  $t = \text{const}$  бўлганда буғ фазасидаги мувозанат концентрациясини унинг суюқлик фазасидаги концентрациясидан боғлиқлиги; б) ректификация жараёнининг  $P = \text{const}$  бўлгандаги мувозанат чизиғи.

26.1-расмнинг а-схемасида инерт компонентли системада ( $P = \text{const}$ ,  $t = \text{const}$  бўлганда) тарқалаётган компонентнинг буғ фазасидаги мувозанат концентрацияси унинг суюқликдаги концентрациясидан боғлиқлиги кўрсатилган. Ушбу расмнинг б-схемасида эса ректификация жараёнининг ( $P = \text{const}$ ) мувозанат чизиғи тасвирланган. Эгри чизиқнинг ҳар бир нуқтаси маълум бир ҳароратларга ( $t_1$ ,  $t_2$  ва х.) мос келади.

Мувозанат пайтидаги фазалар концентрацияларининг нисбати тарқалиш коэффициентини ( $m$ ) деб юритилади

$$m = \bar{y}^*/\bar{x}. \quad (26-15)$$

Тарқалиш коэффициентини ( $m$ ) мувозанат чизиғининг қиялик бурчаги тангенсини ифодалайди.  $m$  қиймати мувозанат эгри чизиғи учун ўзгарувчан катталиқдир.

Мувозанат ва ишчи чизиқлар ёрдамида технологик аппаратнинг исталган ихтиёрий бир нуқтасида модда алмашиниш жараёнининг йўналиши, ҳаракатлантирувчи кучи ва тезлигини аниқлаш мумкин.

### Модда тарқалишининг асосий турлари

Фазалар ичида модданинг тарқалиши муҳит ҳолатига боғлиқ бўлади. Қўзғалмас муҳитда модда фақат молекуляр диффузия йўли билан тарқалади. Агар муҳит қўзғалувчан бўлса - модда бир пайтнинг ўзида молекуляр ва турбулент диффузия йўллари билан тарқалади.

**Молекуляр диффузия.** Тарқалаётган модда молекуласи, иони ва унинг коллоид заррачаларини иссиқлик таъсирида тартибсиз ҳаракати натижасида модда ўтказиш жараёни молекуляр диффузия деб аталади. Турбулент оқимда модданинг молекуляр диффузия йўли билан ўтказилиши фазаларни ажратувчи юза яқинидаги чегара қатламида кўпроқ кузатилади. Қўзғалмас муҳитда, ламинар оқимда ва турбулент оқимнинг фазаларни ажратувчи юза яқинидаги чегара қатламида модда молекуляр диффузия йўли билан тарқалади.

Молекуляр диффузия Фикнинг биринчи қонуни билан ифодаланади: диффузия жараёни йўналишига перпендикуляр бўлган элементар юза  $dF$  орқали  $dt$  вақт давомида тарқалган модда миқдори  $dM$  унинг концентрацияси градиентига  $dc/dn$  тўғри пропорционалдир

$$dM = - D dF dt (dc/dn), \quad (26-23)$$

ёки

$$M = - DF\tau(dc/dn), \quad (26-24)$$

бу ерда  $D$ - молекуляр диффузия коэффициенти;  $\Delta c$ - концентрациялар фарқи;  $dn$ - аниқловчи геометрик ўлчам, масалан, жараёнда катнашувчи қаттиқ материалнинг қалинлиги.

(26-24) тенгламадан кўринадики, молекуляр диффузия туфайли бирлик юзадан ( $F=1$ ) вақт бирлиги ( $\tau = 1$ ) ичида ўтказилган модданинг солиштирма оқими молекуляр диффузия тезлигини ифодалайди:

$$q_m = \frac{M}{F\tau} = - D \frac{dc}{dh}. \quad (26-25)$$

(26-24) тенглама асосида диффузия коэффициентининг ўлчов бирлиги

$$D = [(M dn)/(F dc \tau)] = [(кг \cdot м)/(м^2 \cdot кг/м^3 \cdot сек)] = м^2/сек.$$

Демак, диффузия коэффициентининг сон қиймати  $1 м^2$  юза орқали  $1$  сек вақт ичида концентрациялар айирмаси  $\Delta c=1$  бўлган ҳолатда ўтган модда миқдорини кўрсатади.

D коэффициентининг қиймати ўзгармас физик катталик бўлиб, у модданинг диффузия йўли билан қўзғалмас муҳитга кириш қобилятини белгилайди. Диффузия коэффициентининг сон қиймати тарқалаётган модда ва муҳитнинг хоссаларига, жараён ҳарорати ва ишчи босимига боғлиқ бўлади, аммо жараённинг гидродинамик шароитидан боғлиқ эмас.

(26-23)÷(26-25) тенгламалардаги (-) белгиси молекуляр диффузия ҳар доим тарқалаётган модда концентрациясининг камайиш йўналиши бўйича кечишини кўрсатади.

Газлар учун диффузия коэффициентининг қиймати босимнинг камайиши ва ҳароратнинг кўтарилиши туфайли ортади.

Кўплаб моддалар учун D коэффициентининг сон қиймати ёки уни ҳисоблаш тенгламалари тегишли маълумотномаларда келтирилади. Масалан, хлорни сувда эриши пайтида  $D=1,6 \cdot 10^{-9}$  м<sup>2</sup>/сек, шакарни сувда эритиш жараёнида  $D=0,4 \cdot 10^{-9}$  м<sup>2</sup>/сек, пахта ёғини бензинда экстракциялаш жараёнида  $D=0,71 \cdot 10^{-5}$  см<sup>2</sup>/сек ва х. Бундан кўриниб турибдики, молекуляр диффузия ўта секин кечадиган жараёндир.

**Турбулент диффузия.** Қўзғалувчан муҳитда модда нафақат молекуляр диффузия йўли билан, балки муҳитнинг оқим йўналиши бўйича ҳаракати ёки унинг алоҳида заррачаларини турлича йўналишларда ҳаракатланиши натижасида тарқалади.

Диффузиянинг бу турида модда муҳитнинг моляр (катта ўлчамдаги молекулалардан ташкил топган) қисмларининг ҳаракати ёрдамида алмашинади. Диффузия тезлиги оқимнинг турбулентлик даражаси ва жараённинг гидродинамик ҳолатига боғлиқ бўлади.

Турбулент оқимнинг пульсацияланиши натижасида бошқариб бўлмайдиган уюрмалар ҳосил бўлади. Уюрмалар таъсири остида оқим заррачаларининг барча йўналишларда, шу жумладан оқимга кўндаланг бўлган йўналишда ҳам, сурилиши кузатилади.

Турбулент диффузия жараёнида модданинг оқим йўналиши бўйича (бўйлама) ва унга перпендикуляр йўналишларда тарқалиши сабабли турбулент диффузия баъзан уюрмавий диффузия ҳам деб юритилади.

Турбулент диффузиянинг физик моҳияти ва унинг асосий тенгламаси молекуляр диффузия билан бир хил маънода тушунилади. Турбулент диффузия коэффициентининг ўлчов бирлиги ҳам бир хил, м<sup>2</sup>/сек, фақат белгиланиши  $D_T$ .

Турбулент диффузия коэффициентини  $D_T$  молекуляр диффузия коэффициентидан D фарқи шундаки,  $D_T$  ўзгарувчан физик катталик бўлиб, унинг қиймати оқимнинг тезлиги ва турбулентлик масштабига боғлиқ.  $D_T$  коэффициентини диффузия жараёнларида аралаштириш тезлигини (аралаштириш эффекти таъсири) белгилайди.

Турбулент диффузия тезлиги қуйидагича ифодаланади:

$$q_T = M_T / (F \tau) = - D_T (dc/dn). \quad (26-26)$$

Молекуляр ва турбулент диффузиялар ёрдамида ўтказиладиган модданинг умумий солиштира оқими (жараён тезлиги) қуйидагича ифодаланади:

$$q = q_M + q_T = - (D + D_T)(dc/dn) = K \Delta c, \quad (26-27)$$

бу ерда  $K = -(D + D_T)/dn$  - модда алмашилиш коэффициентини,  $\Delta c$  - концентрациялар фарқи ёки жараённинг ҳаракатлантирувчи кучи.

**Конвектив диффузия.** Фазаларни ажратувчи юзадан моддани суюқлик ёки газ фазасининг марказига берилиши ёки аксинча, фазалардан бирининг марказидан ажратувчи юзага моддани берилиши конвектив диффузия ёки модда бериш жараёни дейилади.

Конвектив диффузия пайтида модда ҳаракатланувчи суюқлик ёки газ муҳитининг турбулент оқимида ёки уни аралаштирилиши туфайли бирварақай молекуляр ва турбулент диффузиялар йўли билан тарқалади.

Конвектив диффузия концентрациялар айирмаси, муҳитнинг тезлиги ва физик хоссаларига боғлиқ бўлиб, ўз табиатига кўра икки гуруҳга ажратилади:

- эркин (табiiй) диффузия - концентрациялар ёки ҳароратлар фарқи таъсирида суюқлик муҳитининг турли қисмларида (қатламларида) зичликлар фарқи юзага келади. Бу зичликлар фарқи таъсирида модданинг тарқалиши эркин конвекция дейилади.

- мажбурий конвекция - ташқи кучлар (насос, аралаштириш мосламаси ва б.) таъсирида модданинг суюқлик ва газ муҳитида тарқалишидир.

**Назорат саволлари.** 1.Модда алмашилиш жараёнининг моҳияти нимадан иборат? 2.Модда алмашилиш жараёнларининг қандай турлари мавжуд? 3.Фазалар таркиби қандай усулларда ифодаланиши мумкин? 4.Фазалар қондаси ҳақида нималарни биласиз? Унинг амалий аҳамиятини мисоллар билан тушунтириб беринг. 5.Фазалари қарама-қарши йўналган модда алмашилиш аппарати учун жараённинг моддий баланси қандай тузилади? 6.Молекуляр ва турбулент диффузия турлари ўртасида қандай умумийлик ва фарқлар мавжуд? 7.Диффузия коэффициентининг физик моҳияти нимадан иборат? 8.Конвектив диффузия жараёнининг моҳиятини тушунтириб беринг. 9.Модда ўтказиш жараёни моҳиятини таҳлилий тарзда тушунтириб беринг. 10.Модда ўтказиш жараёнининг асосий тенгламаси қандай ифодаланади? 11.Модда бериш ва модда ўтказиш коэффициентлари ўртасида қандай умумийлик ва фарқлар мавжуд? 12.Модда алмашилиш жараёнларини ифодаловчи қандай диффузион ўхшашлик критерийлари мавжуд? 13.Модда ўтказиш жараёнларини ҳаракатлантирувчи кучнинг ўртача қиймати қандай аниқланади? 14.Ўтказиш бирлиги сони ва ўтказиш бирлиги баландлиги тушунчаларининг моҳиятини биласизми? Ушбу катталиклардан қайси бир ҳолатларда фойдаланилади? 15.Қаттик фазали системаларда модда ўтказиш жараёнлари ҳақида нималарни биласиз? Ушбу жараёнлар моҳиятини озик-овқат хом-ашёларини экстракциялаш ва қуриштириш жараёнлари мисолида тушунтириб беринг. 16.Модда алмашилиш аппаратининг асосий конструктив ўлчамлари қандай аниқланади?

### **Мавзу: Абсорбция жараёни Умумий маълумотлар**

Турли хилдаги газ ва буғ-газ аралашмалари таркибидан бир ёки бир нечта компонентни суюқликларда танлаб ютилиш жараёни **абсорбция** дейилади. Мавжуд терминологияда ютилаётган газ абсорбтив, газни ютувчи суюқлик эса абсорбент деб аталади. Уларнинг ўзаро таъсирига кўра абсорбция жараёни икки хил бўлади:

- **физик абсорбция** - ютилаётган газ ва суюқлик бир-бири билан кимёвий бирикмайди; физик абсорбция қайтар жараён бўлиб, кўп ҳолатларда ютилган газни қайта ажратиш олиш (десорбциялаш) мумкин бўлади;

- **кимёвий абсорбция** ёки **хемосорбция** - жараён мобайнида ютилаётган газ ва абсорбент кимёвий бирикма ҳосил қилади.

Саноат корхоналарида абсорбция жараёнидан қуйидаги технологик мақсадларда фойдаланилади:

- газ аралашмалари таркибидан нисбатан қимматбаҳо газларни ажратиш олиш;
- газ таркибини ёки газсимон саноат ташламаларини заҳарли таркибий компонентлардан тозалаш;
- тайёр маҳсулотлар, масалан,  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , аммиакли сув ва бошқа турдаги кимёвий маҳсулотлар ишлаб чиқариш;
- минерал сувлар ва суюқликларни  $\text{CO}_2$  гази билан тўйинтириш.

Ҳар бир шароит учун алоҳида абсорбент тури танланади, бунда компонентнинг абсорбентдаги эрувчанлиги ҳисобга олинади.

Абсорбция-десорбция жараёнларида ютилган газни тоза ҳолатда ажратиб олиш ва абсорбентларни кўп маротаба қайта ишлатиш мумкин. Абсорбция жараёнларида ҳар доим иссиқлик ажралиб чиқади.

### Абсорбция жараёнининг мувозанати

Абсорбция жараёнида суюқлик таркибида ютилган газ миқдори суюқлик ва газнинг физик-кимёвий хусусиятларига, ишчи босимга, жараён ҳароратига ва газ аралашмасининг таркибига боғлиқ бўлади.

Фазалар қоидасига мувофиқ, абсорбция жараёнида «газ-суюқлик» системасининг эркинлик даражаси учга тенг бўлади:

$$C = K + 2 - \Phi = 3 + 2 - 2 = 3,$$

бу ерда  $K$ - компонентлар (ютувчи суюқлик, тақсимланувчи  $A$  компонент-газ ва ташувчи инерт компонент  $B$ ) сони;  $\Phi$ - ўзаро таъсир этувчи фазалар (суюқлик ва газ) сони.

Демак, абсорбция жараёнининг фазавий мувозанати ўзгарувчан учта асосий параметрлар – газ ва суюқлик фазаларининг ҳарорати, босими ва концентрацияси қийматларининг мутаносиблиги билан ифодаланади. Шу сабабдан, ўзгармас ҳарорат ва умумий босим остида мувозанат ҳолатдаги газнинг парциал босими  $P_A^*$  (ёки унинг концентрацияси  $x_A^*$ ) билан суюқлик фазаси таркибининг ўзаро боғланиши бир хил бўлади. Бу боғланиш Генри қонуни билан ифодаланади: “суюқликда эриган ( $A$ ) газнинг парциал босими  $P_A$  унинг эритмадаги моль улушига ( $x_A$ ) пропорционалдир”

$$P_A^* = E x_A, \quad (27-1)$$

ёки “муайян ҳароратларда газнинг суюқликдаги эрувчанлиги ( $A$  компонентни ютилиши) унинг суюқлик юзасидаги парциал босимига  $P_A$  тўғри пропорционалдир”

$$x_A^* = (1/E) P_A^*, \quad (27-2)$$

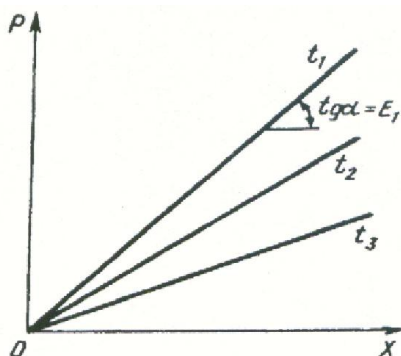
бу ерда  $P_A^*$ - суюқлик билан мувозанатда бўлган  $x_A$  концентрацияли ютилаётган газнинг (компонентнинг) парциал босими;  $x_A^*$ - газ фазаси билан мувозанатда бўлган компонентни эритмадаги концентрацияси, моль улушларда;  $P_A$ - ютилаётган компонентнинг парциал босими;  $x_A$ - компонентни эритмадаги моль улуши;  $E$ - пропорционаллик (ёки Генри) коэффициентини.

Генри коэффициентининг қиймати газ ва уни ютувчи суюқлик табиатига ва ҳароратига ( $T$ ) боғлиқ бўлиб, системадаги умумий босимга боғлиқ эмас. Ушбу коэффициентнинг ҳароратга боғлиқлиги куйидаги тенглама бўйича ифодаланади

$$\ln E = -q/(RT) + C, \quad (27-3)$$

бу ерда  $q$ - эриётган газнинг дифференциал иссиқлиги;  $R=8.325$  кЖ/(кмоль·К)- универсал газ доимийси;  $T$ - эриш ҳарорати,  $K$ ;  $C$ - газ ва уни ютувчи суюқлик табиатига боғлиқ ўзгармас катталиқ, унинг қиймати тажрибалар асосида аниқланади.

Идеал суюқликлар учун турлича ҳароратларда концентрация ва босимнинг ўзаро боғлиқлиги  $P$ - $x$  диаграммада тўғри чизик кўринишида тасвирланади (27.1-расм). Ушбу чизикларнинг оғиш бурчаги қиймати Генри коэффициентига тенг бўлади.



27.1-расм. Газнинг суюқликда эрувчанлигига ҳароратнинг таъсири ( $t_1 > t_2 > t_3$ ).

Умумий босим  $P_{ум}$  остидаги газ аралашмасидан ажратиб олинаётган (А) компонентнинг парциал босими  $P_a$  ва унинг моль улуши  $u_A$  Дальтон қонуни асосида топилади:

$$P_A = P_{ум} \cdot u_A \quad (27-4)$$

ёки  $P_A$  ифодасини (27-1) тенгламага қўйсақ, у ҳолда

$$u^*_a = (E/P_{ум})x_a \quad (27-5)$$

Генри қонунига биноан:

$$u^* = m \cdot x, \quad (27-5)$$

бу ерда  $m = E/P_{ум}$ - тақсимланиш коэффициентини ёки фазавий мувозанат доимийси.

(27-6) тенгламадан кўринадики, тарқалаётган компонентни газ аралашмасидаги ва унинг билан мувозанатда бўлган суюқлик фазасидаги концентрациялари ўртасидаги боғлиқлик координата бошидан ўтувчи тўғри чизик билан ифодаланади (27.1-расм). Ушбу чизикнинг қиялик бурчаги тангенсини  $m$  га тенг бўлади.

Қиялик бурчаги тангенсининг қиймати ( $m$ ) системадаги ҳарорат ва босимга боғлиқ бўлади. Босимнинг ортиши ва ҳароратни пасайиши билан  $m$  қиймати камаяди, газни суюқликда эрувчанлиги эса ортади.

Шундай қилиб:

- босимнинг кўтарилиши ва ҳароратни пасайиши билан газларнинг суюқликдаги эрувчанлиги ортади;

- яхши эрийдиган газларнинг эритмадаги концентрациясини ортиши билан уларнинг суюқликдаги эрувчанлиги камаяди.

Генри қонуни критик ҳарорати суюқлик ҳароратидан юқори бўлган газ аралашмалари ва идеал эритмалар учун қўлланилади. Ўта суюлтирилган реал эритмалар ўз хусусиятларига кўра идеал эритмаларга ўхшаш бўлганликлари учун Генри қонунига бўйсуннади.

Генри қонунига бўйсунмайдиган системаларда тақсимланиш коэффициентини ўзгарувчан бўлиб, мувозанат чизиғи тажрибалар асосида олинган қийматлар бўйича курилади, унинг кўриниши эгри чизик шаклида бўлади.

### Абсорбция жараёнининг моддий баланси

Абсорбция жараёнининг моддий балансини тузиш учун фазалар сарфини аппаратнинг баландлиги бўйича ўзгармас деб қабул қилинади. Ютилаётган газ миқдори нисбий моль концентрацияларда ифодаланади. Бу пайтда физик катталиклар қуйидагича белгиланади:  $G$ - инерт газ сарфи, кмоль/сек;  $Y_6$  ва  $Y_0$ - газ аралашмаси таркибидаги ютилувчи компонентнинг дастлабки ва охириги концентрациялари, кмоль/(кмоль инерт газ);  $L$ - абсорбент сарфи, кмоль/сек;  $X_6$  ва  $X_0$ - абсорбент таркибидаги ютилган компонентнинг бошланғич ва охириги концентрациялари, кмоль/кмоль.

Жараённинг моддий баланси қуйидагича ифодаланади

$$G(Y_6 - Y_0) = L(X_0 - X_6) \quad (27-7)$$

Ушбу (27-7) тенгламадан абсорбент сарфи аниқланади:

$$L = G(Y_6 - Y_0)/(X_0 - X_6) \quad (27-8)$$

Абсорбентни инерт газга нисбатан солиштирма сарфи

$$l = L/G = (Y_6 - Y_0)/(X_0 - X_6) \quad (27-9)$$

(27-9) тенгламага асосан жараённинг моддий балансини қуйидагича ифодалаш мумкин

$$(Y_6 - Y_0) = l(X_0 - X_6) \quad (27-10)$$

Агар газ фазасидаги тегишли компонент суюқликда тўла ютилса  $Y_0 = 0$  ва ютилган компонент миқдори  $G \cdot Y_6$  бўлади. Ютилган модданинг ҳақиқий миқдорини тўла ютилиш пайтидаги модда миқдorigа нисбати ажратиб олиш даражаси  $\phi$  дейилади:



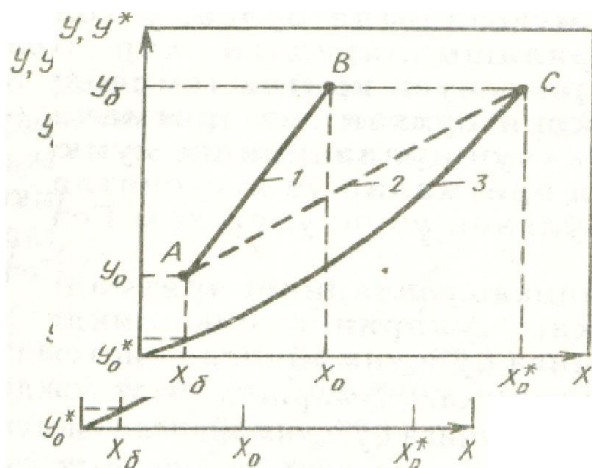
$$\varphi = G(Y_6 - Y_0) / (GY_6) = (Y_6 - Y_0) / Y_6. \quad (27-11)$$

(27-10) тенглама абсорбция қурилмасида концентрация тўғри чизик бўйича ўзгаришини кўрсатади. Демак  $Y-X$  координатасида абсорбция жараёнининг ишчи чизиғи қиялиги  $l=L/G$  бўлган тўғри чизик экан.

Абсорбентнинг солиштирма сарфи ва аппаратнинг ўлчамлари ўртасида муайян боғлиқлик мавжуд. Бу ҳолатни жараённинг ишчи чизиғини қуриш мисолида кўриб чиқамиз.

Адсорбция жараёнининг ишчи чизиғини (27.2- расм) қуриш учун абсорберга киришдаги  $(Y_6, X_6)$  ва ундан чиқишдаги  $(Y_0, X_0)$  концентрацияларни билишимиз керак. Одатда газ ва суюқликнинг дастлабки таркиблари  $(Y_6, X_6)$  ва ажратиб олиш даражаси  $\varphi$  берилган бўлади. Сўнгра  $Y_0$  қиймати аниқланади.

$Y_0$  ва  $X_6$  қийматлари бўйича (А) нуқтанинг ўрни белгиланади. (А) нуқта орқали, (27-10) тенгламага асосан, ишчи чизиклар АВ ва АС ўтказилади. Барча ишчи чизиклар абсорбентнинг берилган концентрацияларига ( $X_6 < X_0 < X^*_0$ ) ёки белгиланган солиштирма сарфларига  $l_i$  мос келади. Бу пайтда (В) ва (С) нуқталар ютилувчи газнинг аралашмадаги бошланғич концентрацияси  $Y_6$  қиймати билан белгиланган битта горизонтал чизикда ётади.



27.2-расм. Абсорбентнинг солиштирма сарфини аниқлашга оид схема: 1- абсорбент сарфи  $L$  бўлган ҳолатдаги жараённинг ишчи чизиғи; 2- абсорбент сарфи минимал бўлган ҳолатдаги ( $L_{\min}$ ) ишчи чизик; 3- жараённинг мувозанат чизиғи  $y^* = f(x)$ .

АС ишчи чизиғининг ҳолати, яъни (С) нуқта мувозанат чизиғида жойлашган пайтда, абсорбент сарфи минимал қийматга эга бўлади:

$$L_{\min}/G = (Y_6 - Y_0) / (X_0 - X_6). \quad (27-12)$$

Ушбу графикдан шундай хулосага келиш мумкин: жараённинг ишчи чизиғи вертикал бўлса аппаратнинг ўлчамлари энг кичик қийматга эга бўлади, аммо бу пайтда абсорбентнинг солиштирма сарфи максимал бўлади.

Саноат корхоналарида ишлатиладиган абсорберларда фазалар аро мувозанат рўй бермайди ( $X_0 < X^*_0$ ). Шу сабабдан, суюқлик фазасининг сарфи  $L$  унинг минимал қийматидан  $L_{\min}$  катта бўлиши лозим ( $L > L_{\min}$ ). Суюқлик сарфининг ортиши билан аппаратнинг баландлиги қисқаради, аммо десорбция жараёнини амалга ошириш ва суюқликни узатиш учун зарур бўлган сарф-ҳаражатлар миқдори ортади.

Абсорбент сарфига ҳарорат ва босимнинг кўрсатадиган таъсирини эътиборга олиб, унинг минимал сарфи қуйидагича ҳисобланади

$$L_{\min} = G(Y_6 - Y_0) / [(P_{\text{ум}} Y_6) / E - X_6]. \quad (27-13)$$

бу ерда  $P_{\text{ум}}$ - газ аралашмасининг умумий босими.

Газ аралашмасининг умумий босимини ортиши билан абсорбент сарфи камаяди. Жараён ҳароратининг кўтарилиши билан газни ютувчи суюқлик сарфи ортади.

Амалиётда абсорбентнинг минимал сарфи  $L = (1.3 \div 1.5)L_{\min}$  чегараларда қабул қилинади.

### Абсорбция жараёнининг асосий тенгламаси

Абсорбция жараёнининг асосий тенгламаси куйидаги модда алмашиниш тенгламалари орқали ифодаланади:

- агар жараённи ҳаракатлантирувчи куч газ фазасининг концентрацияси орқали ифодаланса ( $\Delta y_{\text{ўр}}$ )

$$M = K_y F \Delta y_{\text{ўр}} \tau ; \quad (27-14)$$

- жараённи ҳаракатлантирувчи куч суюқлик фазасининг концентрацияси орқали ифодаланган ҳолат учун

$$M = K_x F \Delta x_{\text{ўр}} \tau ; \quad (27-15)$$

- агар жараённи ҳаракатлантирувчи куч босимлар фарқи орқали ифодаланган бўлса

$$M = K_p F \Delta P_{\text{ўр}} , \quad (27-16)$$

бу ерда  $M$ - газ фазасидан суюқликка ўтган модда миқдори, кг;  $F$ - фазаларнинг контакт юзаси,  $m^2$ ;  $\tau$ - жараён давомийлиги, соат;  $\Delta y_{\text{ўр}}$ ,  $\Delta x_{\text{ўр}}$  ва  $\Delta P_{\text{ўр}}$ - концентрациялар ёки босимлар фарқи орқали ифода этилган жараённи ҳаракатлантирувчи кучи ( $kg/m^3$  ёки Па);  $K_x$ ,  $K_y$  ва  $K_p$ - модда ўтказиш (ёки абсорбция) коэффициентлари.

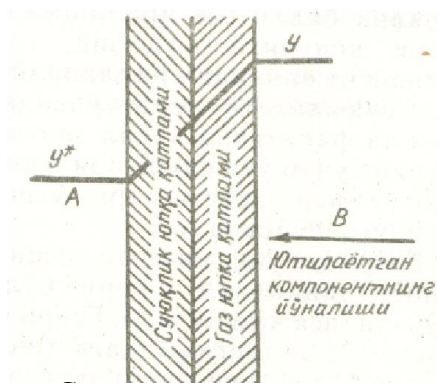
Абсорбция жараёнида модда ўтказиш коэффициентларининг ўлчов бирлиги  $\Delta x_{\text{ўр}}$ ,  $\Delta y_{\text{ўр}}$  ва  $\Delta P_{\text{ўр}}$  қийматларига боғлиқ бўлади:

$$K_y = M / (F \Delta y_{\text{ўр}} \tau) = \text{кмоль} / [(m^2 \text{сек})(\text{кмоль}/\text{кмоль})] = \text{кмоль}/(m^2 \text{сек});$$

$$K_x = M / (F \Delta x_{\text{ўр}} \tau) = \text{кмоль} / [(m^2 \text{сек})(kg/m^3)] = m/\text{сек};$$

$$K_p = M / (F \Delta P_{\text{ўр}} \tau) = kg/(m^2 \text{сек Па}).$$

Модда ўтказишнинг икки чегара қатламли моделига (27.3-расм) асосан абсорбция жараёни механизми куйидагича тушунтирилади. Суюқлик фазаси А оқимнинг асосий массаси (ёки маркази) ва юпқа чегара қатламидан иборат бўлади. Газ фазаси В эса суюқликнинг сирт юзасига (чегара қатламига) тегиб турувчи юпқа чегаравий газ қатламига эга бўлади. Модда ўтказишга тўсқинлик қилувчи барча қаршиликлар юпқа чегара қатламларида йиғилган деб ҳисобланади. Ушбу чегара қатламларида ютилаётган газ компоненти фақат молекуляр диффузия йўли билан, асосий қатламларда эса конвектив диффузия йўли билан тарқалади (узатилади).



27.3- расм. Абсорбция жараёни механизми тушунтирувчи схема: А- суюқлик фазаси; В- газ фазаси.

Суюқликнинг юпқа чегаравий қатламида модда ўтказишга бўлган қаршиликни  $1/\beta_c$ , чегаравий газ қатламидаги қаршиликни эса  $1/\beta_r$  деб белгиласак,  $y$  ҳолда адсорбция жараёнида модда ўтказиш коэффициентларининг куйидагича ифодаларига эга бўламиз:

$$K_y = (1/\beta_r + m/\beta_c)^{-1}; \quad (27-17)$$

$$K_x = (1/\beta_c + 1/m\beta_r)^{-1}; \quad (27-18)$$

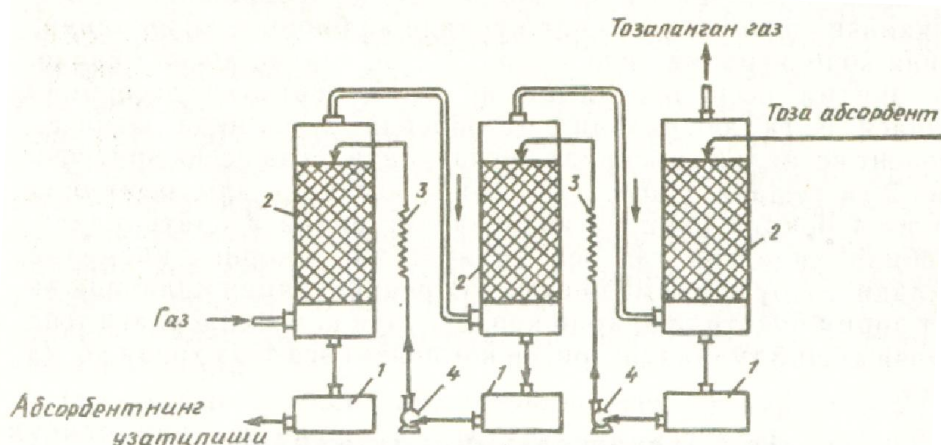
бу ерда  $\beta_r$ - газ оқимидан фазаларнинг контакт юзасига модда бериш коэффициенти;  $\beta_c$ - фазаларнинг контакт юзасидан суюқлик оқимига модда бериш коэффициенти;  $m$ - газ ва адсорбентнинг хоссаларига ва жараён ҳароратига боғлиқ пропорционаллик коэффициенти (мувозанат чизигининг қиялик бурчаги).

Абсорбция коэффициентларининг қиймати газ ва суюқлик ўртасидаги контакт юзани ҳосил қилиш усулларига, фазаларнинг физик хоссалари ва уларнинг ҳаракатланиш тезликларига боғлиқ бўлади.  $K_y$  ва  $K_x$  коэффициентларининг сон қийматлари одатда тажриба натижаларини ўхшашлик назарияси асосида қайта ишлаб олинган критериял тенгламалар ёрдамида аниқланади.

### Абсорбция қурилмалари

**Абсорбция ускуналари.** Абсорбция ускуналари даврий ва узлуксиз режимларда ишлаши мумкин. Ускуналардаги суюқлик ва газ фазаларининг ҳаракати қарама-қарши ёки параллел йўналишларда ташкил этилади. Ишлаш принципига кўра битта ва ундан ортиқ босқичли, рециркуляцияли ва регенерацияли абсорбция ускуналари мавжуд.

27.4-расмда уч босқичли абсорбция ускунасининг схемаси келтирилган. Ускуна қурилмаларидаги жараёнлар фазаларнинг қарама-қарши оқимларида амалга оширилади. Ускуна таркиби асосан эритма йиғувчи идишлар 1, абсорберлар 2, эритмани совутувчи аппаратлар 3 ва марказдан қочма типдаги насослардан 4 иборат бўлади.

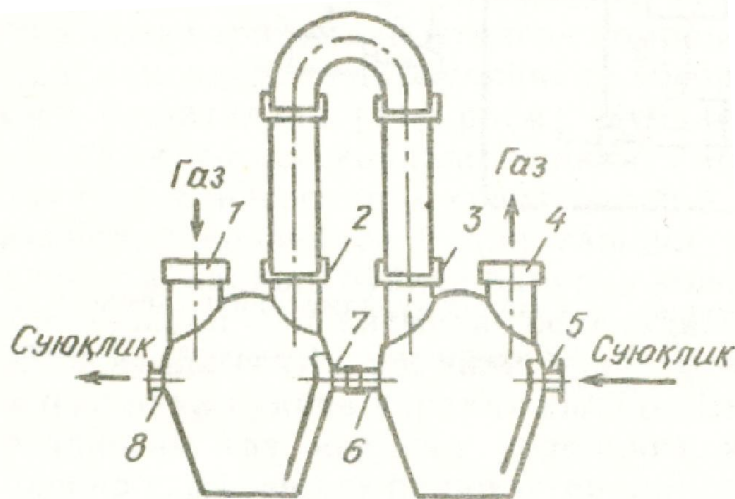


27.4- расм. Уч босқичли абсорбция ускунасининг схемаси: 1- йиғувчи идиш; 2- абсорбер; 3- совуткич; 4- марказдан қочма типдаги насос.

Газ ускунадаги биринчи абсорбернинг қуйи қисмига берилади. Газни ютувчи суюқлик эса, газ йўналишга қарама-қарши тарзда, охириги (учинчи) абсорбернинг юқори қисмига берилади. Аппаратнинг юқори қисмидан пастга қуйилаётган суюқлик кўтарилаётган газ оқими билан тўқнашиб, қисман газ билан тўйинган ҳолатда, йиғувчи ёпиқ идишга оқиб тушади. Жараён мобайнида ажралиб чиқаётган иссиқлик ҳисобига қизиган суюқлик насос ёрдамида, совуткич орқали иккинчи абсорберга узатилади. Шундай кетма-кетликда суюқликни газ билан тўйиниш жараёни қарама-қарши йўналишда яқунига етказилади.

Модда ўтказишнинг барча турлари каби абсорбция жараёни ҳам фазаларнинг контакт юзасида амалга оширилади. Шу сабабдан, жараённи амалга оширувчи қурилмалар - абсорберларнинг контакт юзаси катта бўлиши керак. Ушбу юзани ҳосил қилиш услуби ва унинг ўлчамларига кўра абсорберлар сирт юзали (ёки юпқа плёнка қатламли), насадкали, барботажли (ёки тарелкали) ва суюқликни сочиб берувчи аппаратлар гуруҳига ажратилади.

**Сирт юзали абсорберлар.** Сирт юзали абсорберларнинг ишлаш принципи яхши эрийдиган газларни тинч ҳолатда турган ёки жуда ҳам секин ҳаракатланувчи суюқлик ҳажмида ютилишига асосланган. Бундай аппаратларда (27.5-расм) суюқлик ва газ фазалари ўртасидаги контакт юзаси кичик бўлганлиги сабабли, уларнинг бир нечтаси кетма-кет уланади. Аппаратлардаги фазалар ҳаракати қарама-қарши йўналишда ташкил этилади. Абсорбердаги суюқлик бир аппаратдан иккинчисига эркин оқиб тушиши учун кейинги аппарат

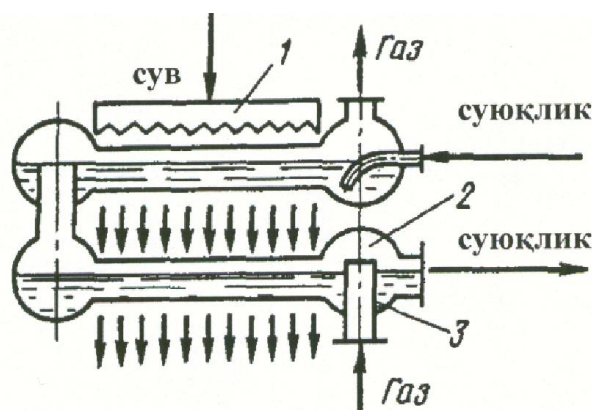


27.5- расм. Сирт юзали абсорбер схемаси: 1,3- газ киритувчи штуцерлар; 2,4- газни аппаратдан чиқарувчи штуцерлар; 5,7- суюқлик киритувчи штуцерлар; 6,8- суюқликни аппаратдан чикариш учун штуцерлар.

олдингисидан куйироқ сатҳга ўрнатилади. Жараёни амалга ошириш пайтида ҳосил бўладиган иссиқлик ҳисобига қурилмадаги суюқлик қизийди. Шу сабабдан, аппаратлардаги суюқлик змеевик воситасида бериладиган сув ёки бошқа турдаги совитувчи агент ёрдамида совутиб турилади.

Сирт юзали абсорберларнинг айрим турлари ўзаро туташувчи горизонтал қувурлар кўринишида тайёрланиши мумкин (27.6-расм).

Қувурлар ичида ҳаракатланаётган суюқлик оқими ва газ фазаси қарама-қарши йўналишда тўқнашади. Қувурдаги суюқлик сатҳи махсус ростловчи мослама ёрдамида бир меъёрда ушлаб турилади. Абсорбер корпуси ташқи томондан, тақсимлаш мосламаси ёрдамида ҳосил қилинувчи совуқ сув пардаси билан совутилади.



27.6-расм. Горизонтал трубкали абсорбер схемаси: 1- совутовчи сувни тақсимлаш мосламаси (коллектор); 2- горизонтал қувурлар; 3- қувурдаги суюқлик сатҳини ростловчи мослама

Сирт юзали абсорберларнинг тузилиши ўта содда, жараённинг ҳаракатлантирувчи кучи қийматини ускуна бўйича бир хилда ушлаб туриш мумкин. Шу сабабли аппаратлардаги жараён бир маромда кечади. Шунинг билан бирга, бундай турдаги аппаратларнинг габарит ўлчамлари катта ва самарадорлиги нисбатан паст бўлганлиги учун саноатда кам қўлланилади.

**Назорат саволлари.** 1. Абсорбция жараёнининг моҳияти нимадан иборат? 2. Озиқ-овқат технологиясининг қайси бир соҳаларида абсорбция жараёнларидан фойдаланиш мумкин? Мисоллар келтиринг. 3. Генри конунига таъриф беринг. 4. Газни суюқликдаги

эрувчанлиги қандай омилларга боғлиқ бўлишини ихтиёрий бир жараён мисолида тушунтириб беринг. 5. Абсорбция жараёнининг моддий баланси қандай тузилади? Жараённинг моддий баланси тенгламасидан қандай катталикларни аниқлаш мумкин? 6. У-Х диаграммасида абсорбция жараёнининг мувозанат ва ишчи чизикларини қуриш тартибини тушунтириб беринг. 7. Абсорбция жараёнини ҳаракатлантирувчи куч қандай аниқланади, уни қайси бир усулларда ифодалаш мумкин? 8. Абсорбция коэффициентлари қандай ўлчов бирликларига эга? 9. Абсорберларнинг қандай турлари мавжуд? Уларнинг қайси бир турлари саноатда кенг қўлланилади? Сабабини тушунтириб беринг. 10. Насадкали абсорбернинг тузилишини тушунтириб беринг. 11. Насадкаларнинг қандай турлари мавжуд? Насадкаларни тавсифловчи асосий кўрсаткичлар ҳақида нималарни биласиз? 12. Колоннали абсорберларга ўрнатиладиган тарелкаларнинг қандай турлари мавжуд? 13. Тарелкали абсорберларнинг гидродинамик иш режимлари ҳақида нималарни биласиз, уларнинг самарадорлигини қиёсий таҳлил қила оласизми? 14. Суюқликни сочиб берувчи абсорбер ҳақида нималарни биласиз? 15. Абсорберларнинг конструктив-технологик параметрларини ҳисоблаш тартибини тушунтириб беринг. 16. Насадкали абсорбернинг гидравлик қаршилиги қандай аниқланади?

### **Мавзу: Адсорбция жараёни** **Умумий маълумотлар**

Газ аралашмалари, буғ ва суюқликлар таркибидаги бир ёки бир нечта компонентни ғоваксимон қаттиқ жисмлар юзаси бўйлаб танланиб ютилиши **адсорбция** жараёни дейилади. Бу жараёнда ғовак жисмлар **адсорбент**, ютиладиган компонент эса **адсорбтив** деб номланади. Адсорбент таркибига ютилиб бўлган модда эса адсорбат дейилади.

Адсорбция жараёни саноатда газларни қуриштириш ва тозалаш, буғ-газ аралашмаларини ажратиш ва эритмаларни тозалаш (масалан, ўсимлик ёғи, вино ва шарбатларни тиниқлаштириш) каби бир қатор технологик мақсадларни амалга ошириш учун қўлланилади.

Адсорбент таркибидан ютилган моддани қайта ажратиш олиш жараёни десорбция дейилади.

Адсорбент юзасига таъсир кўрсатаётган кучларнинг табиатига кўра физик адсорбция ва хемосорбция турлари мавжуд. Физик адсорбция молекуляр кучларнинг ўзаро таъсирини асосланган, кимёвий жиҳатдан инерт.

Хемосорбция жараёнида адсорбент ва ютиладиган модданинг молекулалари ўзаро таъсирлашиб, адсорбент юзасида кимёвий бирикма ҳосил бўлади. Хемосорбция жараёнида иссиқлик кўпроқ ажралиб чиқади (~100 кал), физик адсорбция жараёнида эса иссиқлик ажралиб чиқиши кам (~1÷10 кал). Жараён мобайнида ажралган иссиқлик яширин буғланиш иссиқлиги деб аталади.

Ютилиш (шимилиш) жараёнига ион алмашилиш ҳам киради. Ион алмашилиш қаттиқ жисм (ионит) ва суюқлик ўртасида юз берадиган мураккаб диффузион жараён ҳисобланади. Бу жараён пайтида ионит ўзининг таркибидаги ионларни эритмадаги тегишли ионлар билан алмаштиради. Шу тариқа эритма таркибидан ажратиш олиниши лозим бўлган ион адсорбентга ютилади, сўнгра регенерацияланиб, ажратилади.

### **Адсорбентларнинг турлари ва уларнинг хусусиятлари**

Саноат корхонасида ишлатилиши мумкин бўлган адсорбентга қуйидаги талаблар кўрсатилади:

- танловчанлик- аралашма таркибидан фақат тегишли компонентнигина ютиши, бошқа компонентларга нисбатан эса инерт бўлиши лозим;
- юқори ютиш активлиги (ёки максимал адсорбцион ҳажмга эга бўлиши)- адсорбентнинг масса ёки ҳажм бирлигида ютилган адсорбтив миқдори билан тавсифланади;

- регенерация жараёнида адсорбент таркибидан ютилган модданинг тўла ажралиб чиқиши;

- адсорбент бўлаklarининг механик жиҳатдан мустаҳкам бўлиши;

- ютиладиган моддага нисбатан кимёвий жиҳатдан инерт бўлиши;

- табиатда камёб бўлмаслиги ва арзон бўлиши лозим;

Адсорбентларнинг танловчанлиги ва юқори ютиш активлиги адсорбент ва адсорбтивнинг табиатига ва уларнинг молекуляр тузилишларига боғлиқ.

Адсорбентларнинг активлиги жараён ҳарорати, босими ва ютиладиган модданинг муҳитдаги концентрациясига боғлиқ. Газлар учун паст ҳароратда, юқори босимда ва газ концентрацияси катта бўлганда адсорбент активлиги юқори бўлади.

Адсорбент ғоваklarининг (капилляр каналларнинг) ўлчамлари жараён хусусиятларини белгилайди. Капилляр каналларнинг ўлчамларига кўра микроғовакли ( $5 \cdot 10^{-10} \div 1 \cdot 10^{-9}$  м), оралиқ ғовакли ( $1.5 \cdot 10^{-9} \div 2 \cdot 10^{-7}$  м) ва макроғовакли ( $\geq 2 \cdot 10^{-7}$  м) адсорбент гуруҳлари мавжуд.

Ғоваклиги катта бўлган адсорбентларнинг солиштирма юзаси кичик бўлади, шу сабабли уларда кам миқдорда модда ютилади. Ютиладиган модда молекулалари катта ғоваklar орқали ушланиб қолмасдан ўтиб кетиши мумкин.

Оралиқ ғовакли адсорбентларнинг юзасида модда қатлами ҳосил бўлади, чунки ўлчами катта бўлган бир қисм молекулалар ғовак каналларидан ўта олмай, унинг юзасида тўпланиб қолиши мумкин. Ушбу ҳодиса, ҳосил бўладиган молекулалар қатлами сонига кўра, моно ёки полимолекулали адсорбция дейилади.

Микроғовакли адсорбентда каналларнинг ўлчамлари ютиладиган модда молекулари ўлчамлари билан тенг бўлиб, улар тезда тўлиб қолади.

Барча адсорбентлар эквивалент диаметри, уйма ҳолатдаги зичлиги, механик мустаҳкамлиги, гранулометрик таркиби, солиштирма юзаси, ғоваклиги ва қатламдаги эркин ҳажми каби катталиклар билан тавсифланади.

Адсорбент сифатида активланган кўмир, силикагель, целлюлоза, цеолитлар, тупроқ жинслари (кум, бентонит ва б.) ҳамда сунъий смолалар (ионитлар) ишлатилади.

Активланган кўмир тошкўмир, ёғоч ёки суякни қуруқ хайдаш ва шундан сўнг уни буғ ёки кимёвий реагентлар билан қайта ишлаш натижасида олинади. Кукун ёки ўлчами  $1 \div 7$  мм бўлган гранула шаклидаги бундай адсорбентнинг солиштирма юзаси  $600 \div 700$  м<sup>2</sup>/г, уйма зичлиги  $380 \div 600$  кг/м<sup>3</sup> ва микроғоваklarининг ҳажми  $0.3 \div 0.6$  см<sup>3</sup>/г бўлади. Активланган кўмирнинг таркиби бир хил, яхши регенерацияланиши сабабли кўп маротаба ишлатилади, аммо нархи қиммат ва ёнувчан.

Бентонитлар табиатда кенг тарқалган, нархи арзон, уйма зичлиги  $400 \div 450$  кг/м<sup>3</sup>, аммо уларнинг солиштирма юзаси ( $35 \div 150$  м<sup>2</sup>/г) саноатда ишлатиладиган бошқа адсорбентларга нисбатан кичик.

Ионитлар кукун, донадор, гранула, ип ва плёнка ҳолатида ишлаб чиқарилади, уларнинг ўртача ўлчамлари  $0.004 \div 3.0$  мм. Катта ўлчамли ионитларнинг аппаратдаги ишчи қатлами баландлиги  $1 \div 3$  м бўлади. Аппаратдаги кукунсимон адсорбент қатлами баландлиги  $0.003 \div 0.01$  м дан ортмайди.

Адсорбент тури ва ютиладиган модданинг хусусиятига кўра саноатда қуйидаги десорбция (регенерация) усуллари қўлланилади:

- адсорбент қатламини қиздириш туфайли унга ютилган моддаларни буғлатиш;

- адсорбентга ютилган (юқори ҳарорат таъсирида тез парчаланувчи) моддаларга нисбатан юқори адсорбцион хусусиятга эга бўлган агентлар ёрдамида уларни адсорбентдан сиқиб чиқариш.

Адсорбент таркибидан ютилган моддаларни сиқиб чиқариш учун қатлам орқали инерт газ - сув буғи хайдалади. Масалан, 1 кг активланган кўмирни  $3 \div 4$  кг сув буғи билан тозаланади. Дастлаб ютилган модда тўла десорбцияланмаслиги сабабли, иқтисодий нуқтаи назардан, жараён охиригача олиб борилмаслиги мумкин.

## Адсорбция жараёнининг мувозанати ва кинетикаси

Адсорбция жараёнида иштирок этувчи фазаларнинг мувозанат концентрациялари ўртасидаги боғлиқлик куйидагича ифодаланади:

$$\bar{X}^* = f(\bar{Y}, T). \quad (28-1)$$

Агар жараён ўзгармас ҳароратда олиб борилса

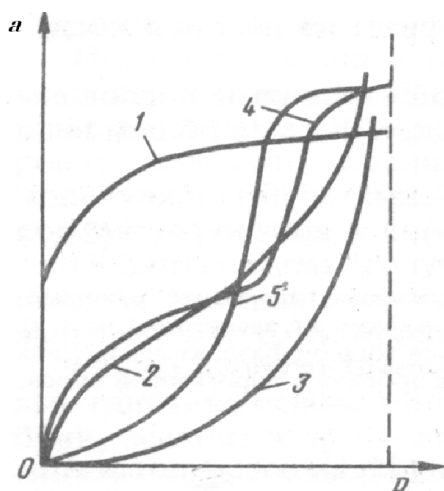
$$\bar{X}^* = f(\bar{Y}), \quad (28-2)$$

бу ерда  $\bar{X}^*$  - газ ёки суюқлик фазасидаги адсорбтивнинг концентрацияси билан мувозанатда бўлган ютилаётган компонентнинг адсорбентдаги нисбий массавий улуши, (кг адсорбтив/кг адсорбент);  $\bar{Y}$  - газ ёки суюқлик фазасидаги адсорбтивнинг нисбий массасий улуши, (кг адсорбтив/(кг газ ёки кг суюқлик)).

Ютилаётган компонент таркибини унинг буғ-газ аралашмасидаги парциал босими ( $P_i$ ) орқали ҳам ифодалаш мумкин

$$\bar{X}^* = f(P); \quad (28-3)$$

Умуман олганда  $\bar{X}^* = f(\bar{Y})$  ва  $\bar{X}^* = f(P)$  кўринишдаги боғлиқликлар адсорбция жараёнининг мувозанат чизикларини ёки адсорбция изотермаларини ифодалайди. Адсорбция изотермаси ғоваксимон қаттиқ жисмларнинг адсорбцион хоссаларини белгилайди. Изотерманинг аниқ шакли адсорбент ва ютилаётган модданинг хоссаларига ва улар ўртасидаги ўзаро таъсир этувчи кучларга боғлиқ бўлади.



28.1-расм. Адсорбция жараёнининг изотерма чизиклари: бу ерда  $P$  - адсорбтив туйинган буғнинг парциал босими;  $P$  - адсорбтивни (ютилган буғни) парциал босими.

Адсорбция изотермаларини (28.1-расм) чизиш учун  $\bar{X}$  қиймати адсорбция катталиги (ютилган модда миқдори, кг/м<sup>3</sup>)  $a$  билан,  $\bar{Y}$  қиймати эса буғ-газ аралашмасининг парциал босими билан  $P$  алмаштирилади.

28.1-расмдаги изотерма чизиғи 1 микроғовакли адсорбентлар учун тегишлидир. Ушбу расмда тасвирланган 2 ва 4 изотерма чизиқларининг бошланғич қисмидаги бўртик жойлар адсорбентда макроғоваклардан ташқари қисман микроғоваклар ҳам борлигини кўрсатади. 3 ва 5 изотерма чизиқларининг бошланғич қисмидаги ботиқ участкалари адсорбат ва адсорбент молекулалари ўртасидаги ўзаро таъсир кучлари адсорбат молекулаларининг ўзаро таъсир кучларидан кам эканлигини кўрсатади.

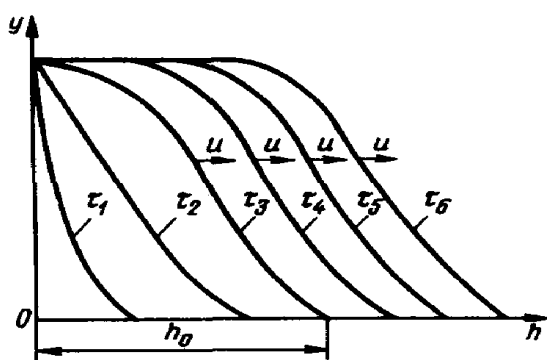
Адсорбция жараёни механизмини тушунтириш учун бир қатор назариялар таклиф этилган: мономолекулали адсорбция, кўп молекулали адсорбция, микроғовакларни адсорбтив билан тўлдириш ва ҳ. Уларнинг ҳар бири тадқиқот натижаларини муайян шароитлардагина қониқарли ифодалайди.

Таклиф этилган назарияларга асосан стандарт модда (одатда бензол) буғининг  $T_1$  хароратдаги адсорбция изотермасига кўра бошқа модда буғининг  $T_2$  хароратдаги адсорбция изотермасини ҳисоблаш мумкин. Бу пайтда ютилган модда миқдорини аниқлаш учун қуйидаги тенгламадан фойдаланилади

$$a^*_2 = a^*_1(V_1/V_2), \quad (28-4)$$

бу ерда  $a^*_1$ - стандарт модда изотермасининг ординатаси, кг/кг;  $a^*_1$ - аниқланаётган изотерманинг ординатаси, кг/кг;  $V_1$  ва  $V_2$ - стандарт ва текшириляётган модданинг суюқ ҳолатдаги моль ҳажмлари, м<sup>3</sup>/кмоль.

Вақт ўтиши билан адсорбент аста секин ютиляётган модда билан тўйиниб боради ва маълум бир вақт ишлагандан сўнг адсорбтивни тўла ютмай қўяди. Адсорбентнинг бундай тўйинган ишчи қатламларида адсорбцияланиш жараёни амалий жиҳатдан тўхтабди. Бу пайтда аралашма таркибидан ажратилаётган модда тўйинган қатламда ютилмасдан кейинги қатламга “сақраб” ўтиб кетади. Шу тариқа адсорбцияланиш соҳаси кейинги қатламга кўчади. Адсорбент қатламининг баландлиги буйича абсорбтивнинг бундай тарзда қатламма-қатлам тақсимланиши бир меъёрда кечади. Натижада адсорбция fronti юзага келади.



28.2-расм. Адсорбция фронтининг ўзгариш схемаси: бу ерда  $h$ - адсорбент қатламининг баландлиги;  $\tau$ - вақт momenti;  $h_0$ - ишчи қатлам;  $u$ - адсорбция фронтининг сурилиш тезлиги.

28.2-расмда адсорбция фронтининг ўзгариши тасвирланган. Бу расмдаги эгри чизиқлар абсорбтивнинг нисбий концентрациясини адсорбент қатлами баландлиги буйича  $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \dots, \tau_n$  вақт моментларида ўзгаришини ифодалайди. Бу ерда вақт оралиқлари  $\tau_1 < \tau_2 < \tau_3 < \dots < \tau_n$ ,  $\tau_n$ - жараён бошланганидан буён ўтган вақт. Муайян вақт ўтгандан сўнг адсорбция фронтининг шакли ўзгармас бўлиб қолади (28.2-расмдаги  $\tau_3 \div \tau_6$  вақт оралиғи). Адсорбент қатламининг бошланғич (фронтал) участкасини тўйиниш муддати абсорбция фронтини шаклланиш даври деб аталади. Адсорбция соҳаси вақт буйича барча қатламлар



бўйлаб доимий тезликда сурилиб боради. Бу пайтда қатламдаги абсорбтив концентрацияси бир маромда ўзгаради. Адсорбтив концентрациясининг “сакраб” ўзгариши бошланган моментда қатламнинг адсорбцион таъсир вақти (ёки ҳимоя вақти) тугайди.

Ажратилаётган моддани тўйинган адсорбент қатлампдан ютилмасдан ўтиб кетиши натижасида қурилмадан чиқарилаётган газ аралашмаси таркибида адсорбтив миқдори кўпайиб, унинг концентрацияси мувозанат концентрациясигача ортади. Жараён бошлангандан то мувозанат ҳолат юзага келгунча бўлган вақт мобайнида адсорбентнинг бирлик массасида ютилган модда миқдори унинг статик ютиш активлигини белгилайди.

Жараён бошланишидан то абсорбтивни ишчи қатламдан ютилмасдан ўтиб кетиши кузатилгунча бўлган даврда адсорбентнинг бирлик массасида ютилган модда миқдори эса унинг динамик ютиш активлигини белгилайди. Ушбу давр

Ютилаётган модда концентрациясини бошланғич қийматдан то охири қийматгача ўзгариши кузатиладиган қатлам баландлиги адсорбентнинг ишчи қатлами деб юритилади. Ушбу ҳолат кузатиладиган вақт оралиғи эса адсорцион таъсир вақти ёки ҳимоя вақти деб таърифланади.

**Жараён кинетикаси.** Адсорбция жараёнида модда ўтказиш ташқи ва ички диффузия босқичларидан иборат бўлади.

Ташқи диффузия тезлиги жараённинг гидродинамик шароитига боғлиқ бўлиб, идеал аралаштириш модели билан тавсифланади:

$$da/d\tau = \beta(c-c_0), \quad (28-5)$$

бу ерда  $a$ - ютилаётган модданинг миқдори;  $\tau$ - вақт;  $c$ - ютилаётган модданинг адсорбент юзасидаги буғ-газ аралашмаси таркибидаги ҳажмий концентрацияси;  $c_0$ - ютилаётган компонентни аппаратдан чиқиб кетаётган газ (суюқлик) таркибидаги концентрацияси;  $\beta$ - адсорбентнинг ҳажм бирлигига нисбатан олинган модда бериш коэффициенти ёки адсорбция жараёнининг кинетик коэффициенти.

Моддани ички (молекуляр) диффузия йўли билан ўтиш тезлиги адсорбентнинг тузилиши ва адсорбцион системанинг физик-кимёвий хоссаларига боғлиқ бўлади. Бу жараён молекуляр диффузия тенгламаси билан ифодаланади:

$$dc/d\tau = D_3(d^2c/dx^2 + d^2c/dy^2 + d^2c/dz^2), \quad (28-6)$$

бу ерда  $D_3$ -диффузиянинг эффектив коэффициенти, доимий қиймат сифатида қабул қилинади;  $x$ ,  $y$  ва  $z$ - фазовий координаталар.

Адсорбция жараёнининг кинетик коэффициенти  $\beta$  ( $c^{-1}$ ) қуйидаги критериял тенгламадан келтириб чиқарилади:

$$Nu' = ARe^m(Pr')^n, \quad (28-7)$$

бу ерда  $Nu'$  ва  $Pr'$ - Нуссельт ва Прандтл диффузия критерийлари;  $Re$ - Рейнольдс критерийси;  $A$ ,  $m$  ва  $n$ - тажрибадан аниқлангандиган доимий қийматлар.

Масалан, активланган кўмир ( $d_3=1.7\div 2.2$  мм,  $\omega_r=0.3\div 2$  м/с) билан буғларни адсорбциялаш жараёни учун (28-7) критериял тенглама қуйидаги кўринишга эга бўлади

$$Nu' = 1.6Re^{0.54}, \quad (28-8)$$

бу ерда  $Nu'=\beta d_3^3/D_t$ ;  $Re=\omega_r d_3/\nu_r$ ;  $d_3$ -адсорбент заррачаларининг ўртача диаметри, м;  $D_t$ - жараённинг ҳарорати бўйича адсорбтивнинг газдаги диффузия коэффициенти,  $m^2/c$ ;  $\omega_r$ - адсорбернинг кўндаланг кесим юзасига нисбатан ҳисобланган буғ-газ аралашмасининг тезлиги, м/с;  $\nu_r$ - газнинг кинематик қовушқоқлиги,  $m^2/c$ .

(28-8) тенгламадан адсорбция жараёнининг кинетик коэффициенти  $\beta$  аниқланади:

$$\beta = 1.6 D\omega_r^{0.54}/(\nu_r^{0.54} d_3^{0.54}). \quad (28-9)$$

Ихтиёрий ҳарорат ва босим қийматларида диффузия коэффициенти  $D$  қуйидаги тенглама бўйича ҳисобланиши мумкин:

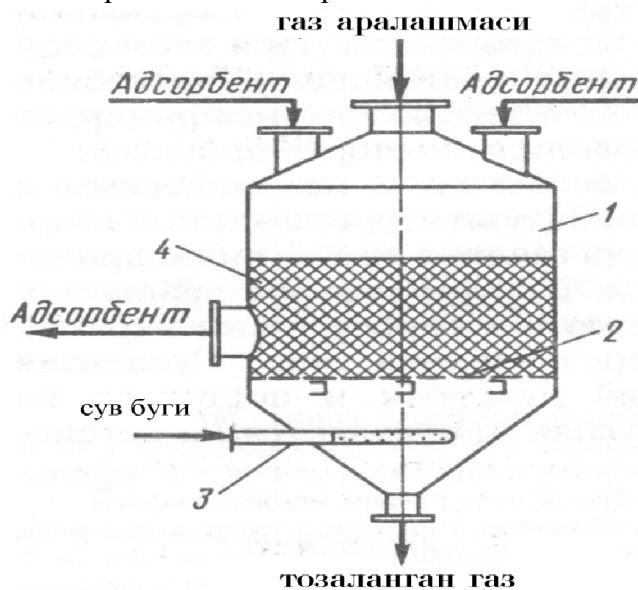
$$D = D_0 (P/P_0)(T/T_0)^{3/2}, \quad (28-10)$$

бу ерда  $D_0$ - нормал шароитлардаги ( $P_0=1\cdot 10^5$  Па,  $T_0=273.15^\circ C$ ) газнинг ҳаводаги диффузия коэффициенти,  $D_0$  қиймати маълумотномалардан олинади;  $T$  ва  $P$ - жараённинг ишчи ҳарорати ва босими қийматлари.

### Адсорберларнинг тузилиши ва ишлаш принциплари

Жараённи ташкил этилишига кўра даврий ва узлуксиз ишловчи адсорберлар мавжуд. Аппарат ичига жойлаштирилган адсорбент қатламининг ҳолатига кўра, ўзгармас ва ўзгарувчан қатламли ҳамда мавҳум қайнаш қатламли адсорберлар гуруҳи мавжуд.

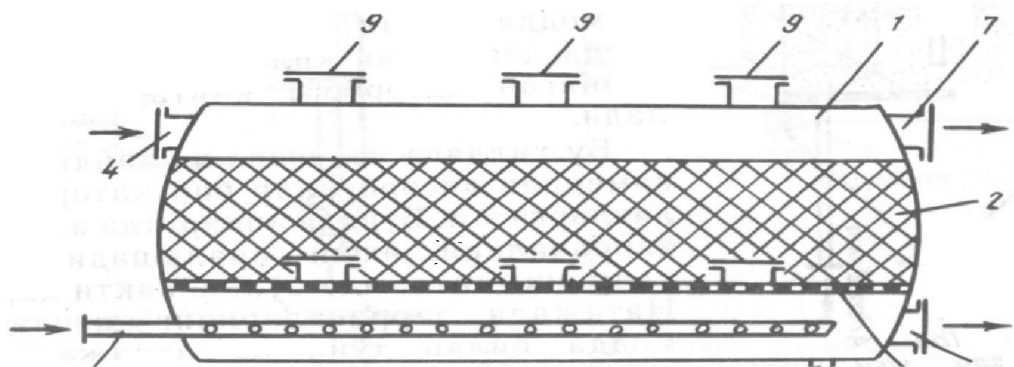
Даврий ишловчи адсорберларнинг иш цикли қуйидаги босқичлардан иборат бўлади: адсорбентни ютилаётган модда билан тўйиниши, ютилган моддани адсорбентдан ажратиш, адсорбентни қуриштириш ва адсорбентни совутиш. Даврий ишлайдиган адсорберлар вертикал ёки горизонтал цилиндр шаклида ишланган бўлиб, уларнинг қуйи ва устки қисмига майда тешикли металл тўр ёки таянч панжаралар ўрнатилади. Аппаратга бериладиган ишчи газ қуйи панжара юзасига жойлаштирилган адсорбент қатлампанан ўтказилади. Жараён тугагач, адсорбент қатлами қиздирилган газ билан десорбция қилинади. 28.3-расмда даврий ишлайдиган вертикал адсорбернинг схемаси кўрсатилган. Аппаратнинг цилиндрик корпуси 1 ичига газ тақсимловчи таянч панжара 2 ўрнатилади. Панжара юзасига адсорбент қатлами 4 жойлаштирилади.



28.3-расм. Даврий ишлайдиган вертикал адсорбер схемаси: 1- цилиндрик корпус; 2- таянч панжара; 3- барботёр; 4- адсорбент қатлами.

Аппаратнинг юқори қисмида жойлашган патрубкка орқали газ аралашмаси адсорбент қатламига бир текисда тарқалади. Бу пайтда газ таркибидаги тегишли компонент адсорбентнинг каттиқ юзасига ютилади. Тозаланган газ аппаратнинг тубидаги патрубкка орқали ташқарига чиқарилади. Адсорбент аппаратнинг юқори қопқоғига ўрнатилган патрубккалар орқали юкланади, корпуснинг ён томонидаги люк ёрдамида эса ундан туширилади. Адсорбентни десорбция қилиш учун қўзғалмас қатламга барботёр 3 орқали ўткир сув буғи бериледи. Десорбция пайтида адсорбентда ютилган компонент сув буғи таркибига ўтади ва буғ-газ аралашмаси сифатида қурилманинг юқори қисми жойлашган патрубкка орқали қурилмадан чиқарилади.

Даврий ишлайдиган горизонтал адсорбернинг ишлаш принципи вертикал адсорбернинг ишлаш принципидан деярли фарқ қилмайди (28.4-расм).

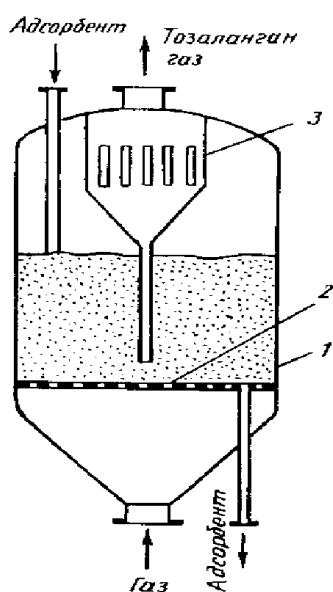


28.4-расм. Даврий ишлайдиган горизонтал адсорбер схемаси: 1-горизонтал цилиндрик корпус; 2- адсорбент қатлами; 3-газ тақсимловчи таянч панжара; 4- газ аралашмаси бериладиган патрубк; 5- тозаланган газ учун патрубк; 6- буғ киритиш ва тақсимлаш мосламаси; 7- буғ-газ аралашмаси чиқадиган патрубк; 8- конденсат патрубк; 9- люклар.

Даврий ишлайдиган адсорберларда адсорбентнинг ютиш сифимидан тўла фойдаланилмайди. Десорбция жараёни ҳам ушбу адсорберларнинг ўзида олиб борилади. Шу сабабли қурилмадан фойдаланиш даражаси кам бўлади. Узлуксиз ишлайдиган қурилмалар бундай камчиликлардан холидир.

Бир нечта (иккита ва ундан ортик) даврий ишлайдиган адсорберлардан ташкил топган ускуна ишини узлуксиз режимда ташкил этиш мумкин. Бу пайтда қурилмалар кетма-кет адсорбер ёки десорбер вазифасини бажаради.

28.5-расмда мавҳум қайнаш қатламли вертикал адсорбер схемаси келтирилган. Бу қурилманинг иш жараёнида кўзгалувчан адсорбент қатлами мавҳум қайнаш ҳолатида бўлади. Қурилма вертикал жойлаштирилган цилиндрик корпусдан 1 иборат бўлиб, зарурий миқдордаги адсорбент узлуксиз равишда газ тақсимловчи панжара 2 устига бериб турилади. Газ аралашмаси маълум бир критик тезлик билан панжаранинг остига берилади, сўнгра адсорбент қатламидан ўтиб, уни мавҳум қайнаш ҳолатига келтиради. Жараён давомида тегишли компонентлар газ аралашмаси таркибидан адсорбентга ютилади.



28.5-расм. Мавҳум қайнаш қатламли адсорбер схемаси: 1- цилиндрик корпус; 2- газ тақсимловчи таянч панжара; 3- сепаратор.

Тозаланган газ курилманинг юқори қисмидаги штуцер орқали аппаратдан чиқарилади. Адсорбентнинг ортиқчаси ёки ўзида ютилган модда тутган (ишлатиб бўлинган) адсорбент эса тушириш трубкаси орқали аппаратнинг тубидан чиқариб турилади.

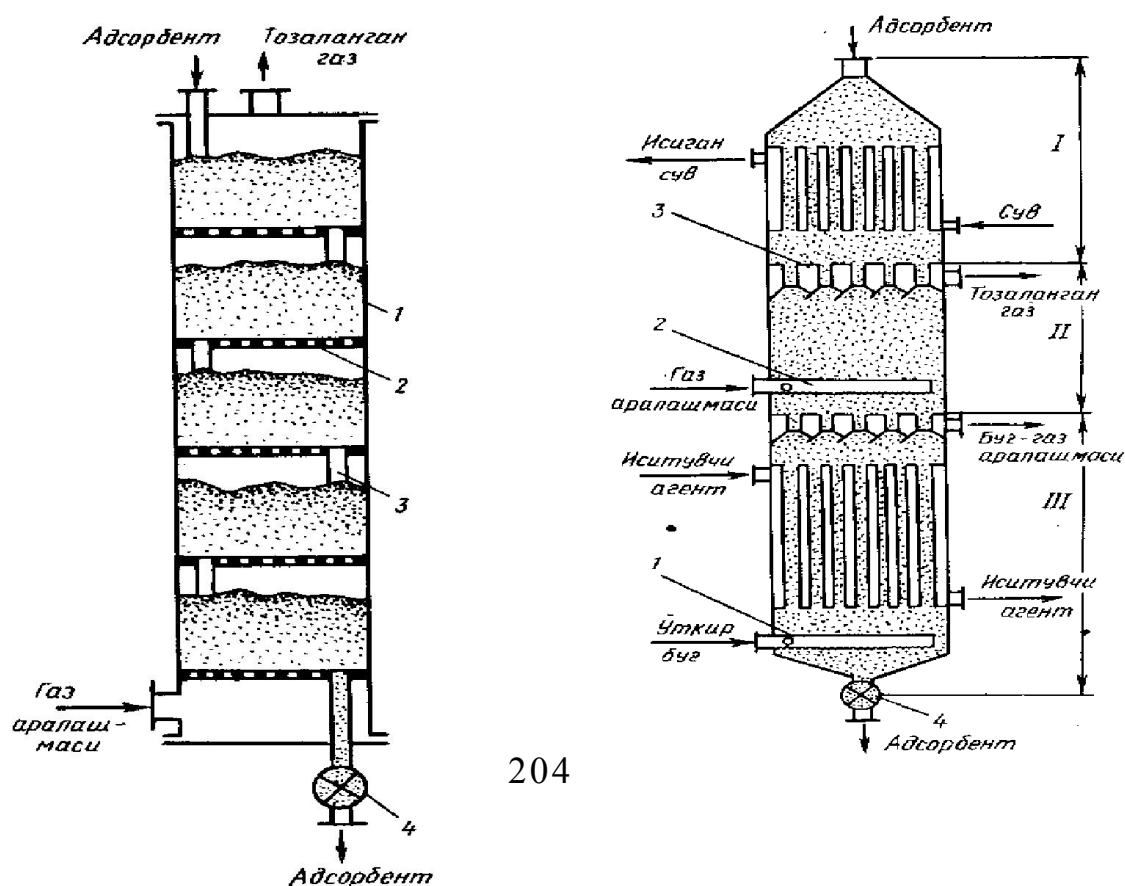
Газ оқими билан қўшилиб кетаётган адсорбентнинг майда заррачалари сепаратор 3 ёрдамида ажратилиб, қатламга қайтарилади. Ютилувчи модда билан тўйинган адсорбент бошқа бир курилмада десорбция қилинади ва қайта ишлатилади.

Бундай курилмада адсорбент заррачалари яхши аралашади, аммо уларнинг қатламда бўлиш вақти ҳар хил. Натижада заррачаларнинг ютилаётган модда билан тўйиниш даражаси ҳам турлича бўлади. Шу сабабдан, саноатда ишлатиладиган адсорберлар кўп камерали вариантда тайёрланади.

28.6-расмда кўп камерали адсорбернинг схемаси келтирилган. Мавҳум қайнаш қатламли бундай курилма вертикал колонна 1 шаклида ишланган бўлиб, у газ тақсимлагичлар 2 ёрдамида бир нечта камераларга бўлинган.

Газ аралашмаси колоннанинг пастки қисмига берилади. Аппаратдаги тақсимловчи тарелкалар 2 унинг кўндаланг кесим юзаси бўйлаб газни бир маромда тарқатиш учун хизмат қилади. Келгусида газ пастки тарелкадан юқориги тарелка томон босқичма-босқич ҳаракат қилади. Адсорбент аппаратнинг юқори қисмида жойлашган патрубкка орқали берилади. Юқори сатҳда жойлашган тарелкалардаги адсорбент заррачалари, қуйилиш трубалари 3 орқали, газ оқимига қарама-қарши йўналишда, қуйида жойлашган тарелкалар юзасига туширилади. Ишлатилган адсорбент затворли механизм 4 ёрдамида курилмадан узлуксиз чиқариб турилади. Тозаланган газ эса колоннанинг юқори қисмидан чиқарилади.

Кўп камерали аппаратларда газ аралашмаси унинг кўндаланг кесим юзаси бўйлаб бир хилда тақсимланади. Бу пайтда фазаларнинг контакт юзаси ортади. Натижада адсорбент заррачалари ютилаётган компонент билан бир хилда ва максимал даражада тўйинади.



28.6- расм. Кўп камерали адсорбер схемаси: 1- колонна; 2- газ тақсимловчи тарелка; 3-куйилиш трубкаси; 4- затворли тушириш механизми.

28.7-расм. Ҳаракатчан қатламли адсорбер схемаси: I-адсорбентни совитиш секцияси; II-адсорбция секцияси; III- регенерация секцияси; 1 ва 2- газ тақсимловчи қурилма (барботёр); 3- тақсимловчи тарелка; 4-затворли тушириш механизми.

28.7-расмда узлуксиз режимда ишлайдиган ҳаракатчан қатламли адсорбер схемаси тасвирланган. Бундай қурилмалар баландлиги бўйича бир нечта секцияларга ажратилган колонна шаклида тайёрланади. Ҳар бир секция маълум бир жараёни амалга ошириш учун мослаштирилади. Аппаратнинг I секцияси адсорбентни совитиш учун мўлжалланган бўлиб, у кожух-трубкали совуткич кўринишида ишланган. Регенерациядан қайтарилаётган адсорбент заррачалари секция трубкаларининг ичидан қуйига томон ҳаракат қилади. Совитувчи сув эса трубкалар оралиғидаги бўшлиқдан ўтиб, унинг ичидаги адсорбентни совутади.

II секцияда адсорбер вазифасини ўтайди. Бу ерда асосий жараён, яъни газ фазасидан каттиқ фазага бир ёки бир нечта компонентнинг ютилиши юз беради. I секциядан қуйилиб тушаётган совуқ адсорбент заррачалари тақсимловчи тарелка 3 ёрдамида колоннанинг кўндаланг кесими бўйлаб сочиб берилади. Газ аралашмаси тақсимловчи қурилма (барботёр) 2 орқали II секцияга берилади, тозаланган газ эса тарелканинг 3 остида жойлашган патрубкка орқали ташқарига чиқарилади. Ушбу секцияда каттиқ ва газ фазалари қарама-қарши оқимда ҳаракатланади.

III секцияда адсорбент регенерация қилинади. Бу секция ҳам I секцияга ўхшаш кожух-трубкали иситкич кўринишига эга. II секцияда тўйинган адсорбент заррачалари трубкаларнинг ички қисмида ҳаракатланади, трубкалар ўртасидаги бўшлиққа қиздирувчи агент берилади. Шу тариқа бирламчи тарзда қиздирилган адсорбент оқими, уни регенерация қилиш мақсадида, тақсимловчи қурилма 1 орқали ўткир сув буғи юборилади. Регенерация пайтида ҳосил бўлган буғ-газ аралашмаси II ва III секциялар оралиғидаги тақсимловчи тарелканинг остига жойлашган патрубкка орқали аппаратдан чиқарилади.

Регенерация қилинган адсорбент затвор 4 воситасида аппаратдан туширилади. Затвор буғнинг қурилмадан чиқиб кетмаслигини ҳам таъминлайди. Туширилаётган адсорбент келгусида пневмо-транспортёр ёрдамида қурилманинг юқориги секциясига узлуксиз равишда узатиб турилади. Пневматик узатиш жараёнида адсорбент заррачалари қурилади.

**Назорат саволлари.** 1.Адсорбция жараёнининг моҳиятини тушунтириб беринг. 2.Адсорбция ва абсорбция жараёнлари ўртасидан қандай умумийлик ва фарқлар мавжуд? 3.Адсорбентларнинг технологик хоссаларини тавсифловчи қайси бир катталиклар мавжуд? 4.Адсорбентларни танлаш борасидаги тавсияларга изох бера оласизми? Озиқ-овқат саноатида қайси бир турдаги адсорбентлардан фойдаланиш мумкин? 5.Адсорбция изотермалари ҳақида нималарни биласиз? 6.Адсорбция жараёнида модда ўтказиш қай тарзда амалга оширилади? 7.Адсорбентларни регенерация қилишнинг аҳамиятини тушунтириб беринг. Бу жараён қай тарзда ва қайси бир усуллар бўйича амалга оширилади? 8.Адсорберларнинг қандай турлари мавжуд? 9.Даврий ишловчи адсорберлардан бирининг тузилиши ва ишлаш принципини тушунтириб беринг. Ушбу аппаратларнинг иш цикли қай тарзда кечади? 10.Мавҳум қайнаш қатламли адсорбернинг тузилиши ва ишлаш принципини тушунтиринг. Ушбу типдаги аппаратларнинг ижобий

томонлари ва камчилликларини изохлаб бера оласизми? 11. Адсорберларни ҳисоблаш тартибини тушунтириб беринг.

### **Мавзу: Суюқликларни ҳайдаш Умумий маълумотлар**

Икки ёки ундан ортиқ компонентлардан ташкил топган бир жинсли суюқлик аралашмаларини ажратиш учун ҳайдаш (дистилляция ва ректификация) усули қўлланилади. Агар суюқлик энгил учувчан (қайнаш ҳарорати паст) ва қийин учувчи (амалий жиҳатдан учмайдиган) компонентлардан ташкил топган бўлса, у ҳолда эритмани буғлатиш йўли билан таркибий компонентларга ажратилади.

Суюқликларни ҳайдаш йўли билан ажратиш усули аралашма компонентларининг бир хил ҳароратда турлича учувчанликка эга бўлишига асосланган. Шу сабабдан ҳайдаш жараёнида аралашма таркибидаги барча компонентлар, ўзларининг учувчанлик хусусиятларига пропорционал равишда, буғ ҳолатига ўтади.

Энгил ва қийин учувчи компонентли бинар аралашмани ҳайдаш пайтида ҳосил бўладиган буғ таркиби нисбатан кўп миқдордаги энгил учувчан компонентдан иборат бўлади. Ҳайдаш жараёнида суюқ фаза таркибида энгил учувчан компонент камайиб боради, буғ фазасида эса унинг миқдори ортиб боради. Буғланмай қолган суюқлик таркиби асосан қийин учувчи ёки юқори ҳароратда қайнайдиган компонентдан иборат бўлади.

Ҳайдаш жараёнида ажралиб чиққан иккиламчи буғ келгусида конденсацияланади. Ҳосил бўлган конденсатни дистиллят ёки ректификат деб аталади. Буғланмай қолган суюқлик қолдиқ деб юритилади.

Буғ фазаси таркибини энгил учувчан компонент билан бойиш даражаси асосан ҳайдаш усулига боғлиқ. Шунга кўра, суюқликларни ҳайдашнинг иккита принципиал усули мавжуд: 1) оддий ҳайдаш (дистилляция); 2) мураккаб ҳайдаш (ректификация).

Аралашма компонентларининг учувчанлиги ўртасидаги фарқ катта бўлса, уларни ажратиш учун оддий ҳайдаш усулидан фойдаланилади. Оддий ҳайдаш пайтида суюқлик бир маротаба қисман буғлатилади. Одатда бу усул суюқ аралашмаларни бирламчи ажратиш ёки мураккаб аралашмаларни кераксиз қўшимчалардан тозалаш учун ишлатилади.

Суюқлик аралашмаларини таркибий компонентларга тўлиқ ажратиш учун ректификация усулидан фойдаланилади. Ректификация жараёнида буғлатилаётган аралашмадан ажралиб чиққан иккиламчи буғ ва унинг конденсацияланиши натижасида ҳосил бўлган суюқлик ўртасида кўп маротабалик узлуксиз контакт юз беради. Бу пайтда фазалар ўртасида модда алмашинуви кузатилади. Суюқ фазадаги энгил учувчан компонент буғ таркибига ўтади, буғ фазасидаги учувчан компонент эса суюқликка ўтади.

Ректификация колоннасининг юқори қисмидан чиқаётган буғ асосан энгил учувчан компонентдан иборат бўлиб, у дефлегматорда конденсациялангандан сўнг икки қисмга ажратилади. Конденсатнинг бир қисми дистиллят ёки ректификат деб аталади ва уни тегишли сиғимларга узатилади. Конденсатнинг иккинчи қисми эса колоннанинг юқори қисмига қайтарилади ва у флегма деб юритилади. Ректификация колоннасининг бу қисмида флегма пастдан юқорига кўтарилаётган буғ билан қайта учрашади ва уни энгил учувчан компонент билан янада кўпроқ бойитади. Колоннанинг тубидан, асосан, қийин учувчан компонентдан ташкил топган қолдиқ узлуксиз равишда чиқариб турилади.

Ректификация жараёни этил спирти ишлаб чиқариш технологиясида кенг қўлланилади.

Аралашма компонентларининг қайнаш температуралари бир-бирига яқин бўлса, бундай аралашмаларни ажратиш анча қийин бўлади. Бундай ҳолларда ҳайдашнинг махсус

узуллари - экстрактив ректификация, азеотроп ректификация, молекуляр дистилляция ва паст ҳароратли ректификация жараёнларидан фойдаланилади.

### Ҳайдаш жараёнининг назарий асослари

Саноат амалиётида ҳайдаш услуби билан икки ва ундан ортиқ компонентли аралашмалар ажратилади. Ҳайдаш жараёнини ҳисоблаш учун мувозанатда бўлган суюқлик ва буғ фазаларининг таркибини билиш зарур. Суюқлик ва буғ фазаларидан иборат икки компонентли аралашманинг эркинлик даражаси сони  $C$ , фазалар қондасига (2-15) асосан:

$$C = K - \Phi + 2 = 2 - 2 + 2 = 2,$$

бу ерда  $\Phi=2$ - фазалар сони (буғ ва суюқлик);  $K=2$ - компонентлар сони (масалан, спирт ва сув).

Ушбу системанинг ҳолати буғ фазасининг босими, суюқликнинг ҳарорати ва концентрацияси билан тавсифланади. Демак, жараённи бошқариш учун система ҳолатини белгиловчи учта катталиқдан исталган иккитасини танлаш мумкин. Мисол учун, ҳайдаш аппаратидаги ишчи босимнинг ўзгармас қийматида спирт концентрацияси ва жараён ҳарорати орасидаги боғлиқликка эга бўламиз. Бу пайтда ҳароратни бошқариш туфайли аппаратдан чиқаётган спирт концентрациясининг талаб этиладиган даражадаги қийматларига эришиш мумкин.

Жараён назариясини ўрганиш учун икки компонентли (бинар) аралашманинг ҳайдаш йўли билан ажратишни кўриб чиқамиз. Бинар аралашма энгил ва қийин учувчан компонентлардан иборат бўлади.

Бинар суюқлик аралашмалари ўзларининг физик-кимёвий хоссаларига кўра бир-биридан фарқ қилади. Бинар суюқликлар классификациясини Д.П. Коновалов ишлаб чиққан. Аралашма компонентларининг бир-бирида эриш даражасига кўра компонентлари бир-бирида эримайдиган (ёки жуда оз миқдорда эрийдиган), қисман эрийдиган ҳамда тўла ва исталган нисбатларда эрийдиган бинар аралашмалар мавжуд.

Компонентлари бир-бирида тўла ва исталган нисбатларда эрийдиган аралашмалар ўз табиатига кўра идеал ва реал эритмаларга ажратилади.

29.1-расмда бинар аралашма буғларининг умумий босими ва суюқлик фазаси ўртасидаги боғлиқлик тасвирланган. Ушбу графикнинг вертикал ўқида ўзгармас ҳароратдаги аралашма буғининг умумий босими, горизонтал ўқда эса суюқлик фазасининг таркиби (%) кўрсатилган.

Агар аралашма компонентлари ўзаро бир-бирида эримаса ёки жуда оз миқдорда эриса (масалан, бензол-сув), бу ҳолат гафикдаги 1-чизик орқали ифодаланади. Бундай ҳолатда аралашма буғларининг босими компонентлар буғлари босимларининг йиғиндисига тенг бўлади.

Бинар аралашма компонентларининг босими 2-чизик бўйича сув-изоамил спирт аралашмалари к

Компонентлари ўзаро тўла аралашмалар (масалан, этил спирт

Бундай аралашма буғларининг ум

ҳолат максимал ҳароратдаги суюқл

Компонентлари бир-бирида кислота) буғларининг умумий боси

Компонентлари бир-бирида минимумга эга бўлмайдиган эрит

29.1-расм. Бинар аралашмаларнинг классификацияси: 1- компонентлари бир-бирида эримайдиган суюқликлар; 2- компонентлари бир-бирида қисман эрийдиган суюқликлар; 3- компонентлари бир-бирида тўла эрийдиган ва буғ босимининг ўзгариши максимум орқали ўтган суюқликлар; 4- идеал эритмалар; 5- компонентлари бир-бирида тўла эрийдиган ва буғ босимининг ўзгариши минимум орқали ўтган суюқликлар.

эритмалар идеал эритмалардир, уларда молекулаларнинг тортишиш кучи бир хил бўлади. Идеал эритма ҳосил бўлишида ҳажм ўзгармайди, компонентларнинг ўзаро қўшилиши натижасида иссиқлик ажралиб чиқмайди ва ютилмайди.

Аралашма буғи босимининг ўзгариши тўғри чизикдан четлашса, бундай эритманинг ҳосил бўлиши маълум миқдордаги иссиқлик эффекти орқали боради. Бундай ҳолат компонентлар молекулалари ўртасида ўзаро таъсир кучи борлигидан далолат беради. Демак,  $P=f(x)$  чизикнинг кўриниши система таркибидаги компонентлар молекулаларининг ўзаро таъсири турлича бўлиши билан боғлиқ экан.

**Идеал аралашмаларнинг** хоссалари Раул қонуни билан ифодаланади. Бу қонунга кўра, суюқлик юзасидаги компонент буғининг парциал босими унинг суюқликдаги моль улушига тўғри мутаносибликда бўлади:

$$p_a = P_a x; \quad p_b = P_b(1-x), \quad (29-1)$$

бу ерда  $p_a$  ва  $p_b$ - А ва В компонентларнинг парциал босимлари;  $x$  ва  $(1-x)$ - А ва В компонентларнинг суюқликдаги моль улушлари;  $P_a$  ва  $P_b$ - тоза компонентларни тўйинган буғларининг босимлари.

Дальтон қонунига биноан, системадаги умумий босим парциал босимлар йиғиндисига тенг бўлади:

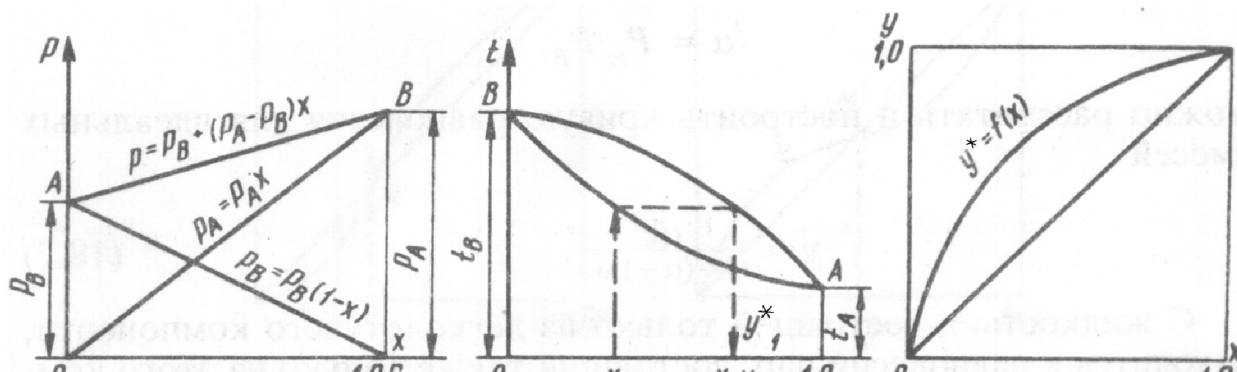
$$P = p_a + p_b = P_a x + P_b(1-x) = P_b + (P_a - P_b)x, \quad (29-2)$$

(29-2) тенгламадан А компонентнинг суюқликдаги моль улуши

$$x = (P - P_b) / (P_a - P_b), \quad (29-3)$$

Юқоридаги (29-1) ва (29-2) тенгламалардан кўринадики, ўзгармас ишчи ҳароратда компонентларнинг парциал босимлари ва суюқлик юзасидаги буғларнинг умумий босими енгил учувчан компонентнинг суюқликдаги моль улушидан чизикли боғланишда бўлади.

29.2-расмнинг а-схемасида идеал аралашма компонентларининг



29.2-расм. Идеал аралашмалар учун суюқлик-буғ системасининг мувозанат диаграммалари: а- компонентларнинг парциал босимлари ва аралашма юзасидаги умумий босим изотермалари; б- t-x, y диаграмма; в- y-x диаграмма.

тасвирланган.

Ушбу диаграммадаги ОВ ва СА тўғри чизиклар А ва В компонентларнинг парциал босимларини ( $p_a$ ,  $p_b$ ), АВ тўғри чизик эса аралашма юзасидаги умумий босимнинг ўзгаришини ифодалайди. ОА ва СВ вертикал кесмалар тоза компонентларнинг тўйинган буғ босимларини ( $P_a$ ,  $P_b$ ) белгилайди.

Дальтон қонунига кўра, буғ таркибидаги компонентнинг парциал босими ушбу компонентнинг буғ таркибидаги моль улушига мутаносибдир:

$$p_a = P \cdot y; \quad p_b = P(1-y), \quad (29-4)$$

бу ерда P- системадаги умумий босим;  $y$  ва  $(1-y)$ - А ва В компонентларнинг буғ фазасидаги моль улушлари.

Системанинг мувозанат ҳолати учун

$$P_a \cdot x = P \cdot y; \quad P_b(1-x) = P(1-y). \quad (29-5)$$

(29-5) тенгламадан енгил учувчан модданинг буғ фазасидаги моль улуши

$$y = (P_a/P)x \quad \text{ёки} \quad 1-y = (P_b/P)(1-x). \quad (29-6)$$

Оддий ҳайдаш ва ректификация жараёнлари изобарик шароитларда ўтказилади.



Шунинг учун бинар аралашманинг  $P=\text{const.}$  бўлгандаги хусусиятларини кўриб чиқамиз. Ушбу ҳолатда мувозанат чизиқларини  $t-x,y$  ва  $y-x$  диаграммада акс эттириш мумкин.

Ҳарорат қийматига кўра  $x$  ва  $y$  қийматларини ҳисоблаб, системанинг мувозанат диаграммасини куриш мумкин (29.2-расмнинг б-схемаси). Ушбу диаграммадаги қуйи чизиқ суюқлик аралашмасининг қайнаш ҳароратини, ундаги юқори чизиқ эса буғ аралашмасининг конденсацияланиш ҳароратини белгилайди.  $x=0$  ва  $x=1.0$  бўлганда ордината ўқлари бўйича белгиланган кесмалар (В ва А нукталар ҳолати) қийин ва енгил учувчан моддаларнинг қайнаш ҳароратларини  $t_b$  ва  $t_a$  белгилайди.

Агар суюқлик концентрацияси  $x_1$  берилган бўлса, унинг абцисса ўқидаги қиймати бўйича вертикал чизиқ ўтказилади. Ушбу чизиқни  $t-x,y$  диаграмманинг қуйи чизиғи билан туташув нуктаси суюқликнинг қайнаш ҳароратини белгилайди. Келгусида ушбу туташув нуктасидан то буғнинг конденсацияланиш чизиғи билан кесишгунча горизонтал чизиқ тортилади. Ушбу чизиқларнинг туташув нуктаси буғнинг конденсацияланиш ҳароратини белгилайди. Мазкур ҳарорат қиймати бўйича абцисса ўқидан буғнинг мувозанат таркиби  $y^*_1$  аниқланади.

Бинар системаларнинг мувозанат ҳолатдаги фазалари таркиби Д.П.Коновалов томонидан ўрганилган.

**Коноваловнинг биринчи қонунига асосан** ўзгармас қайнаш ҳароратида енгил учувчан компонентнинг буғ таркибидаги концентрацияси унинг буғ билан мувозанатда бўлган суюқликдаги концентрациясидан ҳар доим юқори бўлади. Демак аралашманинг мувозанат чизиғи диагонални юқори қисмидан ўтади (бу ҳолат 29.2-расмнинг в-схемасидан кўриниб турибди).

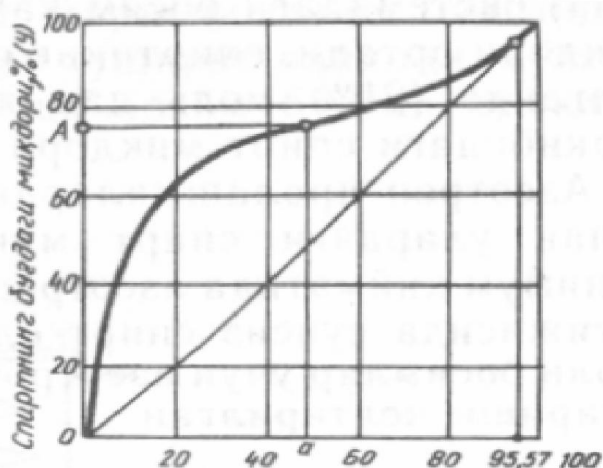
Коноваловнинг биринчи қонунига биноан “эритмага қўшилган компонент суюқлик билан мувозанатда бўлган буғ таркибини бойитиб, унинг босимини орттиради ёки суюқликнинг қайнаш ҳароратини пасайтиради”. Масалан, ректификация колоннасининг энг юқори тарелкасида қайнаётган сув-этил спирти аралашмасининг конденсацияга (суюқ фазага) спирт флегма шаклида қўшилса, аралашманинг қайнаш ҳарорати пасаяди ва буғ фазасининг спирт буғлари билан бойиш даражаси ортади.

Буғ босимининг эгри чизиғи максимум ёки минимумга эга бўлган эритмалар учун суюқлик фазасининг шундай таркиби маълумки, бундай шароитда ажралиб чиқаётган буғларнинг таркиби суюқлик фазасининг таркиби билан бир хил бўлиб қолади. Бундай аралашма азеотроп (алоҳида қайнатиладиган) аралашма деб аталади.

**Коноваловнинг иккинчи қонуни** азеотроп аралашма таркибини аниқлашга ёрдам беради: “Аралашманинг буғ босими (ёки қайнаш ҳарорати) экстремумларида суюқлик ва буғ фазаларининг таркиблари бир хил бўлиб қолади”.

Этил спирти-сув системаси азеотроп аралашмаларга мисол бўла олади. Нормал босимда суюқлик фазасидаги спиртниң 95,57 массавий фоизига буғ таркибидаги спиртниң 95,57 массавий фоизи тўғри келади. Бу нормал босимдаги спирт ва сувнинг азеотроп аралашмаси бўлади.

Бинар эритмаларнинг мувозанат эгри чизиқлари тажриба йўли билан курилади. 29.3-расмда этил спирти-сув системасининг мувозанат эгри чизиғи тасвирланган. Вертикал ўқда енгил учувчан компонент - спиртниң буғ таркибидаги концентрацияси ( $y$ ), горизонтал ўқда эса унинг суюқлик фазасидаги концентрацияси ( $x$ ) берилган.



29.3-расм. Этил спирти-сув аралашмасининг мувозанат эгри чизиғи.

Коноваловнинг биринчи қонунига асосан аралашманинг мувозанат чизиғи диагонални юқори қисмидан ўтади (бу ҳолат графикдан кўриниб турибди). Демак, буғ таркибидаги спирт концентрацияси суюқликдагига нисбатан юқори бўлади.

Коноваловнинг иккинчи қонунига асосан системанинг мувозанат чизиғи диагонални азеотроп аралашманинг таркибига мос келган нуқтада кеседи. Демак, ушбу нуқта нормал босимда азеотроп аралашманинг минимал қайнаш ҳарорати  $78.15^{\circ}\text{C}$  эканлигини кўрсатади.

Босимнинг ўзгариши билан система мувозанатининг ўзгариши юз беради, натижада буғ фазасининг мувозанат таркиби ўзгаради. Бу ўзгаришнинг моҳиятини аниқлаш учун М.С. Вревский томонидан иккита қонун таклиф этилган:

1. Бинар аралашманинг қайнаш ҳарорати (ёки босими) оширилса, суюқлик сатҳи юзасидаги буғларнинг таркибида буғланиши учун катта энергия талаб этиладиган компонентнинг нисбий миқдори ортади.

2. Буғининг учувчанлиги максимумга эга бўлган эритмаларнинг ҳарорати (ёки босими) кўтарилганда азеотроп аралашмаларда буғланиши учун катта энергия сарфини талаб этувчи компонентнинг нисбий миқдори ортади. Буғининг учувчанлиги минимумга эга бўлган эритмаларнинг қайнаш ҳарорати оширилганда эса азеотроп аралашмада буғланиши учун кам энергия талаб этувчи компонентнинг нисбий миқдори кўпаяди.

Вревский қонунига кўра, этил спирти-сув аралашмаси учун суюқликдаги спиртнинг концентрацияси кам бўлганда (21% моль гача) системадаги босимнинг камайиши билан буғ таркибидаги сув миқдори ортади; спиртнинг суюқликдаги концентрацияси юқори бўлганда (21% моль дан катта) босимнинг камайиши билан буғ таркибидаги спирт миқдори ортади.

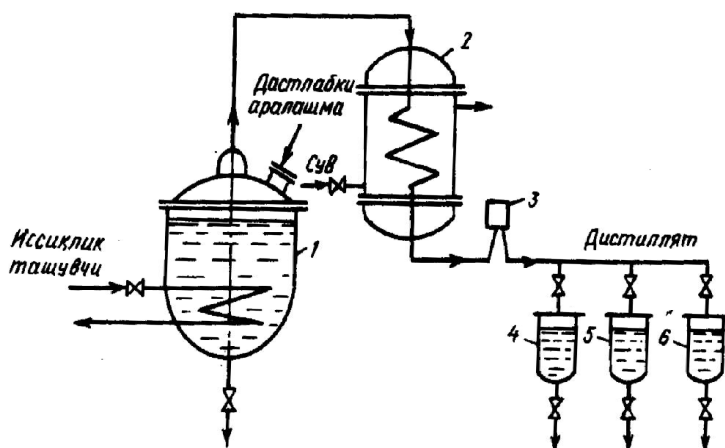
Азеотроп аралашмаларда эса системадаги босимнинг пасайиши билан улардаги спирт миқдори кўпаяди. Босимнинг муайян минимал қийматида азеотроп нуқта йўқолиб кетади ва ҳайдаш жараёнида сувсиз спирт олиш мумкин бўлади.

### Оддий ҳайдаш

Суюқлик аралашмаларини бир маротаба буғлатиш йўли билан қисман ажратиш жараёни оддий ҳайдаш деб аталади. Оддий ҳайдаш жараёни аралашма компонентларининг учувчанликлари ўртасидаги фарқ катта бўлганда қўлланилади. Саноат амалиётида оддий ҳайдаш жараёни фракцияли ҳайдаш, дефлегмация билан ҳайдаш ва сув буғи билан ҳайдаш каби усулларда амалга оширилиши мумкин.

**Фракцияли ҳайдаш.** Суюқликларни фракцияли ҳайдаш даврий ёки узлуксиз усулларда олиб борилади. Жараён мобайнида ҳайдаш кубдаги суюқлик аста-секин буғлатилади. Бу пайтда ҳосил бўладиган буғлар конденсаторга совутиш учун узатилади. Агар ҳайдаш жараёни даврий режимда олиб борилса, у ҳолда вақт ўтиши билан кубдаги қолдиқ суюқлик таркибида енгил учувчан компонентнинг миқдори камайиб боради. Натижада дистиллят таркибидаги енгил учувчан компонентнинг миқдори ҳам мутаносиб равишда камая боради. Шу сабабли, ҳайдаш ускунаси ишининг турли даврларида турлича таркибли дистиллят (фракциялар) ажратиш олинади. Турли хил таркибли маҳсулот олишга мўлжалланган суюқликларни ажратиш усули фракцияли ҳайдаш деб аталади.

29.4-расмда фракцияли ҳайдаш учун қўлланиладиган даврий ишловчи ускунанинг принципиал схемаси кўрсатилган.



29.4-расм. Оддий ҳайдаш ускунасининг принципиал схемаси: 1- ҳайдаш куби; 2- конденсатор-совуткич; 3- кузатув фонари; 4,5 ва 6- турлича фракцияли дистиллят йиғиладиган идишлар.

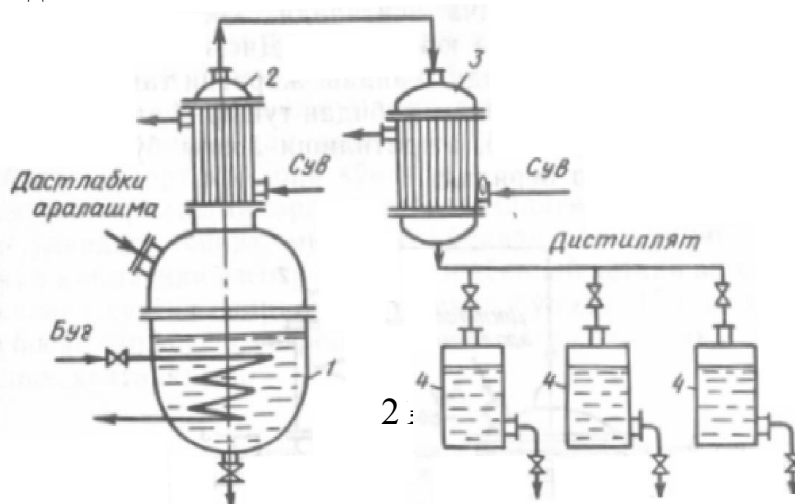
Кубдаги суюқликнинг қайнаши натижасида ҳосил бўлган буғлар конденсаторга 2 узатилади. Конденсаторда буғ змеевикнинг ташқи томонидан ҳаракатланаётган совуқ сув оқими таъсирида суюқликка айлантирилади. Ҳайдаш ускунаси ишининг турли даврларида олинган дистиллят фракциялари 4, 5 ва 6 идишларда йиғилади. Ҳайдаш жараёни тугаллангач, қолдиқ суюқлик кубдан тушириб олинади. Шундан сўнг ускунанинг иш цикли қайта такрорланади.

Оддий ҳайдаш жараёни атмосфера босими ёки вакуум остида олиб борилиши мумкин. Вакуум остида иссиқликка чидамсиз бўлган аралашмалар қайнаш ҳароратининг куйи чегараларида ажратилади.

**Дефлегмация билан ҳайдаш** усулида суюқлик аралашмасининг ажратилиш даражасини ошириш мақсадида дистиллят таркиби флегма ёрдамида бойитилади.

Дефлегмация билан ҳайдаш ускунасининг принципиал схемаси 29.5-расмда тасвирланган. Ҳайдаш кубидан 1 қайнаётган аралашма юзасидан кўтарилаётган буғлар дефлегматорга (кожух-трубкали совуткичга) 2 ўтади ва бу ерда буғлар қисман конденсацияланади. Бу пайтда ҳосил бўладиган конденсат (флегма) таркиби асосан қийин учувчи компонентдан иборат бўлади ва ҳайдаш кубига қайтиб тушади. Енгил учувчан компонент билан тўйинган буғлар кожух-трубкали конденсатор-совуткичга 3 ўтади ва бу ерда тўла конденсацияланади. Конденсатордан чиқаётган дистиллят тегишли идишларда 4 йиғилади. Жараённинг яқунланиши кубдаги қолдиқ суюқликнинг қайнаш ҳарорати бўйича белгиланади.

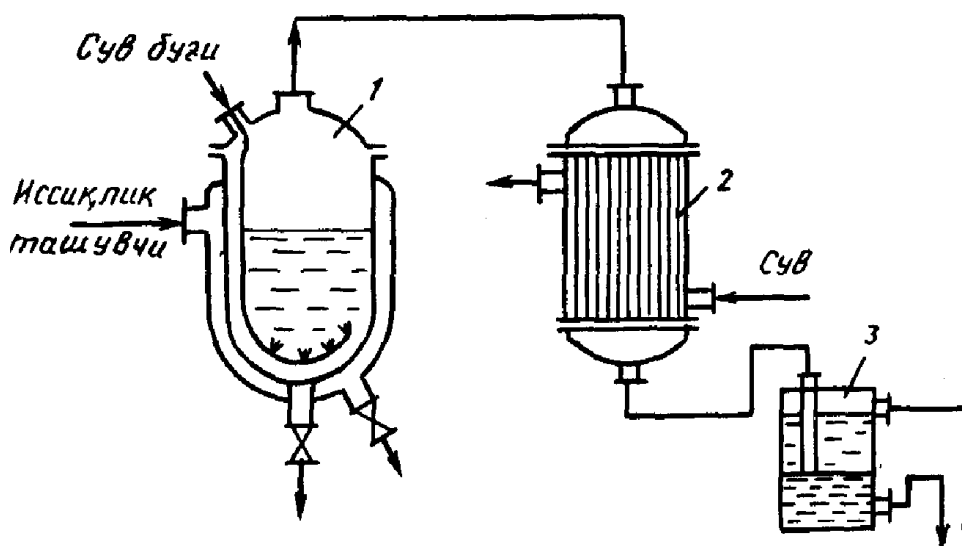
Таркиби асосан қийин учувчи компонентдан иборат қолдиқ куб тубидаги штуцер орқали туширилади.



29.5-расм. Дефлегмация билан ишловчи оддий ҳайдаш ускунасининг схемаси: 1- ҳайдаш кубиги; 2- дефлегматор; 3- конденсатор-совуткич; 4- дистиллят йиғиладиган сифимли идишлар.

**29.3.3. Сув буғи билан ҳайдаш.** Аралашманинг қайнаш ҳароратини пасайтириш учун жараён одатда вакуум остида олиб борилади. Чуқур вакуум ҳосил қилиш учун эса қўшимча маблағ талаб этилади. Шу сабабдан, аралашманинг қайнаш ҳароратини пасайтириш мақсадида унинг таркибига юқори ҳароратли сув буғи ёки инерт газ киритилиши мумкин. Агар аралашма компонентлари сувда эримаса, у ҳолда ҳайдаш кубига қўшимча компонент сифатида сув буғи киритилади. Бу усулдан 100°C дан юқори ҳароратларда қайнайдиган моддаларнинг аралашмаларини ажратиш ёки уларни тозалаш учун фойдаланиш мумкин.

Сув буғи билан ҳайдаш ускунасининг принципиал схемаси 29.6-расмда кўрсатилган. Ускунанинг асосий жиҳози буғ қобикли ҳайдаш кубидир. Кубдаги 1 аралашма унинг қобиғи орқали берилаётган кучсиз сув буғи билан қиздирилади. Шундан сўнг, аралашма таркибига барботёр орқали юқори ҳароратли сув буғи очик услубда берилади. Қайнаётган аралашма юзасида ҳосил бўлган иккиламчи буғлар конденсатор-совуткичга 2 узатилади. Бу ерда ҳосил бўлган конденсат (дистиллят ва сув аралашмаси) кузатув фонари орқали сепараторга 3 келиб тушади. Сепаратор сув ва унда эримайдиган енгил компонентдан иборат аралашмани ажратиш учун хизмат қилади. Сув сепараторнинг пастки қисмидан, гидравлик затвор орқали, чиқариб юборилади, унинг юқорги қисмидан эса дистиллят ажратиб олинади. Келгусида дистиллят махсус идишда йиғилади.



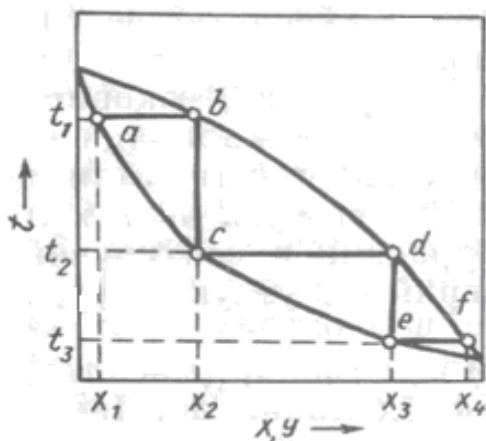
29.6-расм. Сув буғи билан ҳайдаш ускунасининг принципиал схемаси: 1- ҳайдаш кубиги; 2- конденсатор-совуткич; 3- сепаратор (сув ажратгич).

Сув буғи билан ҳайдаш жараёни ностационар режимларда, даврий ёки узлуксиз тарзда олиб борилиши мумкин.

## Ректификация

### Ректификация принципи

Ректификация усули билан бир жинсли суюқлик аралашмаларини таркибий компонентларга тўла ажратиш мумкин. Ректификация жараёнининг моҳиятини  $t$ - $x$ - $y$  диаграммаси орқали тушунтириш мумкин (29.7-расм).



29.7-расм. Бинар аралашмаларни ректификация усули билан ажратиш жараёнини  $t$ - $x$ - $y$  диаграммада тасвирланиши.

Диаграмманинг юқорисидаги эгри чизик буғ фазасининг таркибини белгилайди, пастки эгри чизик эса аралашманинг қайнаш ҳароратини ифодалайди.

Концентрацияси  $x_1$  бўлган дастлабки аралашма қайнаш  $t_1$  ҳароратигача қиздирилади, унинг ҳолати қуйи чизикдаги  $a$  нуқта билан белгиланади. Шундан сўнг, диаграмманинг юқориги чизиги бўйича суюқлик билан мувозанатда бўлган иккиламчи буғнинг ҳолати аниқланади ( $b$  нуқта). Иккиламчи буғ конденсацияланганда концентрацияси  $x_2$  бўлган суюқлик ҳосил бўлади ( $x_2 > x_1$ ). Демак, бу пайтда суюқлик енгил учувчан компонент билан бирмунча тўйинган бўлади. Ушбу суюқлик ҳам қайнаш ҳарорати  $t_2$  гача қиздирилганда ( $t_2 < t_1$ ) яна қайтадан буғ ҳосил бўлади ( $d$  нуқта), буғ конденсацияланганда эса  $x_3$  таркибли суюқлик олинади ( $x_3 > x_2$ ). Шу тарзда, бирин-кетин, бир неча маротаба, суюқликни буғлатиш ва ҳосил бўлган буғни конденсациялаш жараёнлари ўтказилиб, тайёр маҳсулот - дистиллят олинади. Дистиллят таркиби асосан енгил учувчан компонентдан ташкил топган бўлади.

Жараён якунида ҳосил бўладиган, таркиби асосан қийин учувчан компонентдан ташкил топган, қолдиқ суюқлик ҳолати диаграмманинг энг қуйи нуқтаси ( $f$  нуқта) координаталари билан тавсифланади.

Ректификация жараёни кўп тарелкали (поғонали) аппаратларда олиб борилади.

Ректификация жараёни даврий ва узлуксиз равишда, атмосфера босими остида, вакуумда ва атмосфера босимидан юқори босимларда олиб борилади.

### Ректификация усқуналари

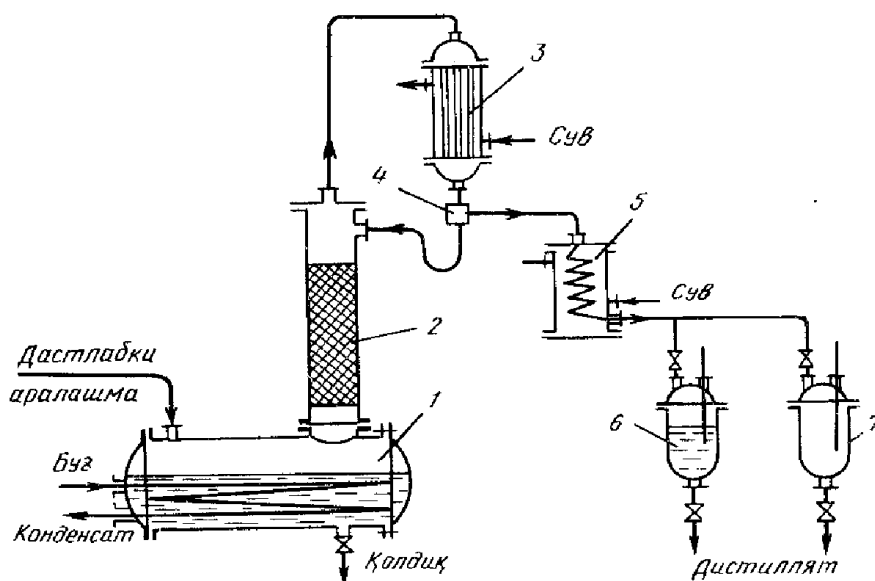
**Даврий режимда ишловчи ректификация усқуналари** кичик ишлаб чиқариш объектларида (масалан, вино пунктларида) қўлланилади (29.8-расм).

Ҳайдаш кубига 1 юкланган дастлабки аралашма аппарат ичига ўрнатилган змеевик воситасида, сув буғи ёрдамида, қайнаш ҳароратигача қиздирилади. Қайнаш жараёнида ҳосил бўлган буғлар ректификация колоннаси 2 тубидаги охириги тарелканинг пастки қисмига ўтади. Буғ колонна бўйлаб юқorigа кўтарилган сари енгил учувчан компонент билан тўйиниб боради. Дефлегматорда 3 конденсатланган дистиллятнинг бир қисми

(флегма) колоннага қайтариледи. Флегма колоннанинг энг юқорисида жойлашган биринчи тарелкага бериледи ва у келгусида тарелкадан тарелкага қуйилиб, қуйига томон ҳаракатланади. Бу пайтда суюқлик фазаси ўз таркибидаги энгил учувчан компонентни буғ фазасига беради.

Буғ ва суюқлик фазаларининг кўп маротабалик контакти натижасида буғ фазаси юқорига кўтарилган сари энгил учувчан компонент билан тўйиниб боради, пастга томон ҳаракат қилаётган суюқлик таркибида эса қийин учувчан компонентнинг миқдори ошиб боради.

Колоннанинг юқори қисмидан энгил учувчан компонентга бой буғлар дифлегматорга ўтади ва у ерда тўла ёки қисман конденсацияга учрайди. Конденсацияланиш жараёнида ҳосил бўлган суюқлик ажратгич 4 ёрдамида икки қисмга, дистиллят ва флегмага ажратилади. Охириги маҳсулот - дистиллят совитгичда 5 совитилгандан сўнг, 6 ва 7 йиғувчи идишларга юборилади.



29.8-расм. Даврий ишловчи ректификация ускунасининг схемаси: 1- ҳайдаш кубини; 2- ректификация колоннасини; 3- дефлегматорни; 4- флегма ажраткичи; 5- конденсатор-совиткичи; 6,7- дистиллят йиғиладиган идишлар.

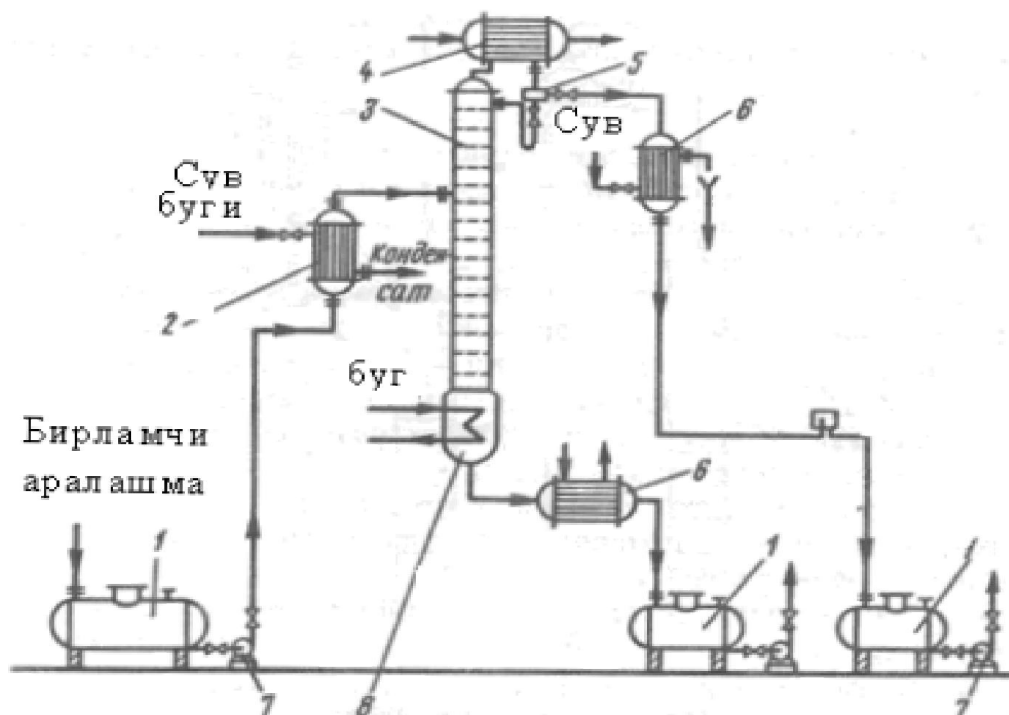
Кубдаги қолдиқ суюқлик таркибини қайнаш ҳарорати бўйича текшириб борилади. Агар текшириш пайтида суюқликдаги энгил учувчан компонент миқдори белгиланган минимал қийматга эга бўлса, жараён тўхтатилади ва қолдиқ туширилади. Шундан сўнг иш цикли қайтадан бошланади.

**Узлуксиз режимда ишлайдиган ректификацион ускуналар** саноат корхоналарида кенг миқёсда ишлатилади. 29.9-расмда бундай ускуналардан бирининг принципиал схемаси келтирилган. Ускуна таркибидаги асосий аппарат вертикал цилиндр шаклида ишланган ректификация колоннасинидир. Колоннанинг ичига тарелкалар ёки насадкалар жойлаштирилган бўлади.

Спиртли аралашма иситгичда 2 қайнаш ҳароратигача қиздирилади ва колоннанинг 3 таъминловчи тарелкасинга узатилади. Таъминловчи тарелка ректификация колоннасини иккита ишчи қисмга (юқори ва қуйи колоннага) ажратади.

Колоннанинг юқори қисмида кўтарилаётган буғнинг таркиби энгил учувчан компонент билан бойиб боради, натижада таркиби тоза энгил учувчан компонентга яқин бўлган буғлар дефлегматорга 4 бериледи. Колоннанинг қуйи қисмида пастга томон йўналган суюқлик таркибидан энгил учувчан компонент максимал миқдорда ажратиб олинади. Шу сабабдан, колоннанинг тубидан қайнатгичга 8 ўтаётган суюқликнинг таркиби

асосан қийин учувчан компонентдан иборат бўлади.



29.9-расм. Узлуксиз режимда ишловчи ректификация ускунасининг принципал схемаси: 1- дастлабки аралашма, куб қолдиғи ва ректификат учун сиғимли идишлар; 2- бирламчи аралашмани қиздирувчи аппарат; 3- ректификация колоннаси; 4- дефлегматор; 5- флегма ажраткич; 6- ректификат ва куб қолдиғини совутиш аппаратлари; 7- насослар; 8- қайнаткич.

Шундай қилиб, колоннанинг юқори қисми буғ таркибини бойитувчи қисм, колоннанинг қуйи қисми эса суюқликдан енгил учувчан компонентни максимал даражада ажратувчи қисм деб аталади.

Колонна тубига ёки ундан ташқарига ўрнатилган қайнаткичда 8 ҳосил бўлаётган бинар аралашма буғлари оқими колонна бўйлаб пастдан юқорига ҳаракат қилади. Суёқлик эса колонна тепасидан қуйи томонга ҳаракат қилади.

Колоннадан чиқаётган буғлар совуқ сув билан совитилувчи дефлегматорда 4 тўла ёки қисман конденсацияланади. Ҳосил бўлган суёқлик ажраткичда 5 икки қисмга ажралади. Биринчи қисм (флегма) колоннанинг юқори тарелкасига қайтарилади. Натижада колоннада суёқлик фазасининг пастга йўналган оқими юзага келади.

Конденсатор-совуткич 6 дефлегматорда тўлиқ конденсацияга учрамаган буғлар учун конденсатор, дистиллят учун эса совиткич вазифасини бажаради. Конденсатордан совутилиб чиқаётган ректификат алоҳида резервуарларга 1 йиғилади.

Колоннанинг туб қисмидан чиқаётган қолдиқ фракция ҳам икки қисмга ажратилади. Унинг бир қисми қайнаткичга юборилади, иккинчи қисм (қуйи маҳсулот) эса совуткичда 6 совитилгандан сўнг йиғувчи идишларга узатилади.

Ректификация колонналари, конструктив тузилишига кўра, асосан поғона контактли (тарелкали) ва узлуксиз контактли (плёнкали ва насадкали) колонналар гуруҳига ажратилади.

Ишчи қисмларининг (тарелка ва насадкаларнинг) тузилишига кўра ректификация колонналари абсорбция қурилмаларига ўхшаб кетади.

Ректификация колонналарини ҳисоблаш услублари ҳам турдош типдаги абсорбция

қурилмаларини ҳисоблаш услубларидан деярли фарқ қилмайди.

Ректификация колоннасини ҳисоблаш пайтида дастлаб унинг юқори ва қуйи колонналари алоҳида ҳисобланади, сўнгра унинг умумий ишчи баландлиги аниқланади. Ректификация колонналари, абсорберлардан фарқли равишда, қўшимча иссиқлик алмашилиш қурилмалари (иситгич, қайнатгич, ҳайдаш кубини, дефлегматор, конденсатор, совитгич) билан таъминланган бўлади. Бундан ташқари, атроф муҳитга тарқаладиган иссиқликнинг йўқолишини камайтириш учун ректификацион колонналар иссиқликни химояловчи материал қатлами билан қопланади.

Кимё саноатида қўлланиладиган ректификация колонналари асосан қалпоқчали типда ишланган контакт тарелкалари билан таъминланади. Тарелкалар оралиғидаги масофа ҳисобланади. Одатда бу қиймат, дастлабки аралашманинг хоссаларига кўра, 200; 300; 400; 500 ва 600 мм бўлиши мумкин.

Ректификация ускуналари ишининг самарадорлиги кўп жиҳатдан жараёни оптимал гидродинамик режимларда олиб бориш ва энергия (иссиқлик энергияси) ресурсларини тежашдан боғлиқ бўлади.

Энергия сарфини камайтириш учун қуйидаги ишларни бажариш тавсия этилади:

- аппаратларни иссиқликни химоя қилувчи материал қатлами билан қоплаш;
- жараёни оптимал флегма сони билан олиб бориш;
- иккиламчи иссиқлик оқимларидан самарали фойдаланиш (масалан, дастлабки аралашмани қайнаш ҳароратига яқин бўлган ҳароратларгача қиздириш учун);
- мумкин бўлган шароитларда қурилма кубинидаги суюқликни буғлатиш учун юқори ҳароратли сув буғини очиқ усулда бериш;
- иссиқлик насосини қўллаш;
- айрим шароитларда, масалан азеотроп аралашмаларни ректификациялаш пайтида, кўп босқичли (колонна) ускуналардан фойдаланиш.

Ректификация ускуналари ўлчов-назорат асбоблари ва бошқарув системалари билан таъминланади. Бу эса ускунада кечаётган жараёнларни автоматик тарзда бошқариш имконини беради.

**Назорат саволлари:** 1.Суюқликларни ҳайдаш йўли билан ажратишнинг моҳияти нимадан иборат? 2.Икки ёки ундан ортик компонентлардан ташкил топган бир жинсли суюқлик аралашмаларини ҳайдаб ажратишнинг қандай усуллари мавжуд? 3.“Енгил учувчан компонент”, “қийин учувчи компонент”, “дистиллят” ва “ректификат” атамаларига таъриф беринг. 4.Куб қолдиғи таркиби асосан қайси компонентдан иборат бўлади? 5.Суюқликларни фракцияли ҳайдаш усулини тушунтириб беринг. 6.Фракцияли ҳайдаш учун қўлланиладиган даврий ишловчи ускунанинг принципиал схемасини тушунтириб бера оласизми? 7.Дефлегмация билан ҳайдаш усули фракцияли ҳайдаш усулидан нима билан фарқ қилади? 8.Дефлегмация билан ҳайдаш ускунасининг принципиал схемасини тушунтириб беринг. 9.Қайси бир ҳолатларда сув буғи билан ҳайдаш усулидан фойдаланилади? 10.Сув буғи билан ҳайдаш ускунасининг схемасини тушунтириб беринг. 11.Ректификация жараёнининг моҳиятини тушунтириб беринг. 12.Ректификация жараёнининг моҳиятини тушунтирувчи t-x-у диаграмма қандай тартибда қурилади? 13.“Флегма” атамасига таъриф беринг. Нима сабабдан флегма ректификация колоннасининг юқори қисмига қайтарилади? 14. Идеал аралашмалар учун Раул қонуни қандай ифодланади? 15.Дальтон қонунига таъриф беринг. 16.Коноваловнинг биринчи ва иккинчи қонунларини тушунтириб беринг. 17.Азеотроп аралашма га таъриф беринг. 18.Вревский қонунларининг моҳиятини тушунтириб беринг. 19.Колонналик ректификация қурилмаси таркибига қандай ёрдамчи жиҳозлар киради? 20.Дефлегматорнинг асосий вазифаси нимадан иборат? 21.Ректификация колонналарида қайси бир турдаги контакт тарелкалари кенг қўлланилади? 22.Ректификацион колоннанинг тузилиши ва ишлаш принципини тушунтириб беринг. 23. Ректификация



жараёнининг моддий баланси ҳисоблари қай тартибда бажарилишини тушунтиринг. 24.Ректификация колоннасининг бойитиш қисми учун жараённинг ишчи тенгламасини қандай қўринишда ёзиш мумкин? Унинг қуйи қисми учун бундай тенгламани ёза оласизми? 25.Колоннага қайтарилаётган флегма миқдори қандай аниқланади? 26.Ректификация жараёнининг иссиқлик баланси ҳисоблари қай тартибда бажарилишини тушунтиринг. Бундай ҳисобларни бажаришдан мақсад нима?

### **Мавзу: Қуритиш жараёни Умумий маълумотлар**

Сочилувчан нам материаллар ва пастасимон маҳсулотларни қуритувчи агент ёрдамида сувсизлантириш жараёни **қуритиш** деб аталади. Модда алмашиниш жараёнининг бу турида модда (намлик) буғланиш йўли билан қаттиқ фаза (материал) таркибидан газ ёки буғ фазасига ўтади.

Қуритиш туфайли материалларнинг айрим хоссалари яхшиланади, уларни узоқ муддат сақлаш мумкин бўлади, ташиш ва қадоклаш осонлашади.

Нам материаллар механик ва физик-кимёвий услубларда ёки иссиқлик таъсирида сувсизлантиради.

Таркибда кўп миқдорда сув тутган материаллар дастлаб пресслаб сиқилади ёки марказдан қочма куч майдони таъсирида, центрифугалаш йўли билан, механик услубда сувсизлантирилади. Шундан сўнг, материалдаги қолдиқ намлик иссиқлик ёрдамида, қуритиш йўли билан, ҳайдалади. Қуритиш икки хил услубда - табиий ва сунъий йўл билан олиб борилади.

Табиий қуритиш, яъни очиқ ҳавода сувсизлантириш, узоқ вақт давом этади. Саноат корхоналарида эса қуритиш жараёни сунъий усулда, махсус қуритгичларда, иссиқлик агенти воситасида амалга оширилади.

Физик-кимёвий усул билан материалларни сувсизлантириш лаборатория шароитларида қўлланилади. Бу усул билан ёпиқ идишдаги материал таркибидан намлик ўзига сув тортувчи моддалар ( $H_2SO_4$ ,  $CaCl$  ва б.) ёрдамида ажратиб олинади.

Саноат корхоналарида нам материал ва иссиқлик ташувчи агентнинг ўзаро таъсир этиш усулига кўра қуйидаги қуритиш усуллари қўлланилади:

- конвектив қуритиш - нам материал билан қуритувчи агент тўғридан-тўғри аралашади;
- контактли қуритиш - нам материал ва иссиқлик агентининг ўзаро таъсири уларни ажратиб турувчи девор орқали амалга оширилади;
- радиацион услубда қуритиш - иссиқлик инфракизил нурлар орқали тарқалади;
- диэлектрик қуритиш услубида материал юқори частотали ток майдонида киздирилади;
- сублимацион қуритиш жараёнида материал дастлаб музлатилади, сўнгра чуқур вакуумда, намлик муз ҳолатидан тўғридан-тўғри буғ ҳолатига ўтказилади. Сублимацион қуритиш прогерессив услуб ҳисобланади, қўлланиш соҳалари кенг, аммо маҳсулот таннархи қиммат.

### **Нам ҳавонинг асосий параметрлари**

Нам ҳаво таркибини қуруқ ҳаво ва сув буғлари аралашмасидан иборат деб қараш мумкин. Нам ҳаво қуритиш жараёни мобайнида намлик ва иссиқлик ташувчи агент вазифасини бажаради. Айрим ҳолларда тутун газлари ёки уларнинг ҳаво билан аралашмасидан ҳам фойдаланилади.

Нам ҳавонинг ҳолати унинг абсолют намлиги, нисбий намлиги, нам сақлаши ва энтальпияси билан тавсифланади.

$1\text{ м}^3$  нам ҳаво таркибидаги сув буғларининг миқдори (кг) **абсолют намлик** дейилади ( $\rho_{с.б}$ ,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ). Агар нам ҳаво келгусида совутилса, маълум бир ҳароратда, ҳаво таркибидаги намлик шудринг сифатида ажрала бошлайди. Ҳавонинг ушбу ҳолатдаги ҳарорати **шудринг нуқтаси** деб аталади. Бундай шароитда ҳаво сув буғига максимал тўйинган ( $\rho_T$ ,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ) бўлади.

Ҳавонинг абсолют намлигини  $\rho_{с.б}$  унинг тўйиниш пайтидаги абсолют намлигига  $\rho_T$  нисбати **нисбий намлик**  $\phi$  (%) ёки **тўйиниш даражаси** дейилади.

$$\phi = \rho_{с.б} / \rho_T = P_{с.б} / P_T, \quad (30-1)$$

бу ерда  $P_{с.б}$ - нам ҳаводаги сув буғларининг парциал босими, Па;  $P_T$ - берилган ҳарорат ва умумий барометрик босим остида тўйинган сув буғларининг босими, Па.

Ҳавонинг нисбий намлиги психрометр ёрдамида аниқланади. Психрометр иккита термометрдан иборат бўлиб, уларнинг бирини шарчаси доимо ҳўлланиб турилади, иккинчиси эса қуруқ бўлади.

Намлик билан тўйинган ҳаводан қуритувчи агент сифатида фойдаланиш мумкин эмас. Ҳаводаги намлик қанчалик кам бўлса, ундан қуритувчи агент сифатида фойдаланиш имконияти шунчалик кенг бўлади.  $1\text{ м}^3$  абсолют қуруқ ҳавога тўғри келган сув буғлари миқдори ҳавонинг нам сақлаши ( $x$ ,  $\text{кг}/\text{кг}$  ёки  $d$ ,  $\text{г}/\text{кг}$ ) деб юритилади

$$x = m_{с.б} / m_{к.х} = \rho_{с.б} / \rho_{к.х} = 0,622 \phi P_T / (P - P_{с.б}), \quad (30-2)$$

бу ерда  $\rho_{к.х}$ - абсолют қуруқ ҳавонинг зичлиги,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $m_{с.б}$ - нам ҳавонинг берилган ҳажмидаги сув буғларининг массаси, кг;  $m_{к.х}$ - абсолют қуруқ ҳавонинг массаси, кг;  $P$ - нам ҳавонинг умумий босими, Па.

Ҳавонинг энтальпияси унинг нам сақлаши ва ҳароратига боғлиқ бўлади. Нам ҳавони энтальпияси унинг таркибидаги 1 кг қуруқ ҳаво миқдорига нисбатан олинади. Нам ҳаво энтальпияси  $J$  [ $\text{Ж}/(\text{кг}$  қуруқ ҳаво)] қуйидаги тенглама бўйича аниқланиши мумкин:

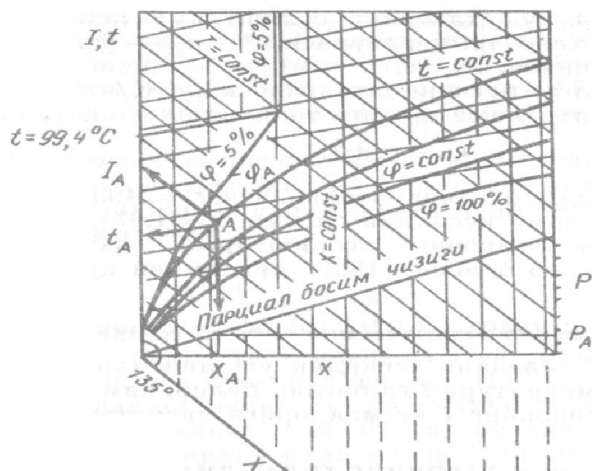
$$I = c_{к.х} t + x i_б = [(1000 + 1,97 \cdot 10^3 x) t + 2493 \cdot 10^3 x], \quad (30-3)$$

бу ерда  $c_{к.х} = 1000 \text{ Ж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ - қуруқ ҳавонинг солиштирма иссиқлик сиғими;  $t$ - ҳаво ҳарорати,  $^\circ\text{C}$ ;  $i_б$ - сув буғининг энтальпияси,  $i_б = c_б t + r_б$ ;  $c_б = 1,97 \cdot 10^3 \text{ Ж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ - ўта қиздирилган ҳолатдаги буғнинг ўртача солиштирма иссиқлик сиғими;  $r_б = 2493 \cdot 10^3 \text{ Ж}/\text{кг}$ - сув буғининг  $0^\circ\text{C}$  ҳароратдаги энтальпияси.

### Нам ҳавонинг ҳолат диаграммаси

Нам ҳавонинг асосий хоссалари ўртасидаги боғлиқликларни ифодаловчи  $I$ - $x$  (ёки  $I$ - $d$ ) ҳолат диаграммаси Л.К.Рамзин томонидан, ҳаво босимининг қиймати ўзгармас ( $P = 745 \text{ мм}$  симоб устуни ёки  $99 \text{ кПа}$ ) бўлган ҳолат учун тузилган (30.1-расм).

Диаграмманинг асосий ўқлари оралиғидаги бурчак  $135^\circ$ . Асосий ўқларга нам ҳавонинг энтальпияси  $I$  ( $\text{Ж}/\text{кг}$  қ.х.) ва нам сақлаши  $x$  ( $\text{кг}/\text{кг}$  қ.х.) қийматлари аниқ масштабларда жойлаштирилган.  $x$  қийматлари фойдаланиш учун қулай бўлган ёрдамчи горизонтал ўқдан топилади.  $I = \text{const}$  чизиклари ордината ўқига нисбатан  $135^\circ$  бурчак остида,  $x = \text{const}$  чизиклари эса ёрдамчи абцисса ўқига перпендикуляр ҳолатда жойлаштирилган.



30.1-расм. Нам ҳавонинг асосий хоссалари ўртасидаги боғлиқликларни ифодаловчи  $I$ - $x$  диаграмма.

Ушбу диаграммада ўзгармас ҳарорат ( $t=\text{const}$ ), ўзгармас нисбий намлик ( $\varphi=\text{const}$ ) ва сув буғининг парциал босими  $P_6$  чизиқлари ҳам жойлаштирилган.

$\varphi=100\%$  чизиғи диаграммани икки қисмга ажратади. Бу чизиқнинг юқори қисми диаграмманинг ишчи юзаси (тўйинмаган нам ҳаво соҳаси) деб аталади ва қуритиш жараёни ҳисобларида ундан фойдаланилади.  $\varphi=100\%$  чизиғининг қуйи қисми эса сув буғи билан тўйинган ҳаво ҳолатини ифодалайди ва қуритгичларни ҳисоблашда ишлатилмайди.

Ҳарорат  $99.4^\circ\text{C}$  га етганда тўйинган сув буғларининг босими ўзгармас барометрик босим қийматига ( $99 \text{ кПа}$ ) тенг бўлади. Бундай ҳолатда нисбий намлик ҳароратга боғлиқ бўлмайди ва амалий жиҳатдан ўзгармас қийматга эга бўлади. Шу сабабдан,  $t=99.4^\circ\text{C}$  бўлганда  $\varphi=\text{const}$  чизиғи юқорига кескин бурилиб, вертикал ўққа параллел бўлган ҳолатда жойлашади.

I-x диаграммаси ёрдамида нам ҳавонинг исталган икки параметри ( $t_0, \varphi_0$ ) бўйича унинг дастлабки ҳолатини белгиловчи нуқта  $A(t_0, \varphi_0)$  топилади, сўнгра бу нуқта ёрдамида нам ҳавонинг бошқа хоссаларини ( $x_0, J_0, \dots$ ) аниқлаш мумкин.

I-x диаграммасида нам ҳаво билан боғлиқ бўлган қуйидаги жараёнларни тасвирлаш мумкин:

- нам ҳавони иситиш ёки совутиш;
- турли параметрларга эга бўлган иккита ҳаво оқимларини аралаштириш;
- буғ-ҳаво аралашмаси таркибидаги сувни конденсацияланиши.

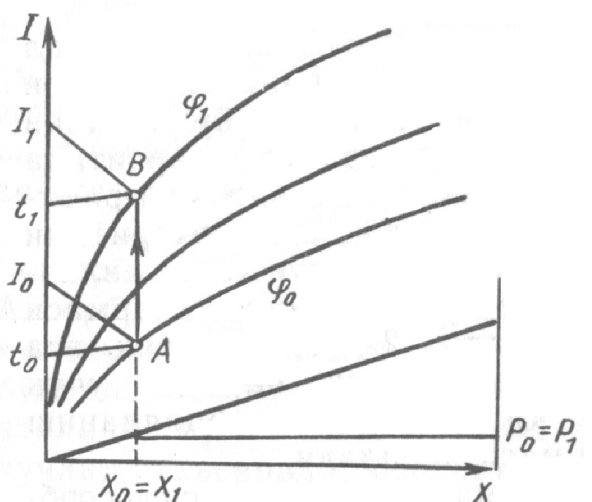
Қуйида нам ҳаво ҳолатини I-x диаграммада акс эттириш наъмуналарини кўриб чиқамиз.

**1. Нам ҳавони иситиш жараёни** (30.2-расм) калорифер ёрдамида амалга оширилади. Бу пайтда ҳавонинг намлик сақлаши ўзгармайди ва жараён  $x_0=\text{const}$  чизиғи билан ифодаланади. Ҳавонинг дастлабки ҳолати  $A(t_0, \varphi_0)$  нуқта билан белгиланади, унинг ҳарорати  $t_0$ , энтальпияси  $I_0$  ва нисбий намлиги  $\varphi_0$ .

Иситиш ҳарорати  $t_1$  қиймати бўйича  $B(t_1, \varphi_1, \varphi_0, x_1=x_0, I_1)$  нуқта ҳолати аниқланади. Хосил бўлган вертикал  $AB$  чизиқ ( $x_0=x_1=\text{const}$ ) қиздириш жараёнини ифодалайди. Ушбу чизиқ бўйича,  $\varphi=100\%$  чизиғи билан кесишув нуқтасига кўра, сув буғининг парциал босими  $P_0=P_1$  ўзгармаслигини кўриш мумкин.

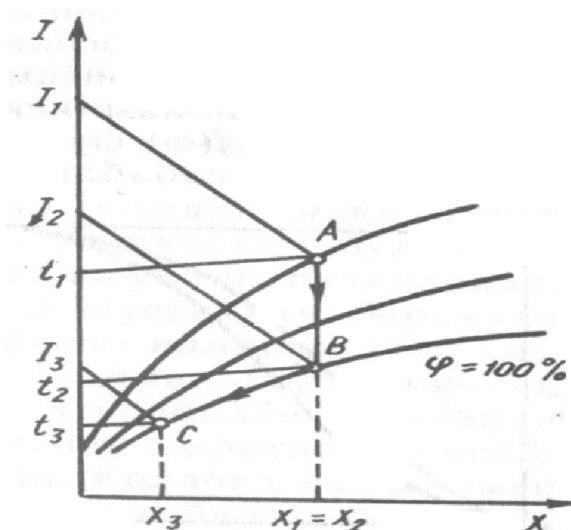
Қиздириш жараёнида ҳавони ўзига қабул қилган иссиқлик миқдори

$$\Delta I = I_1 - I_0, \text{ Ж/кг к.х.}$$



30.2-расм. Нам ҳавони қиздириш жараёнини I-x диаграммада акс эттирилиши.

2. Нам ҳавони совутиш жараёни. Ҳавонинг дастлабки ҳолати  $A(t_1, \varphi_1, I_1, x_1)$  нукта билан белгиланади. Совутиш  $x_1 = \text{const}$  чизиғи бўйлаб то  $B(t_2 < t_1, \varphi_2 < \varphi_1, I_2 < I_1, x_1 = x_2)$  нуктагача бўлган  $AB$  кесма билан тавсифланади. Совутиш жараёнида ҳавонинг нисбий намлиги ортиб боради ва унинг  $B$  нуктадаги қиймати  $\varphi = 100\%$  бўлади.  $B$  нуктага тўғри келган ҳарорат ( $t_2$ ) шудринг нуктаси дейилади. Совутиш жараёнида ажралиб чиққан иссиқлик миқдори  $\Delta I = I_1 - I_2$  бўлади.



30.3-расм. Нам ҳавони совутиш жараёнини  $I-x$  диаграммада акс эттирилиши.

Нам ҳаво ҳарорати  $t_0$  ва ҳўл термометр кўрсаткичи  $t_m$  ўртасидаги фарқ қуришиш потенциалли

$$\varepsilon = t_0 - t_m \quad (30-4)$$

дейилади.  $\varepsilon$  катталиги ҳавонинг материал таркибидаги намликни ўзига сингдириш хусусиятини тавсифлайди.

Совутиш жараёни (30.3-расм)  $\varphi = 100\%$  чизиғи бўйича ихтиёрий  $t_3$  ҳароратгача  $C(t_3, I_3, x_3)$  давом эттирилса, ҳаводаги сув буғи конденсациялана бошлайди. Бу пайтда ҳавонинг ўта совутилиши натижасида ортиқча намлик ажралиб чиқади ( $x_3 < x_2$ ), бироқ унинг нисбий намлиги ўзгармайди ( $\varphi = 100\%$ ). Бу жараён  $BC$  чизиқ бўйича боради.

### Қуришиш жараёнининг мувозанати

Қаттиқ материал ва нам ҳавонинг ўзаро таъсири пайтида икки хил жараён содир бўлиши мумкин:

- қуришиш – материал таркибидан намликни хайдалиши ( $P_m > P_x$ );
- намланиш – намликни материалга сўрилиши ( $P_m < P_x$ ).

Қуришиш пайтида сув буғининг материал юзасидаги парциал босими  $P_m$  камаяди ва буғнинг ҳаводаги парциал босими  $P_x$  қиймати чегарасига  $P_x = P_m$  яқинлашиб боради. Бундай ҳолат динамик мувозанат ҳолати деб, материалнинг бу пайтдаги намлиги  $\omega_m$  эса **мувозанат намлик** деб юритилади.

Материалнинг мувозанат намлиги  $\omega_m$  сув буғининг материал қатлами устидаги парциал босимиға ёки унга пропорционал бўлган ҳавонинг нисбий намлигига боғлиқ бўлади:

$$\omega_M = f(\varphi).$$

Мувозанат намлик қиймати ўзгармас ҳароратда ( $t = \text{const}$ ) тажриба йўли билан топилади.

Қуритиш жараёни механизми намликни материал билан боғланиш турига боғлиқ бўлади.

Қуритиш жараёнида физик-кимёвий ва физик-механик усуллар билан бириккан намликлар материал таркибидан ҳайдалади. Механик усул билан бириккан намлик (ёки эркин намлик) эса модданинг макро- ва микрокапиллярларида ( $10^{-7} > r > 10^{-7}$  мм) ва унинг юзасида жойлашган бўлади. Бундай намлик механик усуллар (одатда пресшлаш) ёрдамида ажратилади.

Физик-кимёвий йўл билан бириккан намлик адсорбцион ва осмотик бириккан намликлардан иборат бўлади.

Адсорцион намлик материалнинг юзасида ва унинг ғовақларида жойлашган бўлиб, молекулаларнинг куч майдони таъсирида мустаҳкам бириккан бўлади. Адсорбцион намлик иссиқликни ажралиш эффекти билан ҳайдалади.

Осмотик бириккан намлик (ёки бўкиш намлиги) материалнинг тўқималарида, осмотик кучлар таъсирида боғланган бўлади.

Материал таркибида физик-кимёвий йўл билан ушлаб турилган намлик **боғланган намлик** деб юритилади.

Намликни материал билан боғланиш турларини тавсифлаш учун сорбция-десорбция изотермаларидан фойдаланилади (30.4-расм).

Ушбу изотермаларни таҳлил қилиш ва озиқ-овқат маҳсулотларининг сорбцион ва масса ўтказиш хоссаларини билиш асосида уларни сақлаш шароитларини (ҳавонинг нисбий намлиги ва ҳарорати, ўрама материал тури) аниқлаш мумкин бўлади.

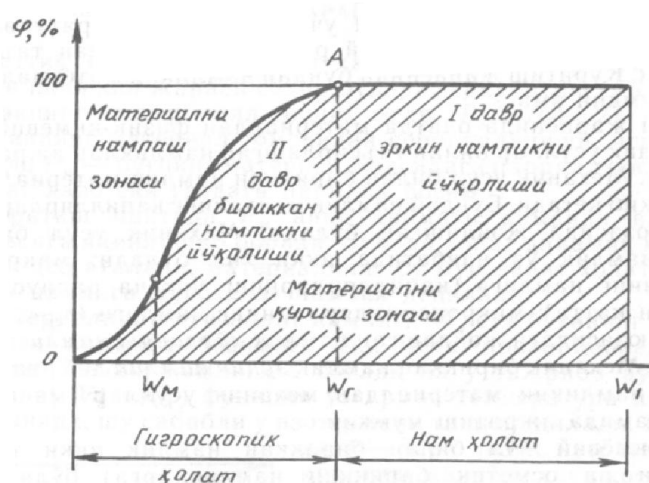
Маҳсулотнинг бошланғич намлиги  $W_0$  ва унинг охириги намлиги  $W_{\text{ок}}$  бўлсин. Намликнинг охириги қиймати унинг мувозат намлигига тенг бўлади, яъни  $W_0 = W^*$ . Намликни  $W_0$  дан то  $W^*$  қийматларгача ўзгариш чегараси қуритиш соҳаси дейилади. Бу соҳада материал таркибидан намлик ҳайдалади.



30.4-расм. Намликни материал билан боғланиш изотермаси.

Графикнинг гигроскопик  $W_r$  ва мувозанат  $W^*$  намликлар қийматлари билан чегараланган участкаси десорбция соҳаси дейилади. Мувозанат намликнинг эгри чизиғидан юқорида жойлашган соҳада (сорбция соҳаси) материал ўзига намликни тортади. Гигроскопик намлик материалнинг нам (эркин намлик) ва гигроскопик (боғланган намлик) ҳолатларини чегаралаб туради.

Қуритиш жараёнида материал намлигининг ўзгариши 30.5-расмда келтирилган. Материал таркибидаги намлик бўйича, сувсизлантириш зонаси (штрихланган) шартли равишда икки даврга бўлинади.



30.5-расм. Қуритиш жараёнида материал таркибидаги намликнинг ўзгариш графиги.

I даврда материал нам ҳолатда бўлади. Намликни  $W_1$  дан  $W_r$  қийматларгача ўзгариши мобайнида материал таркибидан эркин намлик ( $W_1 - W_r$ ) ажратиб чиқарилади.

II даврда материал гигроскопик ҳолатда бўлади.  $A(\varphi=100\%)$  нукта гигроскопик нукта деб, унга тўғри келган намлик эса гигроскопик намлик  $W_r$  дейилади.  $W_r$  материалдаги эркин ва боғланган намликлар чегарасига тўғри келади.

Материал таркибидан эркин намликни ажратиб чиқариш учун ҳар қандай нисбий намликдаги ( $\varphi < 100\%$ ) ҳаводан фойдаланиш мумкин.

Қуритилаётган материал таркибидан боғланган намликни ҳайдаш учун керакли миқдордаги нисбий намликка эга бўлган ҳаво ишлатилиши лозим. Бу пайтда материалнинг намлиги мувозанат намлигидан юқори бўлиши керак ( $W_m > W^*$ ). Материалнинг охири (товар) намлигига кўра ҳавонинг нисбий намлиги танланади.

### Қуритиш жараёни кинетикаси

Қуритиш жараёнида намлик дастлаб материалнинг ички қисмларидан (қатламларидан) унинг юзасига силжийди, сўнгра материал юзасидан буғланиб, қуритувчи агент (ҳаво) таркибига ўтади.

Материал таркибидан намликни буғланиб чиқиш тезлиги, яъни жараён интенсивлиги,  $m$  материалнинг бирлик юзасидан  $F$  вақт бирлиги  $\tau$  ичида буғланган намлик миқдори  $W$  билан ифодаланади:

$$m = W/(F\tau). \quad (30-5)$$

Намликнинг буғланиш тезлиги нам материал ва мухит ўртасидаги иссиқлик ва модда алмашилиш механизмига боғлиқ бўлади.

**Намликнинг материал юзасидан буғланиши** асосан сув буғининг қаттиқ материал юзасидан ҳаво оқимиға, ҳавонинг чегара қатлами орқали, ўтишиға (ташқи диффузия) асосланган. Бу йўл билан тахминан 90% намлик тарқалади. Ташқи диффузия жараёнининг ҳаракатлантирувчи кучи материал юзаси ва мухитдаги намлик концентрациялари ўртасидаги фарқ ёки унинг парциал босимлари айирмаси  $P_m - P_x$  билан ифодаланади.

Чегара қатламдаги ҳароратлар айирмаси таъсирида намликни ҳаракатлантирувчи термодиффузия ҳодисаси юзага келади. Термодиффузия орқали тарқалган намлик миқдори конвектив қуритиш жараёнининг ишчи ҳароратлари қийматидан боғлиқ бўлади.

Қуритиш тезлиги ўзгармас бўлган I даврда материал намлиги гигроскопик намликдан катта бўлади, материал юзасидаги сув буғи эса тўйинган ҳолатда бўлади ( $P_m = P_T$ ). Бу даврда намлик материалнинг ички қисмларидан унинг юзасига томон катта тезликда силжийди.

Материал юзасидан намликнинг буғланиши куйидаги тенглама орқали топилади

$$M = \beta(P_T - P_x)760/B, \quad (30-6)$$

бу ерда  $\beta$ - модда (ёки намлик) бериш коэффиценти;  $P_T$ - материал юзасидаги тўйинган сув буғининг парциал босими, Па;  $P_x$ - сув буғининг ҳаводаги парциал босими, Па;  $B$ - барометрик босим, Па.

Модда (намлик) бериш коэффиценти  $\beta$  критериял тенгламалар бўйича ҳисобланади [2,3,5].

**Намликни материал ичида силжиши.** Материалнинг ташқи юзасидан намликни буғланиши натижасида материал ичида намлик градиенти пайдо бўлади. Бу эса ўз навбатида материалнинг ички қатламларидан унинг юзасига томон намликнинг силжишини (ички диффузия) таъминлайди.

Қуритишнинг I даврида (қуритиш тезлиги ўзгармас бўлган даврда) материал ичидаги намликнинг ўзгариши катта бўлади. Бу пайтда қуритиш тезлиги асосан материал юзасидан намликнинг буғланиш тезлиги (ташқи диффузия) билан тавсифланади.

Келгусида, қуритишнинг II даврида, материал юзасидаги намлик гигроскопик намликка қадар камайиб боради ва ундан сўнг ҳам намликнинг камайиши давом этади. Бу пайтда жараённинг тезлиги асосан ички диффузияга боғлиқ бўлади ва тезлик қиймати бир меъёрга камайиб боради.

Қуритишнинг I даврида материал ичидаги намлик (капиллярлардаги ва осмотик бириккан) суоқлик ҳолатида тарқалади. Жараённинг II даврида мухит параметрлари ва ҳарорат таъсирида капиллярлардаги намлик ва осмотик бириккан намлик материал ичида фақат буғ ҳолатида силжийди.

Материалнинг юза қисми тўлиқ қуриб бўлгандан сўнг, буғланиш юзаси материалнинг геометрик юзасига нисбатан тобора камайиб боради. Бу пайтда намликнинг ички диффузия йўли билан силжиши алоҳида аҳамиятга эга бўлади. II даврда материал билан мустаҳкам боғланган адсорбцион намлик қаттиқ фаза ичида фақат буғ ҳолида тарқалади.

Намликнинг қаттиқ материал ичида тарқалиш ҳодисаси **намлик ўтказувчанлик** деб аталади, унинг тезлиги

$$m = - D_m dc/dn, \quad (30-7)$$

бу ерда  $D_m$ - нам ўтказувчанлик коэффиценти,  $m^2/c$ ;  $dc/dn$ - намлик концентрациясининг градиенти.

(30-7) тенгламанинг ўнг томонидаги (-) ишора намлиги юқори бўлган қатламдан намлиги кичик бўлган қатламга томон намликнинг силжишини кўрсатади.

$D_m$  қиймати намликнинг материал билан бирикиш турига, қуритиш ҳароратига ва материалнинг намлигига боғлиқ бўлиб, тажрибалар асосида аниқланади.

**Қуритиш тезлиги ва даврлари.** Қуритиш ускуналарини ҳисоблаш ва лойиҳалаш учун қуритиш тезлигини билиш лозим. Қуритиш тезлиги  $u$  вақт бирлиги  $d\tau$  мобайнида материал намлигининг  $dw$  камайиши орқали ифодаланади:

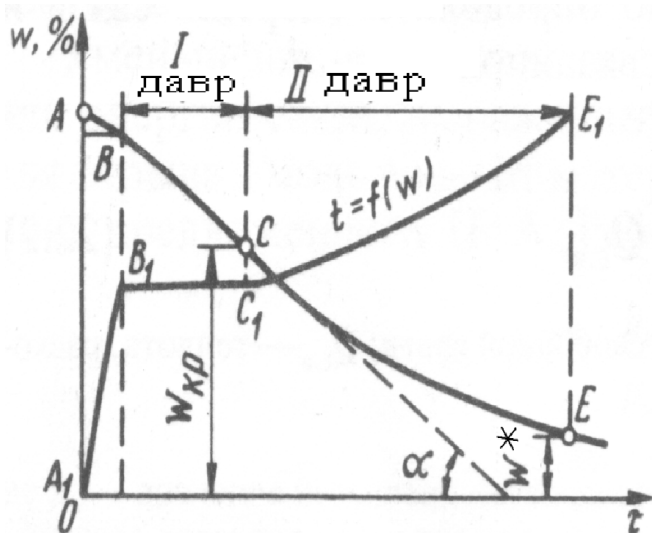
$$u = dw/d\tau. \quad (30-8)$$

Қуритиш тезлиги тажрибалар асосида аниқланилади.

Қуритиш тезлиги ва нам ҳаво параметрлари ўзгармас бўлганда ( $u = \text{const}$ ,  $t = \text{const}$ ,  $\phi = \text{const}$ ) материал намлигининг  $W$  вақт бўйича ўзгаришини ифодаловчи тасвирий боғлиқлик қуритиш жараёнининг эгри чизиғи дейилади.

30.6-расмда жараённинг эгри чизиғи - материалнинг ўртача намлиги ва қуритиш вақти ўртасидаги боғлиқлик ( $AE$ ) ва материал ҳароратини унинг намлигидан боғлиқлиги  $t=f(W)$  тасвирланган.

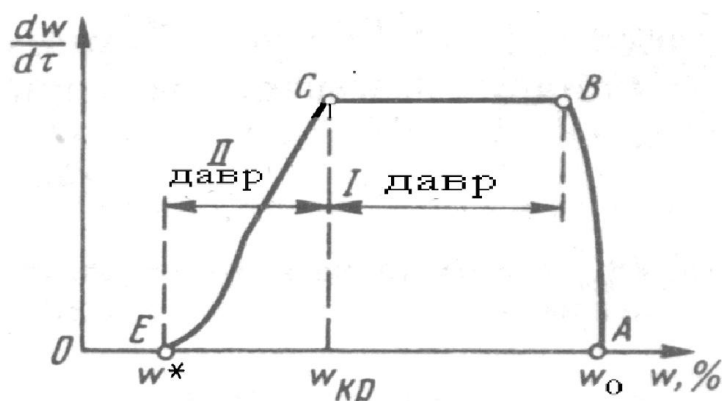
Жараённинг бошланғич босқичида материал иссиқ ҳаво таъсирида қуритиш ҳароратигача қизийди ( $AB$  чизик). Қизиган материалнинг ҳарорати  $t=f(W)$  чизикдаги  $B_1$  нукта ҳолати билан аниқланади. Материал қуритиш ҳароратгача қизиб бўлгач, жараён ўзгармас доимий тезликка эга бўлади (I давр,  $BC$  қия тўғри чизик). Ушбу даврда материал ҳарорати ҳўл термометр кўрсаткичига  $t_m$  тенг бўлади ( $B_1C_1$  кесма). Бу даврда материалнинг намлиги критик намликка тўғри келади ( $W=W_{кр}$ ) ва материалга берилаётган иссиқлик таъсирида ундан эркин намлик буғланиш йўли билан ажралиб чиқади.



30.6-расм. Қуритиш жараёнининг эгри чизиғи:  $AE$ - материал намлигини вақт мобайнида ўзгариши;  $A_1E_1$ - материал ҳароратини унинг намлигидан боғлиқлиги,  $t = f(W)$ .

$C(W=W_{кр})$  нуктадан сўнг қуритишнинг II даври бошланади. Бу даврда материал таркибидан боғланган намлик ажралиб чиқади ва материал ҳарорати  $C_1E_1$  эгри чизик бўйича ортиб боради. II даврда жараён тезлиги бир текисда камайиб боради ( $CE$  кесма), материалнинг намлиги эса мувозанат намликка тобора яқинлашиб боради ( $E$  нукта,  $W \rightarrow W^*$ ). Мувозанат намликка эришилгач материал таркибидан намликнинг ажралиши тўхтайтиди. Бу пайтда материал ҳарорати унинг ўраб турувчи қуритувчи агент ҳароратига тенглашади ( $E_1$  нукта). Аммо мувозанат намликка эришиш учун узоқ вақт талаб этилади.

Қуритиш тезлиги бўйича тўпланган маълумотлар асосида қуритиш тезлигининг эгри чизиғи қурилади (30.7-расм).



30.7-расм. Қуритиш тезлигининг эгри чизиғи.



Қуритиш жараёнининг I даврида қуритиш тезлиги ( $dw/d\tau = \text{const}$ ) горизонтал тўғри чизиқ (BC кесма) бўйлаб ўзгаради. II даврда эса  $dw/d\tau$  чизиғининг шакли материал структурасига, унинг шаклига ва намликни материал билан боғланиш турига боғлиқ бўлади. Шу сабабдан, CE чизиқнинг кўриниши 30.7-расмдаги шаклдан анчагина фарк қилиши мумкин. Ушбу даврнинг ўзи ҳам бир неча даврлардан иборат бўлиши мумкин.

Жараён  $W=W^*$  бўлганда тугайди.

### **Қуритиш ускуналарининг тузилиши ва ишлаш принциплари**

Саноат корхоналарида қўлланиладиган турли типдаги қуриткичлар қуйидаги белгиларга кўра туркумларга ажратилади:

- нам материалга иссиқлик бериш усулига кўра - конвектив ва контактли қуритгичлар;

- фойдаланиладиган иссиқлик ташувчи агент турига кўра - ҳаво, сув буғи ёки бошқа турдаги газлар билан ишловчи қуриткичлар;

- қуритиш камерасидаги ишчи босим қийматига кўра – атмосфера босими ёки вакуум остида ишловчи қуритгичлар;

- жараёни ташкил этилиши бўйича - даврий ва узлуксиз ишлайдиган қуриткичлар.

Конвектив қуритгичларда материал ва қуритувчи агент бир-бирига нисбатан тўғри (параллел), қарама-қарши ёки ўзаро кесишувчи (перпендикуляр) йўналишларда ҳаракат қилиши мумкин.

Қуритилаётган материал донадор, кукунсимон, пастасимон ёки суюқ ҳолатда бўлади. Донадор материаллар зич ёки кенгайтирилган қатламда, мавҳум қайнаш ва фонтансимон ҳолатларда қуритилади. Пастасимон ёки суюқ маҳсулотлар уларни пуркаш йўли билан қуритилади.

Қуритувчи агентнинг ишчи камерадаги босимини ҳосил қилиш учун табиий ёки мажбурий циркуляция ишлатилади. Қуритувчи агент (ҳаво) сув буғи, иссиқ сув ва қозонхона тутунлари билан билан ишлайдиган калориферларда ишчи ҳароратларгача қиздирилади.

Қуритиш жараёнида қуритувчи агентдан турли хил вариантларда фойдаланилади, масалан: ишлатилган қуритувчи агентни қуриткичдан чиқариб юбориш, ундан такроран фойдаланиш; қуритувчи агентни қуритиш камерасида қўшимча тарзда қиздириш, уни қуритиш камералари оралиғида қиздириш; қуритувчи агентни қуритиш камераларига бўлиб бериш; ўзгарувчан иссиқлик майдонидан фойдаланиш (иссиқ ва совуқ ҳавони материал қатламига кетма-кет алмаштириб бериш) ва ҳоказо.

Саноат корхоналарида конвектив усул билан ишлайдиган қуритиш қурилмалари кенг тарқалган. Бундай қурилмаларда жараён нам материал ва қуритувчи агентнинг бевосита контакти орқали амалга оширилади. Конструктив тузилишига кўра конвектив қуритгичларнинг камерали, туннелли (коридорли), шахтали, лентали, барабанли, шнекли, каруселли, мавҳум қайнаш қатламли, маҳсулотни сочиб берувчи, пневмотрубали ва бошқа турлари мавжуд.

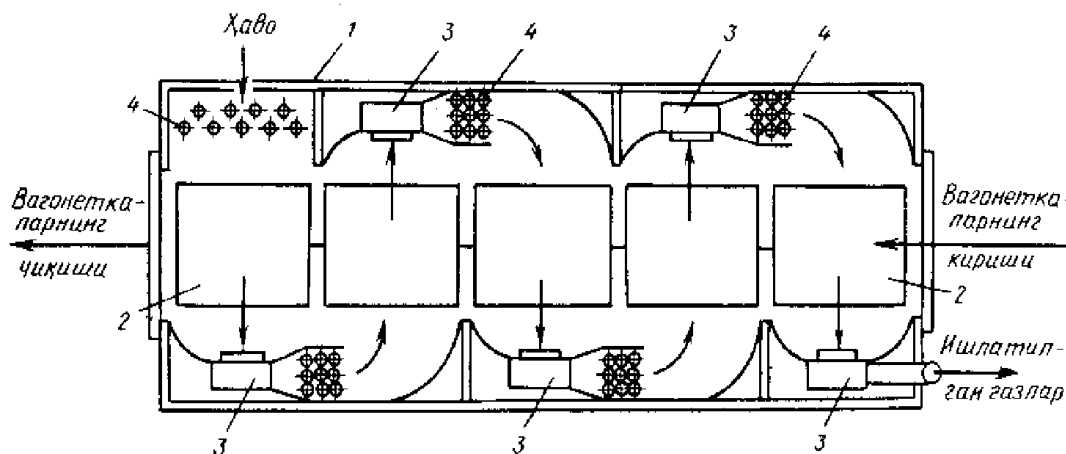
Конвектив қуритгичлар ишлаб чиқаришда қўлланилаётган барча турдаги қуритиш ускуналарининг тахминан 80% ини ташкил этади. Уларнинг деярли ярми сочилувчан материалларни қуритиш учун қўлланиладиган барабанли ускуналардир.

Қуйида озик-овқат саноати корхоналарида қўлланиладиган айрим қуритиш

ускуналарининг турлари ва уларнинг ишлаш принциплари билан танишамиз.

**Тунелли қуритгичлар** тўғри тўртбурчак кесим юзасига эга бўлган узун камерадан (коридордан) иборат бўлади (30.10-расм). Камеранинг баландлиги  $2,0 \div 2,5$  м, узунлиги эса  $25 \div 60$  м гача етади.

Қуритиладиган маҳсулот махсус кассеталарга жойлаштирилган ҳолатда вагонеткаларга юкланади. Камера ичига ўрнатилган темир йўл излари бўйлаб вагонеткалар механик чиғириклар ёрдамида секин-аста ҳаракатлантирилади.



30.10-расм. Тунелли қуритгич схемаси: 1- камера; 2- вагонетка; 3- вентилятор; 4- калорифер.

Қуритиш олдида коридорга олиб кирувчи ва ундан чиқадиган эшиклар зичлаб ёпилади. Калориферда қиздирилган ҳаво оқими вентиляторлар воситасида нам материалга нисбатан тўғри ёки қарама-қарши йўналишда ҳайдалади. Камерадаги ҳаво қисман рециркуляция қилинади.

Тунелли қуриткичлар нисбатан катта ўлчамли донатор материалларни атмосфера босими остида қуритиш учун ишлатилади. Қуриткичларнинг тузилиши содда, аммо қуритиш тезлиги кичик бўлганлиги сабабли жараён узок вақт давом этади ва бир меъёردа бормайди.

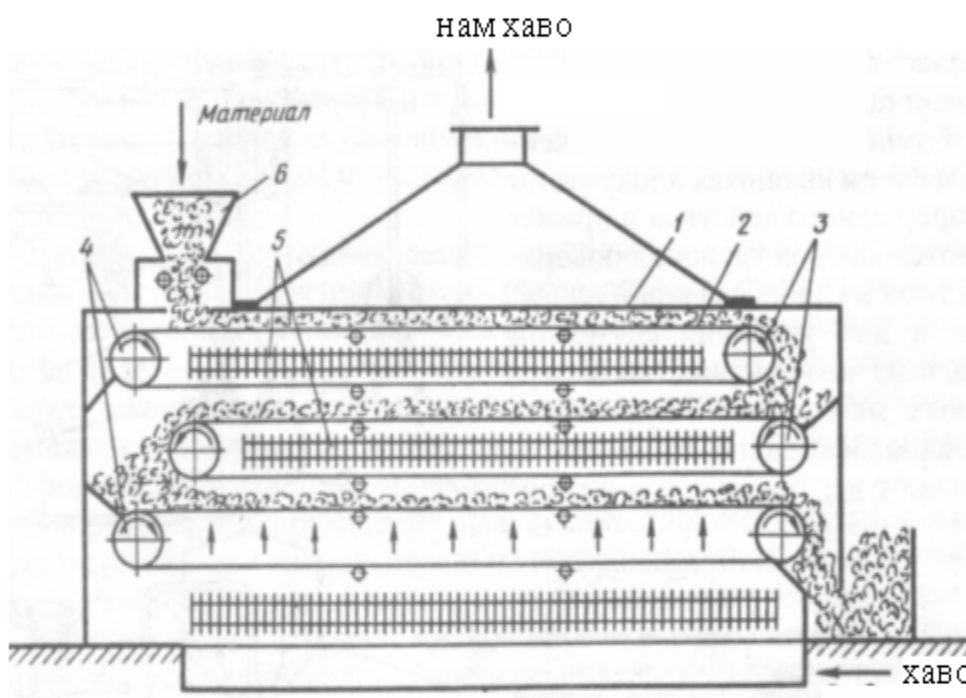
Тунелли қуриткичлар кичик корхоналар шароитида турли хилдаги мева ва сабзавотларни қуритиш учун қулай.

**Лентали қуриткичлар**да макарон маҳсулотлари, кесилган нон бўлаклари, тўғралган мева ва сабзавот каби нам материаллар атмосфера босими остида узлуксиз равишда қуритилади (30.11-расм).

Қуриткич ичига битта ёки ундан ортиқ лентали транспортёрлар ўрнатилади. Транспортёр ленталари металл симдан майда кўзли этиб тўқилган ёки перфорацияланган металл лента кўринишида тайёрланган бўлиши мумкин.

Қуритувчи агент қуриткичнинг тубида жойлашган калорифер орқали, камеранинг бутун юзаси бўйлаб юқорига, маҳсулот қатламига перпендикуляр ҳолатда кўтарилади. Нам материал эса қуриткич корпусининг юқорисида жойлашган юклаш туйнуғи орқали биринчи, энг юқорида жойлашган лента юзасига туширилади. Материал лента юзаси бўйлаб узлуксиз ҳаракатланади ва корпус деворларига ўрнатилган йўналтирувчи пластинкалар воситасида қуйида жойлашган навбатдаги лента юзасига туширилади. Қуритилаётган материални бир лентадан иккинчисига туширилиши пайтида материал

катламлари ўзаро алмашинади, яъни унинг остки қатлами юқорига, юқори қатлами эса қуйига тушиб қолади. Натижада материал ва қуритувчи агент ўртасидаги контакт юза доимо янгилашиб туради. Бу эса қуритиш самарадорлигини оширади.



30.11-расм. Лентали қуриткичнинг принципиал схемаси: 1- корпус; 2- лентали конвейер; 3- етакловчи барабанлар; 4- етакланувчи барабанлар; 5- калорифер; 6- материални юклаш туйниги.

Қуйидан юқорига томон ҳаракатланаётган иссиқ қуриқ хаво материал юзасидан буғланаётган намликка тўйинган ҳолатда усқунанинг юқори қисмидан чиқарилади.

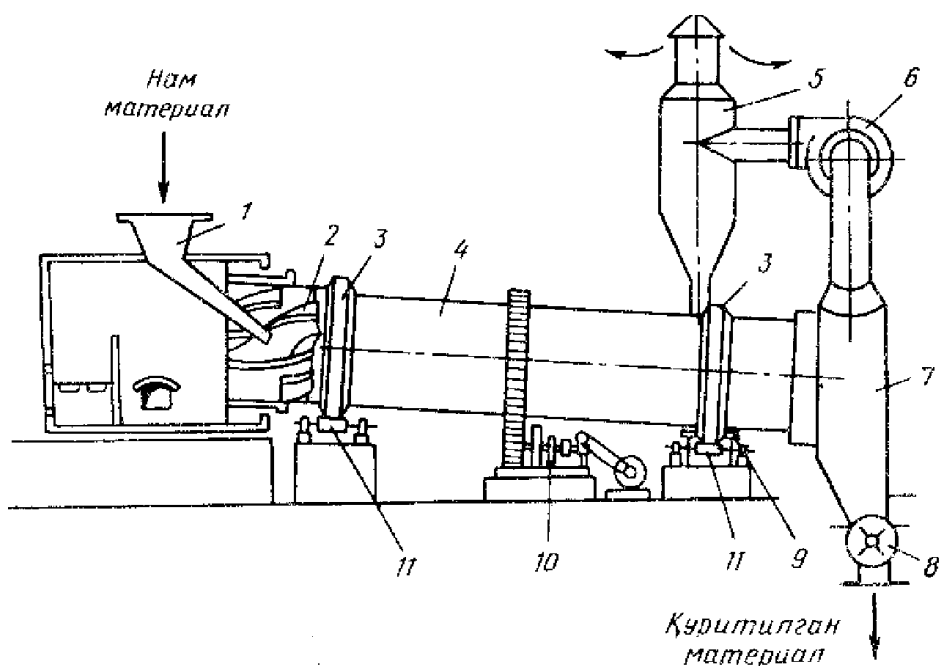
Лента юзасидаги маҳсулот қатламининг қалинлиги юклаш туйнугига ўрнатилган шибер воситасида ростланади.

Лентали қуриткичларнинг габарит ўлчамлари катта, солиштирма иш унумдорлиги кичик, солиштирма иссиқлик сарфи эса катта. Лентали қуриткични ишлатиш учун юқори қасб малакаси талаб этилади.

**Барабанли қуриткичлар** сочилувчан материалларни (масалан, шакарни) атмосфера босими остида узлуксиз равишда қуритиш учун ишлатилади. Усқунанинг асосий қисми цилиндрик барабандан иборат бўлиб, у горизонтга нисбатан  $3\div 6^\circ$  оғиш бурчаги билан жойлаштирилади (30.12-расм). Барабан бандаж ва роликлар ёрдамида ушлаб турилади. Барабан корпусга маҳкамланган тишли белбоғ ва редуктор орқали, электродвигатель ёрдамида айлантирилади.

Нам материал таъминлагич орқали қабул қилувчи винтли насадкага берилади. Бу ерда материал аралаштириш таъсирида бир оз қуриқ ва барабаннинг ички қисмига узатилади. Барабанни материал билан тўлиш даражаси 25 % дан ортмайди.

Барабаннинг бутун узунлиги бўйича турли хилдаги насадкалар 2 жойлаштирилади. Насадкалар барабаннинг кўндаланг кесим юзаси бўйлаб нам материални бир меъёрда тарқатиш ва аралаштиришни таъминлайди. Бундай шароитда материал билан қуритувчи агентнинг ўзаро таъсири самарали бўлади.

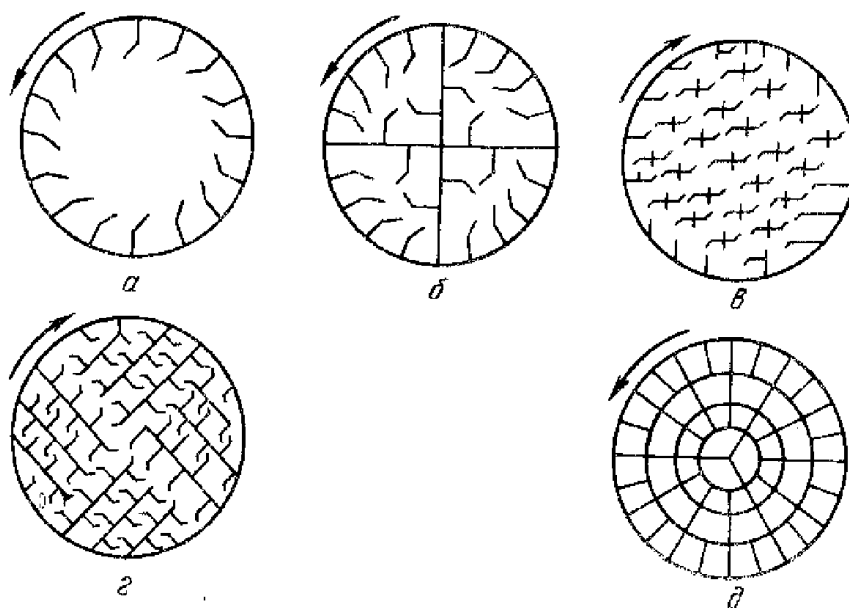


30.12-расм. Барабанли қуритгич схемаси: 1- юклаш бункери; 2- тарқатувчи куракчалар; 3- бандаж; 4- қуритувчи барабан; 5- циклон; 6- вентилятор; 7- бункер; 8- шнекли транспортёр; 9- тирговчи ролик; 10- редуктор; 11- таянч роликлари.

Барабан ичида материал ва қиздирилган ҳаво бир-бирига нисбатан параллел ёки қарма-қарши йўналишларда ҳаракатланиши мумкин. Барабандаги маҳсулотнинг ўта қизиб кетишини олдини олиш мақсадида жараён параллел йўналишда ташкил этилади, чунки бундай шароитда юқори ҳароратли қуритувчи агент катта намликка эга бўлган материал билан контактлашади. Майда сочилувчан материаллар учун ҳавонинг барабан ичидаги тезлиги  $0,5 \div 1,0$  м/с, катта бўлакли материаллар учун  $3,5 \div 4,5$  м/с дан ортмаслиги керак.

Ишлатилган ҳаво барабандан вентилятор 5 орқали сўриб олинади ва атмосферага чиқарилишидан олдин циклонда 5 маҳсулот чангидан тозаланади. Қуритилган материал туширувчи бункер 7 ва шнекли транспортёр 8 орқали барабандан ташқарига чиқарилади.

Қуритиладиган материал доналарининг ўлчамлари ва хоссаларига кўра барабанли қуриткичларда ҳар хил насадкалардан фойдаланилади (30.13-расм). Катта бўлакли ва қовушқоқ хусусиятга эга материалларни қуритиш учун кўтарувчи парракли насадкалар (30.13-расм, а-схема), ёмон сочилувчан, катта зичликка ва ўлчамга эга бўлган материалларни қуритиш учун эса секторли насадкалар (30.13-расм, в-схема) ишлатилади. Кичик бўлакли, тез сочилувчан материалларни қуритиш учун тарқатувчи насадкалар (30.13-расм, в- ва г-схемалар) кенг ишлатилади. Кукунсимон материалларни берк ячейкали довонсимон насадкалари бўлган барабанларда қуритиш мақсадга мувофиқ (30.13-расм, д-схема). Айрим шароитларда мураккаб насадкалардан фойдаланилади.



30.13-расм. Насадкаларнинг турлари: а- кўтарувчи парракли; б- секторли; в, г – тарқатувчи; д- берк ячейкали.

Барабан узунлигини унинг диаметрига нисбати  $L/D=3.5\div 7$  бўлиши тавсия этилади. Барабан диаметри 1200÷ 2800 мм, унинг айланишлар сони  $5\div 6$  мин<sup>-1</sup>.

Барабанли қуритгичларда материалнинг яхши аралаштирилиши натижада қаттиқ ва газ фазалари ўртасида узлуксиз контакт юз беради. Барабанли қурилмалар катта миқдордаги маҳсулотларни қуритиш учун ишлатилади. Уларнинг буғланаётган намлик бўйича иш унумдорлиги  $100\div 120$  кг/(м<sup>3</sup> соат).

**Назорат саволлари.** 1.Қуритиш жараёнининг моҳиятини тушунтириб беринг. 2.Қандай сабабларга кўра қуритиш жараёни мураккаб иссиқлик ва модда алмашиниш жараёни деб таърифланади? 3.Материалларни сувсизлантиришнинг қандай усуллари мавжуд? 4.Нам ҳавонинг асосий параметрларини тавсифлай оласизми? 5.Нам ҳавонинг I-x ҳолат диаграммаси ҳақида нималарни биласи? Ушбу диаграммада ҳавонинг ҳолати қандай тасвирланади? 6.Намлик материал билан қандай боғланган бўлади? 7.Намликни материал таркибидан буғланиш тезлиги қайси бир омилларга боғлиқ бўлади? 8.Қуритиш даврлари ҳақида нималарни биласиз? Қандай сабабларга кўра қуритиш даврини биринчи ва иккинчи даврларга ажратилади? 9.Қуритиш вақтини қандай аниқлаш мумкин? 10.Қуритиш жараёнларини I-x диаграммада тасвирлаш тартибини тушунтириб беринг. 11."Назарий қуриткич" ва "ҳақиқий қуриткич" атамаларига таъриф беринг. Улар ўртасида қандай фарқ бор? 12.Қуритгичлар қандай белгиларига кўра синфларга ажратилади? 13.Конвектив қуриткичларнинг қандай турлари мавжуд? 13.Туннелли қуритгичнинг тузилиши ва ишлаш принципини тушунтириб беринг. 14.Лентали қуритгичда қайси бир турдаги маҳсулотларни қуритиш мумкин? Унинг тузилиши ва ишлаш принципини тушунтириб беринг. 15.Барабанли қуритгичда жараён қандай амалга оширилади? 16.Сочиб берувчи қуритгичлар ҳақида нималарни биласиз? 17.Мавҳум қайнаш қатламли аппаратларда қуритиш жараёни қай тарзда амалга оширилади? 18.Валикли қуритгичларнинг тузилиши ва ишлаш принципини биласизми? Бу турдаги қуриткичларда қуритувчи агентнинг иссиқлиги материалга қай тарзда узатилади? 19.Сублимацион қуритгичларнинг ишлаш принципини тушунтириб беринг. Қандай сабабларга кўра сублимацион қуриткичлар саноатда кенг тарқалмаган?

## Мавзу: Қаттиқ материалларни экстракциялаш жараёни

### Умумий маълумотлар

Капилляр-ғовак структурали қаттиқ жисмлар таркибидан бир ёки бир нечта компонентни эритувчилар ёрдамида танлаб ажратиб олиш жараёни **экстракциялаш** деб аталади. Қаттиқ модда таркибидан ажратиб олинishi лозим бўлган компонент қаттиқ ёки эриган ҳолатда бўлиши мумкин. Компонентнинг физик-кимёвий хоссаларига кўра жараёни амалга ошириш учун тегишли эритувчи тури танлаб олинади. Озиқ-овқат саноатида эритувчилар сифатида асосан сув, айрим ҳолларда эса органик эритувчилар (масалан, экстракцион бензин, гексан, эфир, спирт ва спирт-сув аралашмаси ва х.) ишлатилади.

Экстракциялаш пайтида керакли компонент қаттиқ фазадан диффузия йўли билан суяқ фазага ўтади. Бу пайтда мураккаб қаттиқ жисмнинг негизи ўзгармай қолади, яъни у инерт – ташувчи вазифасини ўтайди.

Қаттиқ жисмларни экстракциялаш жараёни саноатнинг турли тармоқларида ишлатилади. Озиқ-овқат саноатида қанд лавлагидан шакар ажратиб олиш, ўсимлик уруғидан мой олиш, мева ва сабзавот шарбатлари тайёрлаш, мева чиқиндилардан пектин моддаларини ажратиб олиш каби жараёнларда экстракциялаш усулларида кенг фойдаланилади. Олинган экстракт одатда филтрланади, буғлатилади ёки кристалланади.

Озиқ-овқат технологиясида қаттиқ жисмларни суяқликда эритиш (масалан, тузли эритмалар, сироп ва х. тайёрлаш) жараёнлари ҳам кенг қўлланилади. Қаттиқ жисмнинг суяқлик фазасига тўла ўтиши **эритиш** деб аталади. Бу пайтда қаттиқ жисмнинг эримасдан қоладиган инерт негизи бўлмайди.

Қаттиқ материалларни экстракциялаш ва эритиш жараёнларининг умумий ва бир-биридан фарқ қиладиган томонлари мавжуд. Умумий томони шундаки, ҳар иккала жараён ҳам қаттиқ жисм - суяқлик системасида олиб борилади. Уларнинг бир-биридан фарқини қуйидагича тушунтириш мумкин.

Экстракциялаш жараёни икки босқичдан иборат бўлади:

- модданинг қаттиқ заррачалари ички қисмидан ташқи юзасига диффузия йўли билан ўтиши;

- модданинг диффузия жараёни туфайли қаттиқ заррача юзасидан чегара қатлам орқали суяқликнинг асосий массасига ўтиши.

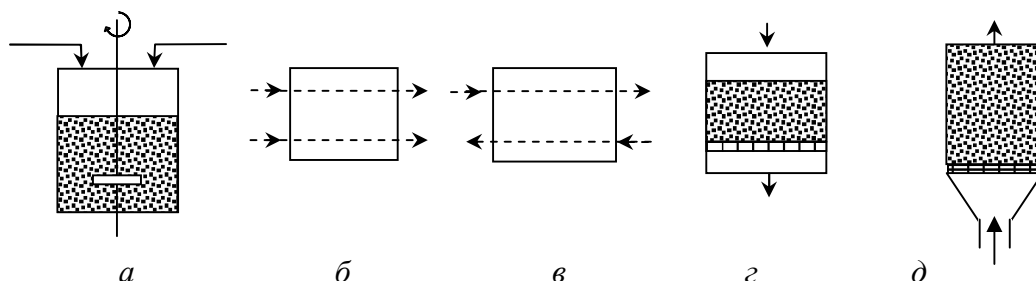
Эритиш жараёнининг тезлиги фақат иккинчи босқичнинг қаршилигига боғлиқ, чунки биринчи босқичда жараёни амалга ошириш учун қаршилик бўлмайди. Шу сабабдан эритиш жараёни экстракциялашга нисбатан анча тез кечади.

### Экстракция жараёнида фазаларнинг ўзаро таъсир эттириш усуллари

Қаттиқ жисм ва суяқликнинг ўзаро таъсирлашувига кўра, экстракциялаш ва эритиш жараёнлари қуйидаги турларга бўлинади: 1) чекланган ҳажмдаги даврий жараёнлар; 2) тўғри ёки қарама-қарши йўналишда ташкил этиладиган жараёнлар; 3) қўзғалмас қатламда ташкил этиладиган жараёнлар; 4) мавҳум қайнаш қатламида ташкил этиладиган жараёнлар (32.1-расм).

**Чекланган ҳажмдаги даврий жараён** одатда механик ёки пневматик аралаштиргичи бўлган аппаратларда олиб борилади. Аппаратдаги аралаштиргич воситасида материал заррачалари турли томонларга қараб ҳар хил тезликларда ҳаракат қилади. Қаттиқ заррачалар ҳаракатининг инерция кучи таъсирида суяқлик вақт ўтиши

билан ўзгарувчан тезликда ҳаракат қила бошлайди. Бундай гидродинамик режимда экстракциялаш ёки эритиш жараёни тезлашади. Жараён мувозанат ҳолатига яқинлашган сари қаттиқ жисм таркибидаги модданинг концентрацияси камайиб боради, суюқликка ўтган модда миқдори эса ортиб боради. Натижада ҳаракатлантирувчи кучнинг қиймати ҳам камаяди. Демак, чекланган ҳажмда олиб бориладиган жараёнлар нотурғун ҳисобланади, уларнинг самарадорлиги кам.



32.1-расм. Қаттиқ жисмларни экстракциялаш ва эритиш усуллари:

*a*– чегараланган ҳажмдаги даврий жараён; *б*– тўғри йўналишда ташкил этиладиган жараён; *в*– қарама-қарши йўналишда ташкил этиладиган жараён; *г*– қўзғалмас қатламда ташкил этиладиган жараён; *д* – мавҳум қайнаш қатламли жараён.

**Тўғри ёки қарама-қарши йўналишда ташкил этиладиган жараёнлар** узлуксиз ишлайдиган аппаратларда олиб борилади. Тўғри йўналишли жараёнларда қаттиқ материал ва эритувчи бир томонга ҳаракат қилади. Бунда экстракциялаш ёки эритиш жараёни кетма-кет жойлашган бир нечта (3÷6 тадан ортмаган) аралаштиргичли аппаратларда олиб борилади. Қаттиқ материал ва эритувчининг ўзаро таъсир натижасида ҳосил бўладиган аралашма (пульпа) бир аппаратдан иккинчисига ўз-ўзича оқиб ўтади. Бу схема бўйича жараённинг ҳаракатлантирувчи кучи бир поғонадан иккинчисига ўтиши билан аста секин камайиб боради. Бундай қурилмаларда қаттиқ материаллар таркибидан ажратиб олиннадиган модда миқдори бирмунча кўп бўлади.

Узлуксиз тарзда, материал ва суюқлик ҳаракати қарама-қарши йўналишда ташкил этилган жараёнларнинг самарадорлиги юқори бўлади. Бундай принципда ишлайдиган ускунанинг охириги аппаратига тоза эритувчи берилиши сабабли таркибида ажратиб олинаётган компонент кам қолган материал тоза суюқлик билан ювилади. Дастлабки материал қурилманинг биринчи аппаратида концентрацияси юқори бўлган эритма билан ишлов берилади. Натижада ускунадан чиқаётган эритма концентрацияси юқори бўлади.

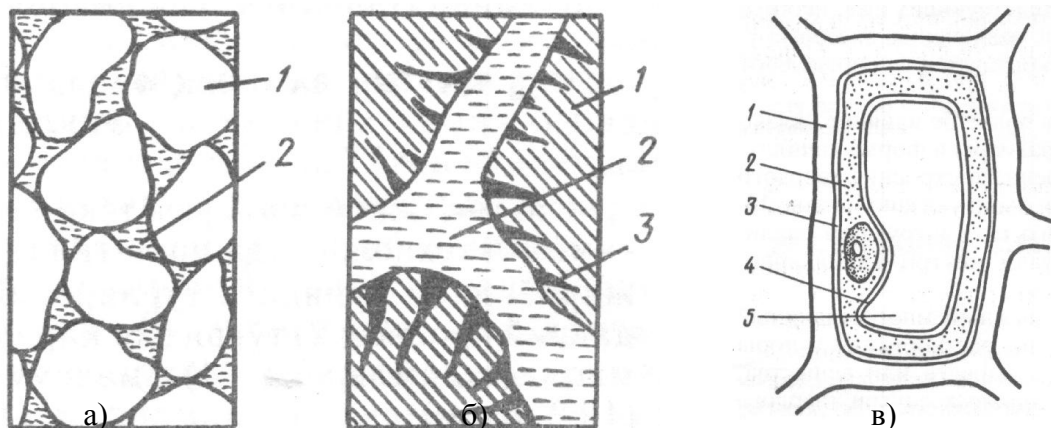
**Қўзғалмас қатламда ташкил этиладиган даврий жараёнда** аппаратга юкланган материалнинг ўзгармас баландликдаги қатлами орқали эритувчи ўтказилади. Қаттиқ материалларни эритиш жараёнида эса қатламнинг баландлиги вақт бўйича камайиб боради. Материал заррачалари қатламининг ҳар бир нуқтасидаги ва қатламдан чиқаётган суюқликнинг концентрацияси доимо ўзгариб туради. Шу сабабли ўзгармас қатламли жараёнлар ностационар (нотурғун) ҳисобланади.

**Мавҳум қайнаш қатламида ташкил этиладиган жараёнда** материал заррачалари аппаратнинг ғалвирсимон тўсиғи устига жойлаштирилади ва унинг остидан бериладиган эритувчи оқими таъсирида мавҳум қайнаш ҳолатига келтирилади. Экстракциялаш жараёнида заррачаларнинг сирт юзаси эритувчи билан тўлиқ контактда бўлиши сабабли фазалар ўртасидаги модда алашиниш жараёни тез боради.

Мавҳум қайнаш қатламли аппаратларнинг тузилиши содда, экстракциялаш ёки эритиш жараёни катта тезликда олиб борилади.

## Экстракциялаш ва эритиш жараёнларининг тезлиги

Қаттиқ материални экстракциялаш ёки эритиш жараёнлари кинетикасини ўрганиш асосида фазаларнинг ўзаро таъсир этиш вақти аниқланади. Жараён давомийлиги материал таркибидаги моддани белгиланган даражада ажратиб олиш учун етарли бўлиши керак. Бу пайтда материалнинг ички тузилиши (ғоваклар ва капилляр каналларнинг шакли ва ўлчамлари, заррачаларнинг кимёвий таркиби ва б.) масса ўтказиш тезлигига ўз таъсирини кўрсатади. Ғовак материалнинг мураккаб ички тузилиши (31.2-расм) унда кечаётган масса ўтказиш жараёнларини аналитик тавсифлашни қийинлаштиради.



31.2- расм. Ғоваксимон материалларнинг тузилиш схемаси: а- эриган моддани ажратиб олиш; б- қаттиқ моддани ажратиб олиш; 1- инерт негиз; 2- ғоваклар ичидаги суюқлик; 3- қаттиқ эрувчан модда; в- ўсимлик хужайрасининг тузилиши (1-хужайра қобиғи; 2- протоплазма; 3.4- ярим ўтказувчан мембраналар; 5- вакуоль).

Қаттиқ материал – суюқлик системасида экстракциялаш жараёни мураккаб бўлиб, асосан икки босқичда кечади:

1. Қаттиқ материал ичида модданинг ички диффузия (ёки модда ўтказувчанлик) ёрдамида тарқалиши. Ушбу жараён куйидаги тенглама орқали ифодаланади:

$$dM = -D_u \frac{dc}{dx} dF d\tau. \quad (31-1)$$

(31-1) тенгламага мувофиқ, қаттиқ фаза ичида модда ўтказувчанлик таъсирида ўтган модда миқдори концентрация градиентига  $dc$ , диффузия градиентига перпендикуляр бўлган юзага  $dF$  ва вақтга  $d\tau$  тўғри пропорционалдир. Тенгламанинг ўнг томонидаги пропорционаллик коэффициенти  $D_u$  ички диффузия ёки модда ўтказувчанлик коэффициенти деб юритилади.

2. Қаттиқ жисм юзасидан модданинг чегара қатлам орқали суюқликка модда бериш (ёки ташқи диффузия) йўли билан ўтиши. Бу пайтда тарқалган модданинг миқдори конвектив диффузия қонуни асосида топилади:

$$dM = \beta(C_a - C') dF d\tau, \quad (31-2)$$

бу ерда  $\beta$ - модда бериш коэффициенти;  $C_a$ - фазаларни ажратувчи юзадаги модда концентрацияси;  $C'$ - суюқлик оқими марказидаги модда концентрацияси.

(31-2) тенгламага асосан, қаттиқ жисм юзасидан суюқликка ўтган модда миқдори қаттиқ материал – суюқлик чегарасидаги ва суюқлик оқимининг асосий массасидаги концентрациялар фарқига, элементар юзага ва жараённинг вақтига тўғри пропорционалдир.

(31-1) ва (31-2) тенгламаларнинг ўнг томонини ўзаро тенглаштириб, фазаларни ажратувчи чегарадаги модда бериш жараёнининг дифференциал тенгламасини оламиз:



$$-D_u \frac{dc}{dx} = \beta \Delta C, \quad (31-3)$$

бу ерда  $dx$ - фазаларни ажратувчи чегара қатламининг қалинлиги.

Шундай қилиб, экстракция жараёнида модда ўтказиш тезлиги модда ўтказувчанликка ва модда беришга боғлиқ эканлиги (31-3) тенгламадан кўришиб турибди.

Экстракция жараёнида қаттиқ материал ичида ва унинг атрофини ўраб турувчи муҳитда концентрациялар қиймати вақт бўйича ёки аппаратнинг узунлиги бўйича ўзгариб туради.

Қаттиқ материал ичида концентрациялар қийматининг ўзгариш тезлигига қуйидаги омиллар сабаб бўлади:

- қаттиқ жисм ва тарқалаётган модданинг диффузион хоссалари ( $D_u$  коэффиценти орқали ифодалангани);

- қаттиқ жисм-суюқлик чегарасида модда ўтказиш шароитлари (жараённинг чегаравий шартлари);

- қаттиқ ва суюқлик фазалари миқдорларининг нисбати:

$$\frac{C'_\delta - C_o}{C'_\delta - C'_o} = n, \quad (31-4)$$

бу ерда  $C'_\delta$  ва  $C'_o$ - жараённинг бошланиши ва охирида суюқлик фазасидаги экстракцияланган модданинг концентрациялари;  $C_\delta$  ва  $C_o$ - жараённи бошланиши ва якунида қаттиқ фазадаги экстракцияланиши лозим бўлган модданинг концентрациялари;

$n = \frac{W}{N}$  - ўзаро контакт ҳолатида бўлган суюқлик миқдорининг  $W$  қаттиқ жисм миқдorigа

$N$  нисбати (гидромодуль);

- қаттиқ материал заррачаларининг шакли ва ўлчамлари.

Қаттиқ материал таркибидан ажратиб олинаётган модда концентрациялари қийматининг ўзгаришини билиш ва шунинг асосида экстракциялаш жараёнининг барча қонуниятларини аниқлаш учун диффузиянинг дифференциал тенгламасини ечиш ёки ўхшашлик назариясидан фойдаланиш лозим.

Дифференциал тенгламаларини ечиш анча мураккаб. Шу сабабдан, кўпчилик ҳолларда, тажриба натижалари ўхшашлик назарияси асосида қайта ишланади. Бунинг учун қаттиқ фазадаги экстракцияланаётган модданинг ўлчамсиз концентрацияларидан фойдаланилади:

$$\frac{c - c_m}{c_\delta - c_m} = f\left(Bi_g, Fo_g, \frac{x}{R}\right); \quad (31-5)$$

бу ерда  $c_m$  ва  $c_\delta$ - қаттиқ фазадаги экстракцияланаётган модданинг мувозанат ва дастлабки концентрациялари;  $c$ - қаттиқ фазанинг берилган нуқтасидаги  $\tau$  вақтга тўғри келган концентрация,  $x$ - берилган нуқтанинг координатаси;  $R$ - қаттиқ жисмни аниқловчи

геометрик ўлчами;  $Bi_g = \frac{\beta R}{D_u}$  – Био диффузия критерийси;  $Fo_g = \frac{D_u \tau}{R^2}$  – Фурье диффузия

критерийси;  $x/R$ - геометрик ўхшашлик симплекси.

Био диффузия критерийси қаттиқ материал - суюқлик чегарасида модда ўтказиш жараёнларининг ўхшашлигини белгилайди. Фурье диффузия критерийси эса қаттиқ фаза ичида модда ўтказувчанлик йўли билан модданинг тарқалиш тезликларининг ўхшашлигини белгилайди.

Турлича шаклдаги материалларни экстракциялаш борасидаги тажриба натижаларини қайта ишлаш асосида (31-5) тенгламадан жараённинг тезлиги ва самарадорлигини аниқлаш мумкин бўлади.

Қаттиқ материалларни эритиш жараёнида модда заррача юзасидан чегара қатлами орқали суюқликнинг асосий массасига ташқи диффузия йўли билан ўтади. Жараён фақат

битта боскичдан иборат эканлиги сабабли бу жараён экстракция жараёнига нисбатан анча тез боради.

Эритиш жараёнининг тезлиги модда бериш тенгламаси орқали аниқланади:

$$dM/dt = \beta F(c_{\text{тўй}} - c_a), \quad (31-6)$$

бу ерда  $dM/dt$ - жараённинг тезлиги, вақт бирлиги  $dt$  мобайнида эриган модданинг миқдорини кўрсатади;  $F$ - муайян  $t$  вақт ичида қаттиқ жисмнинг эриган юзаси;  $\beta$ - суюқлик фазасида модда бериш коэффициентини;  $(c_{\text{тўй}} - c_a)$ - жараённи ҳаракатлантирувчи куч қиймати;  $c_{\text{тўй}}$ - эритманинг тўйиниш концентрацияси;  $c_a$ - эритманинг асосий массасини ўртача концентрацияси.

Тажриба натижаларини қайта ишлаш йўли билан  $\beta$  коэффициенти қийматини ҳисоблаш учун тавсия этилган критериял тенгламалар [2,3,15] адабиётларда кенг ёритилган.

Эритма ҳароратини кўтариш, уни аралаштириш, қаттиқ жисмни бирламчи тартибда майдалаш каби усуллар билан эритиш тезлигини орттириш мумкин. Материал заррачаларининг ўлчамлари кичик бўлса, фазаларнинг контакт юзаси ортади. Ҳароратни кўтарилиши билан эритманинг қовушқоқлиги камаяди, натижада диффузия коэффициенти қиймати ортади. Эритмани аралаштириш туфайли заррача юзасини ювиб турадиган суюқлик тезлиги ортади. Бу эса чегара қатлам қалинлигини камайтириб,  $\beta$  коэффициенти қийматини орттириши мумкин.

### Экстракторларнинг тузилиши ва ишлаш принципи

Қаттиқ материалларни экстракциялаш ёки эритиш жараёнларини амалга ошириш учун ишлатиладиган қурилмалар принципаал жиҳатдан бир-биридан деярли фарк қилмайди. Агар бундай аппаратлар экстракциялаш мақсадида ишлатилса, уларни **экстракторлар** деб аталади. Агар аппарат қаттиқ материални эритиш учун ишлатилса, уни эриткич деб юритилади.

Экстракторларга қуйидаги талаблар кўрсатилади:

- экстракторнинг ишчи ҳажм бирлигига тўғри келадиган экстрактнинг миқдори, яъни унинг солиштирма иш унумдорлиги, катта бўлиши керак;
- ҳосил бўлаётган эритманинг концентрацияси мумкин қадар юқори бўлиши зарур;
- экстрактордан чиқаётган эритманинг ҳажм бирлигига тўғри келадиган энергия сарфи минимал бўлиши лозим.

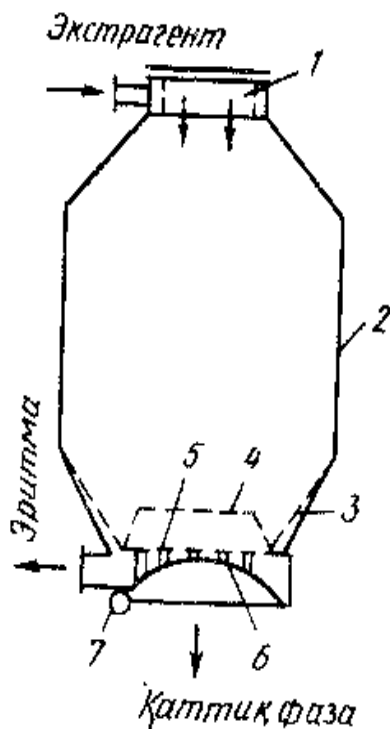
Экстракторлар даврий ёки узлуксиз режимларда ишлайди. Қаттиқ жисм ва суюқлик фазаларининг ўзаро йўналишига кўра, улар параллел йўналишли, қарама-қарши йўналишли ва аралаш йўналишли аппаратлар гуруҳига ажратилади. Суюқликнинг қаттиқ заррачалар атрофини айланиб ўтиш тезлигини ҳосил қилиш усулига кўра, ўзгармас қатламли, механик аралаштиргичи бўлган қатламли ва мавҳум қайнаш қатламли экстракторлар мавжуд.

Даврий ишлайдиган экстракторларнинг иш унумдорлиги кичиклиги сабабли улар кичик ҳажмли ишлаб чиқаришларда ишлатилади. Саноат корхоналарида асосан узлуксиз ишлайдиган экстракторлардан кенг фойдаланилади.

Экстракторларни танлашда қаттиқ фаза заррачаларининг ўлчами ва шакли, ҳосил бўладиган экстрактнинг концентрацияси ёки материалдан маҳсулотнинг чиқиш фоизи ҳисобга олинади.

Даврий ишловчи экстракторда (31.3-расм) қаттиқ материал қатлами кўзгалмас ҳолатда бўлиб, эритувчи қурилманинг юқориги қисмидан, махсус тарқатувчи тўсик орқали берилади. Жараён давомида эритувчи материал қатламидан филтрланиб ўтади. Бу пайтда қаттиқ материал таркибидан тегишли компонент суюқлик таркибига эриган ҳолатда ўтади. Экстракторнинг пастки қисмида ғалвирсимон тўсиклар жойлаштирилган бўлиб, улар орқали эритма сизиб ўтади. Қаттиқ материал қолдиғини қурилмадан тушириш пайтида қуйи қопқоқ ва ғалвирсимон тўсиклар қопқоқнинг ўқи атрофида муайян бурчакка

бурилади.



31.3- расм. Кўзгалмас қатламли экстрактор схемаси: 1- эритувчини тарқатувчи тўсик; 2- корпус; 3, 4 ва 5- ғалвирсимон тўсиклар; 6- қопқоқ; 7-қопқоқнинг ўқи.

Узлуксиз иш режимини ташкил этиш учун даврий режимда ишлайдиган бир неча экстрактор кетма-кет тартибда, бир-бирига уланади. Бундай ҳолатда экстракторлар батареяси ҳосил бўлади. Эритувчи эса материал йўналишига қарама-қарши йўналишда, кетма-кет барча экстракторлардан ўтади. Тегишли иссиқлик режимини ташкил этиш экстракторлар зарурий ҳолларда иссиқлик алмашиниш қурилмалари билан таъминланади.

31.4-расмда **пневматик аралаштиргичли экстракторнинг** принципаал схемаси келтирилган. Экстракторга қаттиқ материал ва суюқлик аралашмаси (суспензия) унинг пастки қисмида жойлашган патрубкка орқали берилади. Марказий циркуляция қузурига сиқилган ҳаво берилиб, аралашманинг қурилмада интенсив аралашуви таъминланади. Пневматик аралаштиргичли экстракторлар даврий ва узлуксиз технологик жараёнларни амалга ошириш учун қўллаш мумкин.

Ёғ-экстракция заводларида кунжара (ракушка) таркибидан пахта ёғини экстракцион бензин (эритувчи) ёрдамида ажратиб олиш учун шнекли ва лентали экстракторлардан фойдаланилади.

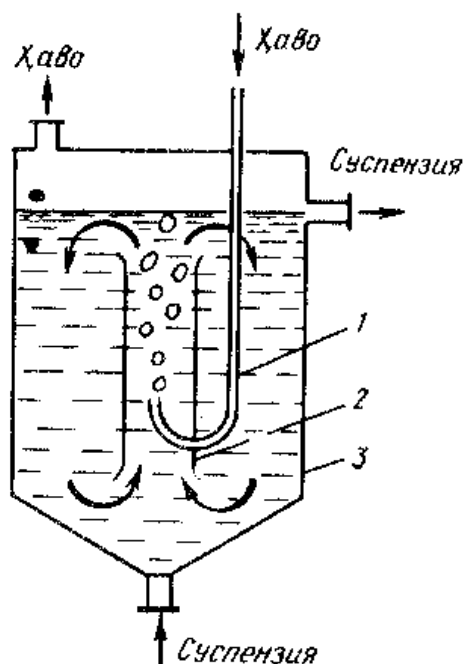
Узлуксиз ишловчи шнекли экстракторда (31.5-расм), материал таркибидан ўсимлик мойини максимал даражада ажратиб олиш мақсадида, жараён қаттиқ материал ва суюқлик фазаларининг қарама-қарши йўналишларида ташкил этилади.

Экстрактор учта асосий қисмдан: юклаш колоннаси 4, горизонтал шнек 2 ва нисбатан баланд бўлган экстракцион колоннадан 20 иборат бўлади.

Экстракция колоннасининг ҳар бир корпуси алоҳида 1250 мм ли царгалардан иборат бўлиб, фланецлар ёрдамида йиғилади. Корпус ичига ишчи шнеklar жойлаштирилади.

Колоннанинг кўндаланг кесими бўйича эритувчини эркин ўтиши учун шнеklar

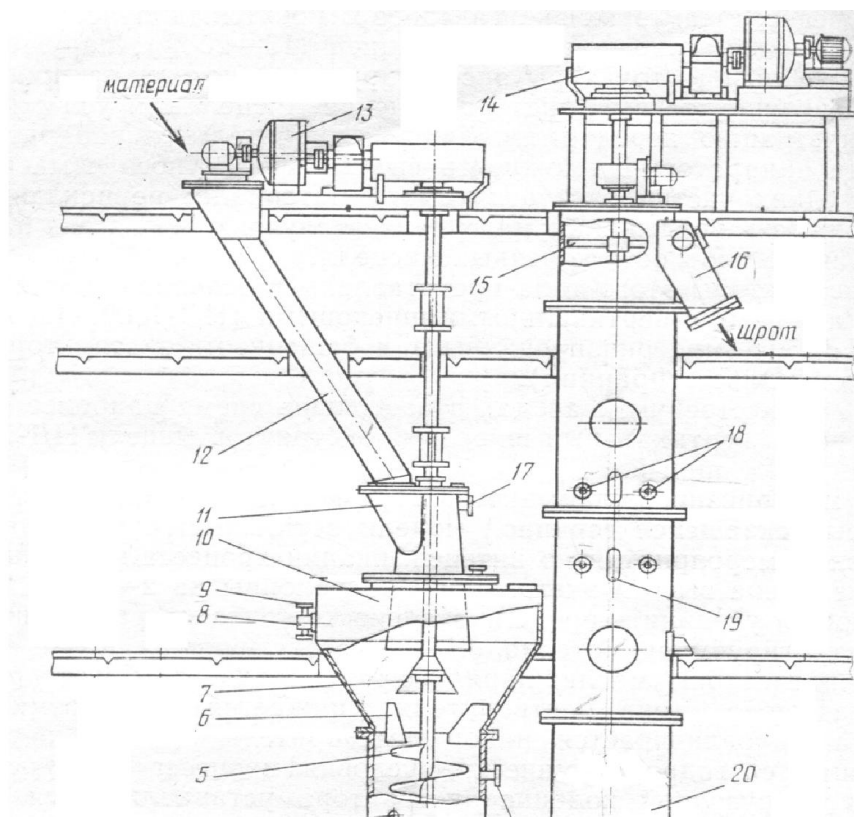
винтининг юзасига кўплаб миқдорда конуссимон шаклдаги тешиklar очилган бўлади. Бу тешиklarдан ўз босими остида ўтаётган материал ғовак гранула ҳолатига келади. Шу сабабдан, колонна бўйлаб юқорига кўтарилаётган эритма оқимини куйига йўналган гранулаларга шимилиши ҳам осонлашади.



31.4-расм. Пневматик аралаштиргичли экстрактор схемаси: 1- ҳаво берувчи қувур; 2- марказий циркуляция қувури; 3- корпус.

Юклаш колоннасидаги шнек ўрами 9.3 та, горизонтал шнек 3.5 та ва экстракция колоннасидаги шнек эса 27,5 ўрамли йиғма винтдан иборат бўлади. Шнек қисмлари махсус муфтлар ёрдамида бирлаштирилиб, битта яхлит бирикма ҳосил қилинади.

Курилмадаги учта шнекнинг ҳар бири индивидуал электр юритмалари 1,13,14 воситасида, кичик тезликларда ( $1/61 \div 1/85$  сек) айлантирилади. Юклаш колоннаси шнекининг айланишлари сонини ўзгартириш ( $1/80 \div 1/85$  сек) ва шу асосда материални экстракторда бўлиш вақтини бошқариш мақсадида унинг юритмаси вариатор билан таъминланган.



31.5-расм. Шнекли экстрактор схемаси: 1,13,14- шнеklar учун индивидуал юритмалар; 2- горизонтал шнек; 3- тикилган материални ювиш системаси; 4-юклаш колоннаси; 5- ишчи шнеklar; 6- йўналтирувчи пластина; 7- тақсимловчи зонт; 8- кузатув ойнали мисцелла тушириш патрубкasi; 9,17- ҳаво-газ аралашмасини чиқарувчи деаэрация патрубкalари; 10- декантатор; 11- марказий таъминлагич; 12- қия тарнов; 15- кунжарани чиқарувчи парраклар; 16- кунжара туширувчи тарнов; 18- эритувчи учун патрубкalar (форсункали); 19- кузатув фонарлари; 20- экстракция колоннаси; 21- туйниклар; 22- материал ҳаракатини секинлаштирувчи планкалар; 23- йўналтирувчи планка;

Ёғли материал юклаш колоннасининг кенгайтирилган қисмига (декантаторга) махсус тарновлар 12,11 орқали берилади. Декантаторнинг конуссимон қисмида материал филтрловчи қатлам ҳосил қилади. Шнек винтининг айланма ҳаракати туфайли қамраб олинган материал винт юзаси бўйлаб қуйига томонҳаракатлантирилади. Йўналтирувчи пластиналар 6 материални винт юзаси бўйлаб сирпанишини олдини олади.

Экстрактор қисмлари бўйлаб ҳаракатланаётган материал унга қарама-қарши йўналтирилган эритма оқими билан ёғсизлантирилади.

Экстракцияланаётган материал юклаш колоннаси тубидан, горизонтал шнек воситасида, экстракцион колоннанинг қуйи қисмига ўтказатилади. Бу ерда юқорига кўтарилаётган материал оқими қуйига йўналтирилган кучсиз эритма оқими билан тўқнашади. Шундай қилиб, таркиби мойга бой бўлган материал юқори концентрацияли эритма билан, ишлов бериш натижасида ёғсизлантирилган кунжара эса экстрактордан чиқишда тоза бензин билан ювилади.

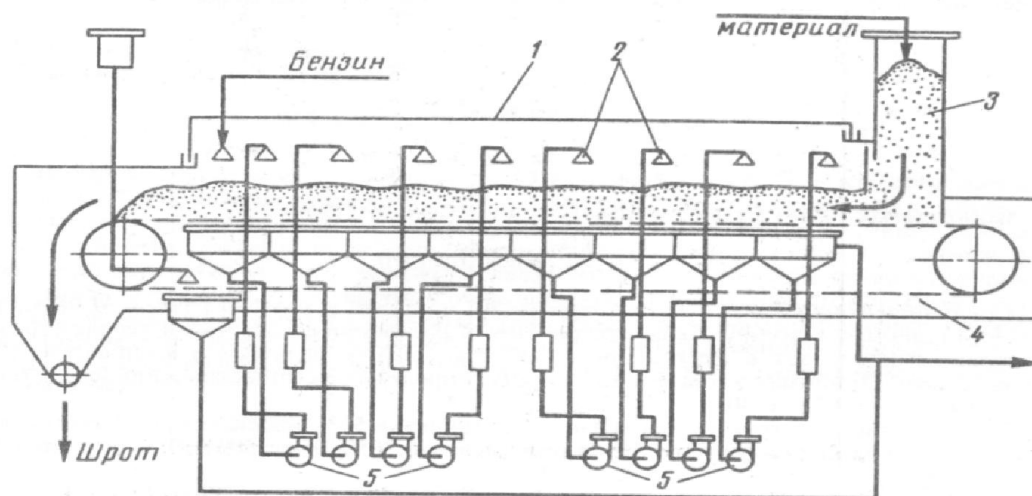
кўтарилаётган материал оқими қуйига йўналтирилган кучсиз эритма оқими билан тўқнашади. Шундай қилиб, таркиби мойга бой бўлган материал юқори концентрацияли эритма билан, ишлов бериш натижасида ёғсизлантирилган кунжара эса экстрактордан чиқишда тоза бензин билан ювилади.

Экстракция колоннаси бўйлаб юқори томон секин ҳаракатланаётган материал келгусида тушириш тешиклари сатҳига етиб боради ва тоза эритувчи билан ювилиб, силқитилади.

Шу тариха ёғсизлантирилган ва эритувчидан бирламчи тарзда ажратилган кунжара парраклар 15 воситасида ва тарнов 16 орқали экстрактордан туширилади. Келгусида, тостер ёрдамида, кунжара таркибидан эритувчи буғлантирилади. Концентрацияси 20-26% бўлган мисцелла юклаш колоннасининг юқори қисмидан, декантатордаги материал қатлами орқали филтрланиб, 8 патрубкка орқали экстрактордан чиқарилади.

**Узлуксиз режимда ишлайдиган лентали экстракторнинг принцииал схемаси** 31.6-расмда келтирилган. Лентали экстракторда майда янчилган материал (ракушка) таркибидаги ўсимлик ёғи эритувчи (бензин) воситасида ажратиб олинади.

Ёғли материал бункер 3 орқали металл симлардан тўқилган ёки перфорацияланган листлардан тайёрланган узлуксиз лентали транспортёр 4 устига туширилади. Лента секин ҳаракатланади, унинг юзасидаги материал қатламининг баландлиги (1 метргача) бункерга ўрнатилган шибер воситасида ростланади.



31.6-расм. Лентали экстрактор схемаси: 1- коробкосимон корпус; 2- суюқликни сочиб берувчи форсункалар; 3- бункер; 4- лентали транспортёр; 5- марказдан қочма типдаги насослар.

Материал таркибидан экстрактив моддаларни максимал даражада ажратиб олиш мақсадида жараён фазаларнинг нисбий ҳаракати мураккаблаштирилган схема бўйича (қарама-қарши ва перпендикуляр йўналишларда) олиб борилади. Бу пайтда экстрактордаги таркиби экстрактив моддаларга бой материал юқори концентрацияли эритма билан, ишлов бериш натижасида таркибий компонентлари камайган материал эса чиқишда тоза эритувчи билан ювилади.

Юқоридаги сабабларга кўра, экстрактор лентанинг узунлиги бўйича бир нечта секцияларга бўлинади. Ҳар бир секция эритувчи ёки эритмани сочиб берувчи форсунка 2, экстракт йиғувчи идиш, қиздиргич ва марказдан қочма типдаги насос 5 билан таъминланади.

Аппаратнинг охириги секциясидан чиқаётган (таркибида кам миқдорда экстрактив модда тугган) материал юзасига тоза эритувчи форсунка билан сочилади. Бу пайтда эритувчи ҳаракатдаги материал қатламидан перпендикуляр йўналишда сизиб ўтади ва унинг таркибидаги қолдиқ компонентни максимал даражада эритиб, паст концентрацияли эритма сифатида, лента остига жойлаштирилган йиғувчи идишга оқиб тушади.

Йиғувчи идишдаги эритма насос ёрдамида, қиздиргич орқали, аппаратнинг чап томонидан иккинчи саналувчи секциядаги форсункага узатилади. Аппаратнинг бу секциясидаги материал таркибида экстракцияланадиган модда миқдори нисбатан кўпроқ бўлади. Шу сабабли, иккинчи секциядаги материал қатлами кучсиз эритма билан

ювилганда нисбатан юқори концентрацияли эритма олинади. Цикл шу тарзда кетма-кет қайта такрорланаверади. Экстракторнинг ўнг томонидаги биринчи секцияда ҳаракатланаётган материал таркибида ажратиб олиниши лозим бўлган модда миқдори максимал даражада бўлади. Бу материал юқори концентрацияли эритма билан экстракцияланиши туфайли аппаратдан чиқарилаётган эритма концентрацияси максимал даражада бўлади.

**Назорат саволлари:** 1.Экстракция жараёнининг моҳиятини тушунтириб беринг. 2.Озиқ-овқат саноатида экстракция жараёнининг қўлланилиш соҳалари ҳақида нималарни биласиз? 3.Эритиш ва экстракция жараёнлари ўртасидаги ўхшашликлар ва фарқларни тушунтириб беринг. 4.Экстракция жараёнидаги фазаларнинг ҳаракати қайси бир усулларда ташкил этилиши мумкин? 5.Экстракциялаш ва эритиш жараёнларининг тезлиги ҳақида нималарни биласиз? 6.Экстракторларга кўрсатиладиган талаблар ҳақида нималарни биласиз? 7.Экстракторларни қандай белгиларга кўра синфларга ажратиш мумкин? 8.Шнекли экстракторнинг тузилиши ва ишлаш принципини тушунтиринг. Нима сабабдан бундай экстракторлар саноатда кенг қўлланилади? 9.Лентали экстракторда жараён қандай амалга оширилади? Ушбу типдаги экстракторларнинг қандай афзалликлари ва камчилликлари бор? 10.Экстракция жараёнининг моддий ва иссиқлик баланси ҳисобларини бажаришдан мақсад нима?

### **Мавзу: Кристалланиш жараёнлари Умумий маълумотлар**

Ўта тўйинган сувли эритмалар таркибидан тоза моддаларни кристаллар кўринишида ажратиб олиш жараёни **кристалланиш** дейилади. Жараён мобайнида ҳосил бўлган текис қиррали кристаллар бир жинсли қаттиқ модда бўлиб, улар турлича геометрик шаклларга эга бўлади. Кристалланиш жараёни ҳам эритиш жараёни каби суюқлик - қаттиқ жисм системасида амалга оширилади.

Кристалланиш жараёни сувли эритмадаги кристалланиши лозим бўлган қаттиқ фазанинг эрувчанлигини камайтириш орқали амалга оширилади. Бу пайтда эритма ҳарорати ўзгартирилади (совутилади) ёки эритувчининг бир қисмини буғлатилади. Натижада эритма ўта тўйинган ҳолатга ўтади ва қаттиқ модда эритмадан чўкма шаклида ажратилади.

Тўйинган эритма таркибидаги эриган модданинг миқдори эрувчанлик даражасини белгилайди. Эрувчанлик эриган модда ва эритувчининг хоссаларига, жараён ҳароратига ва эритма таркибидаги қўшимча компонентларнинг улушига боғлиқ. Тўйинган эритма ўз таркибида имкони борича кўпроқ миқдорда эриган модда ушлайди. Бундай ҳолатдаги эритма турғун бўлади.

Ўта тўйинган эритма эса ўз таркибида эрувчанлик хусусиятига нисбатан ортиқча

микдорда эриган модда ушлайди. Шу сабабли, ўта тўйинган эритмалар турғун бўлмайди. Ўта тўйинган эритмадан ортиқча эриган моддалар кристаллар шаклида ажралади, сўнгра эса эритма яна тўйинган ҳолатга ўтади.

Эритмалар қуйидаги усуллар билан ўта тўйиниш ҳолатига келтирилади:

- очиқ идишда эритувчининг бир қисмини буғлатиш (эритма ҳарорати унинг кайнаш ҳароратидан кам бўлган пайтда, яъни  $t < t_{\text{кай}}$ );
- қайнаётган эритма таркибидан эритувчининг бир қисмини буғлатиш;
- эритмага сувни ўзига тортувчи моддалар қўшиш;
- тўйинган эритмани совутиш туфайли унинг эритувчанлигини камайтириш.

Кристалланиш жараёнининг дастлабки босқичида эритмада кристалланиш марказлари пайдо бўлади, сўнгра бу марказлар атрофида кристалларнинг ўсиши юз беради. Кристалланиш марказларининг пайдо бўлиш тезлигига эритманинг ўта тўйиниш даражаси, ҳарорат, механик ҳаракат (масалан, аралаштириш тезлиги), аппарат юзасининг ғадир-будирлиги, таркибий қўшимча моддаларнинг борлиги (масалан, сирт актив моддалар) каби омиллар таъсир кўрсатади. Кристалланиш тезлиги дастлаб катта бўлади, сўнгра эса аста-секин камайиб боради. Ҳароратнинг ортиши билан кристалларнинг ўсиши тезлашади, чунки бу пайтда диффузия жараёни тезлашиб, молекулаларни қаттиқ фаза томон силжиши осонлашади.

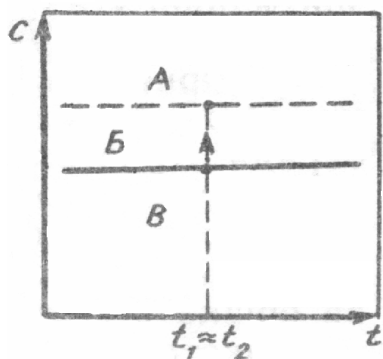
Саноат амалиётида кристалланиш жараёни қуйидаги кетма-кетликда амалга оширилади: кристалланиш; ҳосил бўлган кристалларни эритмадан ажратиш олиш; кристалларни ювиш ва қуриштириш. Озиқ-овқат саноатида кристалланиш жараёни шакар ва кондитер маҳсулотлари ишлаб чиқариш технологияларида кенг қўлланилади.

### Кристалланиш жараёнининг назарий асослари

Кристалланиш жараёни моддаларни суюқликларда (яъни эритувчиларда) эрувчанлик хоссаларига асосланади. Энг кўп қўлланиладиган эритувчилар қаторига биринчи навбатда сув киради. Органик моддаларни эритиш учун эса углеводородлар, спиртлар, эфирлар ва бошқа органик эритувчилар ишлатилади.

Эрувчанлик бирон-бир модданинг эритувчидаги концентрацияси ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ,  $\text{кг}/\text{кг}$ ,  $\text{кмоль}/\text{м}^3$  ва ҳ.) билан тавсифланади.

Маълум бир ҳароратлар чегарасида эрувчанликнинг эриган модда ва эритувчининг хоссаларидан боғлиқлиги **эрувчанлик эгри чизиги** орқали ифодаланади. Мисол учун, ош тузининг ҳолат диаграммасида (32.1-расм) эрувчанлик чизигини ҳароратга боғлиқлиги тасвирланган. Графикдаги А соҳа нотурғун соҳа ёки ўта тўйинган эритмалар соҳаси деб юритилади. Б соҳа нисбатан турғун, В соҳа эса турғун соҳа ёки тўйинмаган эритмалар соҳаси дейилади.



32.1-расм. Ош тузининг ҳолат диаграммалари: А- нотурғун соҳа ёки ўта тўйинган эритмалар соҳаси; Б- нисбатан турғун соҳа; В- турғун соҳа ёки тўйинмаган эритмалар соҳаси.

Нисбатан турғун соҳанинг чегаралари эритманинг ҳароратига  $t$ , уни совутиш тезлигига, аралаштирилиш даражасига ва бошқа омилларга боғлиқ бўлади.

Кристалланиш марказлари ўта тўйинган ёки совутилган эритмаларда ўз-ўзидан



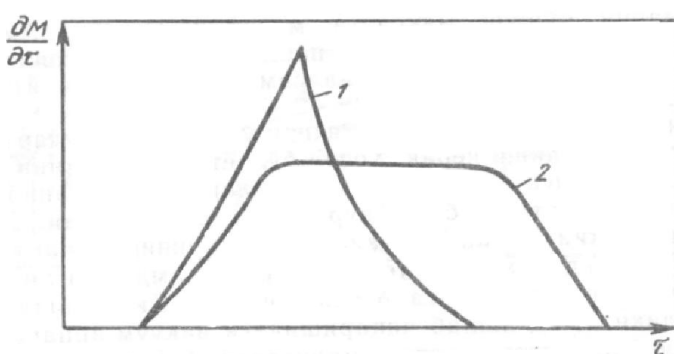
ҳосил бўлади. Бундай марказларнинг ҳосил бўлиш тезлигини орттириш учун амалиётда технологик аппаратга кристалл модданинг майда кукуни (масалан, шакар упаси) кўшилади.

Кристалл куртакларининг яхши ўсиши учун улар маълум бир ўлчамга эга бўлиши керак. Ҳосил бўлаётган куртакнинг ўлчами анча кичик бўлса у қайтадан молекулаларга парчаланиб кетади, агар ўлчами каттароқ бўлса куртак сақланиб қолади. Сақланиб қолиши мумкин бўлган кристалл куртакларининг ўлчами эритманинг тўйиниш даражасига, ҳароратига ҳамда эриган модда ва эритувчининг хоссаларига боғлиқ бўлади. Масалан, шакар ишлаб чиқариш тизимидаги вакум-буғлатиш аппаратларида сақланиб қоладиган кристалл куртакларининг ўлчами энг ками билан  $0,7 \cdot 10^{-5}$  мм, куртакдаги молекулаларнинг сони эса 200 та атрофида бўлиши кераклиги адабиётлардан маълум. Ҳосил бўлаётган куртакнинг сақланиб қолиш ҳолатига тўғри келган ўлчами критик ўлчам деб аталади. Юқорида кўрсатилган мисол учун шакар куртагининг критик ўлчами  $0,7 \cdot 10^{-5}$  мм га тенг.

Кристалл тўғри панжара сифатидаги фазовий тузилишига эга бўлиб, панжаранинг тугунларида кристаллнинг таркибига кирган ионлар, атомлар ёки молекулалар жойлашган бўлади. Сувнинг молекуласи кўпинча қаттиқ кристалл таркибига кирган бўлади. Шу сабабдан бундай кристалл кристаллогидрат деб аталади.

Кристал панжаралари симметриясининг 32 та кўриниши мавжуд бўлиб, улар 7 та гуруҳга бўлинади. Бу гуруҳлар бир ёки бир нечта ўхшаш симметрия элементларидан иборат бўлади: уч понали; кўп понали; ромбик; тригонал; тетрагонал; гексагонал ва кубик.

32.2-расмда кристалланиш тезлигининг вақт бўйича ўзгариши кўрсатилган. Графикдан кўришиб турибдики, эритманинг ўта тўйиниш даражаси катта бўлган пайтда кристалланиш тезлиги кескин ўзгаради. Эритманинг тўйиниш даражаси ортиши билан кристаллларнинг ўсишига нисбатан, кристалланиш марказларининг пайдо бўлиши тезроқ боради. Натижада майда кристалллар ҳосил бўлади. Йирик кристалли маҳсулот олиш учун эритманинг тўйинтириш даражасини секин-аста пасайтириш зарур.



32.2-расм. Кристалланиш тезлигининг вақт бўйича ўзгариши: 1- тўйиниш даражаси нисбатан катта бўлган эритма учун; 2- тўйиниш даражаси кичик эритма учун.

Кристаллларнинг шакли, ўлчамлари ва ҳосил бўлаётган маҳсулотнинг тозалик даражаси кристалланиш режимидан боғлиқ бўлади.

Даврий кристалланиш жараёни кристалл куртакларининг ҳосил бўлиши ва уларнинг келгусида ўсиш босқичларидан иборат бўлади. Узлуксиз кристалланиш режимида эса ҳар иккала босқич бир вақтнинг ўзида кечади.

**Кристалланиш жараёнининг механизмини** қуйидагича тавсифлаш мумкин. Ўта тўйинган эритмада дастлаб кристалланиш марказлари ҳосил бўлади. Сўнгра кристаллларнинг ўсиш юз беради. Кристалллар юзасида жуда кичик қалинликдаги чегара қатлами ҳосил бўлади. Кристалланиши лозим бўлган модда эритмадан чегара қатлам

орқали кристалл юзасига, сўнгра унинг таркибига ўтади. Натижада кристалл кирраларининг ўсиши юз беради. Бу пайтда кристаллни ўраб турувчи қатламда концентрациянинг камайиши юз беради ва ўта тўйинган эритма тўйинган ҳолатга ўтади. Чегара қатлами ўта юпка бўлиб, унда модда молекуляр диффузия орқали тарқалади. Шу сабабдан, бу қатлам кристалланаётган моддани тўйинган эритмадан кристалл юзасига ўтиши пайтида қаршилиқ кўрсатади. Шундай қилиб, кристалланиш жараёни икки босқичдан иборат бўлади:

- кристалланиши лозим бўлган моддани тўйинган эритмадан чегара қатлам орқали кристалл юзасига ўтиши (молекуляр босқич);

- модда молекуласини кристалл панжараси таркибига кириши (кинетик босқич).

Молекуляр диффузия босқичида модда алмашиниш жараёни қуйидаги тенглама орқали ифодаланади:

$$M = \frac{D}{r}(c - c_1), \quad (32-1)$$

бу ерда  $M$ - ўта тўйинган эритманинг асосий массасидан чегара қатлами орқали кристаллнинг  $1 \text{ м}^2$  юзасига  $1$  секунд давомида ўтган модданинг миқдори,  $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ ;  $D$ - диффузия коэффиценти,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;  $r$ - ўсаётган кристаллни қоплаб турган диффузия чегара қатламининг қалинлиги,  $\text{м}$ ;  $(c - c_1)$ - концентрациялар айирмаси,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $c$ - ўта тўйинган эритманинг концентрацияси,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $c_1$ - ўта тўйинган эритма ва чегара қатламдаги тўйинган эритма концентрациялари ( $c$  ва  $c_m$ ) ўртасидаги оралиқ концентрация,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Кинетик босқичда кристаллларнинг кристалл панжараси таркибига кириб жойлашган модда миқдори қуйидаги тенгламадан аниқланиши мумкин:

$$M = K(c_1 - c_m)^2, \quad (32-2)$$

бу ерда  $K$ - фазавий ўзгариш тезлиги доимийси,  $\text{м}^4/(\text{с} \cdot \text{кг})$ ;  $c_m$ - чегара қатламдаги тўйинган эритманинг концентрацияси,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Ўта тўйинган эритмадан чегара қатлами орқали кристалл юзасига ўтган модда миқдори П.М.Силин тенгламаси бўйича аниқланиши мумкин:

$$M = \frac{D}{r} \left\{ (c - c_m) + \frac{D}{2rK} - \sqrt{\frac{D}{rK} \left[ (c - c_m) + \frac{D}{4rK} \right]} \right\}. \quad (32-3)$$

Диффузия коэффицентининг  $D$  қиймати абсолют ҳарорат  $T$  ва муҳитнинг динамик қовушқоқлиги  $\mu$  қийматларига боғлиқ бўлади.  $D$  қиймати Эйнштейн тенгламасига асосан топилади:

$$D = \frac{KT}{\mu}. \quad (32-4)$$

Қовушқоқлиги юқори бўлган эритмаларнинг кристалланиши пайтида  $D$  қиймати жуда ҳам кичик бўлади. Бунда  $D/(rK)$  нисбатининг қиймати нулга яқинлашади. Агар ушбу қийматни (32-3) тенгламага қўйилса, у ҳолда эритмадан чегара қатламига ўтган модда миқдори:

$$M = \frac{D}{\gamma}(c - c_m). \quad (32-5)$$

(32-5) тенгламадаги  $D$  ўрнига унинг (32-4) тенгламадаги ифодаси киритилса:

$$M = \frac{KT}{r\mu}(c - c_m). \quad (32-6)$$

Умуман олганда, эритмадан чегара қатламига ўтган модда миқдори  $M$  (кг) қийматини аниқлашга мўлжалланган тенглама қуйидаги кўринишда бўлади:

$$M = \frac{KT(c - c_m)F\tau}{r\mu}, \quad (32-7)$$

бу ерда  $F$  - кристалларнинг сирт юзаси,  $m^2$ ;  $\tau$  - жараённинг вақти,  $s$ .

(32-7) тенгламанинг таҳлили асосида қуйидаги хулосаларга келиш мумкин:

1. Кристалланиш юзаси қанча катта бўлса, вақт бирлиги ичида эритмадан қаттиқ фазага шунча кўп модда ўтади. Кристал ўлчами қанчалик кичик бўлса, унинг масса бирлигига тўғри келган юзаси шунча кўп бўлади. Шу сабабдан, кичик ўлчамли кристалларнинг умумий массаси тез ортиб боради.

2. Эритма ҳароратининг ортиши билан эритманинг қовушқоқлиги ва диффузион чегара қатламининг қалинлиги камаяди. Натижада кристалланиш тезлиги ортади.

3.  $(c - c_m)$  айирмаси қанча катта бўлса, кристалланиш жараёни шунча тез кечади. Бу пайтда эритманинг ўта тўйиниш даражаси анча катта бўлса, янги кристалланиш марказлари пайдо бўлади. Натижада кристалл ўлчамларини бошқариш мумкин бўлмай қолади. Бундай ҳолат асосий мақсадга мувофиқ бўлмайди.

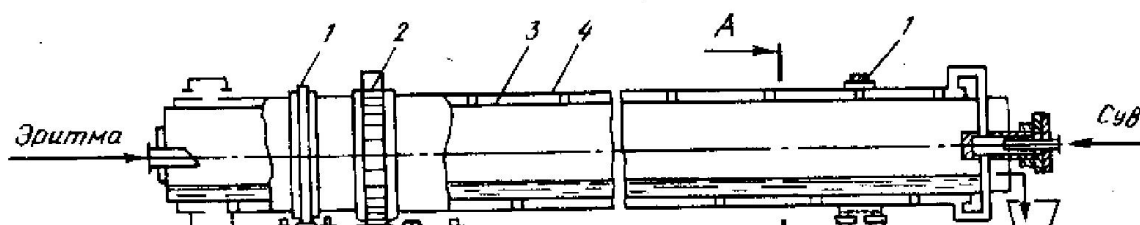
4) Агар кристалланаётган эритма аралаштириб турилса, жараённинг тезлиги ортади, чунки бундай шароитда диффузион чегара қатламнинг қалинлиги камаяди.

### Кристаллизаторларнинг тузилиши ва ишлаш принциплари

Саноатда кристалланиш жараёнини амалга ошириш учун қўлланиладиган қурилмалар, ишлаш принципага кўра, бир нечта турга бўлинади:

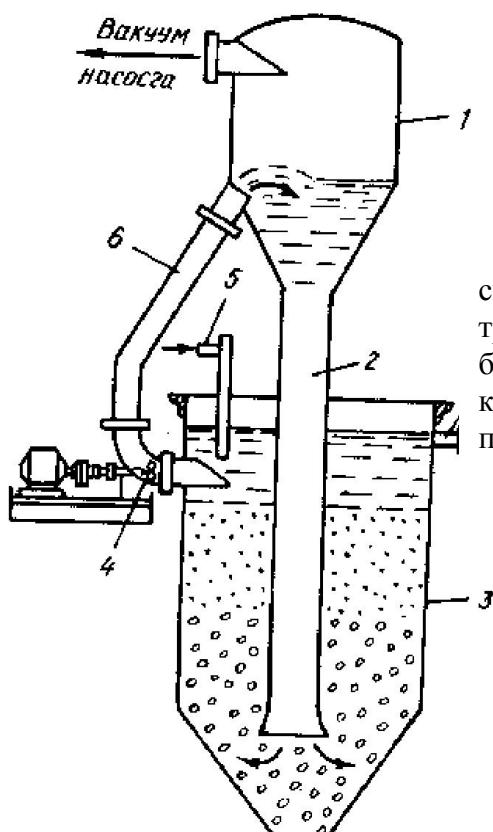
- эритувчининг бир қисмини буғлатиш йўли билан ишлайдиган кристаллизаторлар;
- эритмани совитиш йўли билан ишлайдиган кристаллизаторлар;
- совитиш қурилмаси бўлган вакуум-кристаллизаторлар;
- мавҳум қайнаш қатламли кристаллизаторлар.

**Барабанли кристаллизаторлар.** Саноатда сув билан совутиладиган барабанли кристаллизаторлар (32.3-расм) кенг тарқалган. Бундай турдаги аппаратнинг асосий ишчи ҳажми ғилофли 4 цилиндрик корпусдан 3 иборат. Барабан бандажлар 1 ва таянч роликлар 5 воситасида ушлаб турилади. Унинг айланма ҳаракати тишли шестерня 2 ёрдамида амалга оширилади. Ғилофга совитиш учун совуқ сув ёки ҳаво берилади. Эритма ва совутувчи агент ҳаракатлари қарама-қарши йўналишда ташкил этилади. Барабанли кристаллизаторнинг диаметри 1,5 м ва узунлиги 15 метргача, қиялиги 1:100÷1:200, айланиш сони эса  $10 \div 20 \text{ мин}^{-1}$  бўлади. Бундай қурилма ёрдамида майда кристалли чўкма олиш мумкин. Аммо бу пайтда барабаннинг ички юзасига кристалларни ёпишиб қолиш эҳтимоли ҳам мавжуд.



32.3-расм. Барабанли кристаллизатор схемаси: 1- бандажлар; 2- тишли шестерня; 3- корпус; 4- совутиш ғилофи; 5- таянч роликлари.

**Вакуум-кристаллизаторлар.** Узлуксиз режимда ишловчи вакуум-кристаллизатор (32.4-расм) таркиби насос, сепаратор ва йиғувчи камерадан иборат бўлади. Кристалланадиган эритма қувур 5 воситасида йиғувчи камерага 3 берилади. Циркуляцион насос 4 воситасида камерадаги эритма сепараторга 1 узатилади. Сепараторда эритма вакуум остида буғланиб, эритувчидан қисман ажралади. Ҳосил бўлган сув буғлари вакуум-насос орқали сепаратордан сўриб олинади ва конденсаторда суюлтирилади. Шу тариқа сепараторда сийракланиш ҳосил қилинади, унинг доимий қиймати вакуум-насос ёрдамида ушлаб турилади. Буғлатилган эритма сепаратордан барометрик қувур 2 орқали йиғувчи камерага 3 қуйилиб тушади.



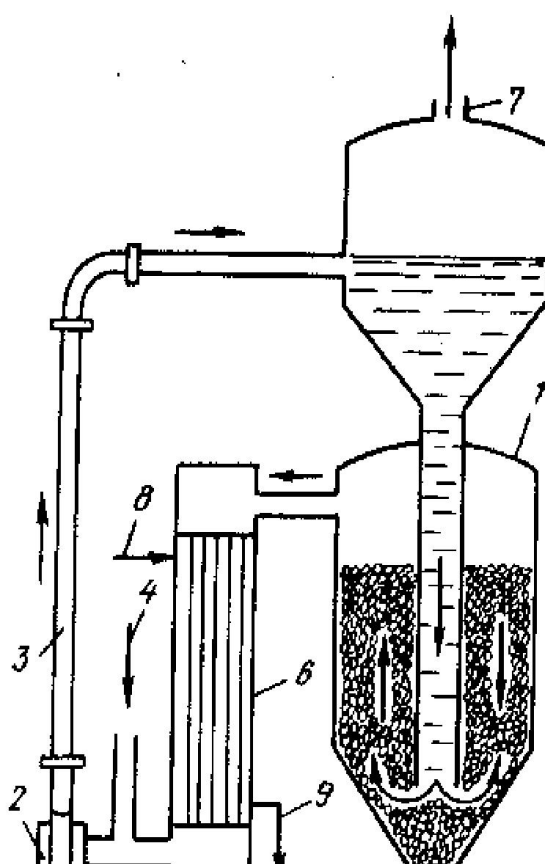
32.4-расм. Вакуум-кристаллизатор схемаси: 1- буғлатиш камераси; 2- барометрик труба; 3- йиғувчи камера; 4- насос; 5- эритма берувчи қувур; 6- циркуляция қувури; 7- кристаллардан ажралган эритма чиқадиган патрубкка.

Йиғувчи камерада чўкмага тушган майда ўлчамли кристаллар унинг тубидан туширилади, кристаллардан ажралган эритма эса камеранинг юқори қисмида жойлашган патрубкка 7 орқали аппаратдан чиқарилади.

**Мавҳум қайнаш қатламли кристаллизаторлар** катта ўлчамли ва бир хил шаклдаги кристаллар олиш учун ишлатилади. Мавҳум қайнаш қатламли кристаллизаторларда жараён эритманинг бир қисмини буғлатиш ёки уни совутиш усули билан амалга оширилади. Мавҳум қайнаш қатламли буғлатувчи кристаллизатор (32.5-расм) асосан камера 1, кожух-трубкали қиздиргич 6 ва циркуляцион насосдан 2 иборат бўлади.

Кристалланиши лозим бўлган иссиқ эритма патрубкка 4 орқали насоснинг сўрувчи қуваурига берилади. Эритма насос 2 воситасида қувур 3 бўйлаб мавҳум қайнаш қатламли камеранинг 1 юқори қисмида жойлашган сепараторга узатилади. Сепараторда, вакуум остида, қиздирилган эритма таркибидан иккиламчи буғ ажралиб чиқади. Натижада эритма бирмунча қуюклашиб, унинг ҳарорати пасаяди. Бу пайтда тўйинган эритмадан кристаллар қисман ажрала бошлайди.

Сепаратордаги эритма барометрик труба орқали қуйига, мавҳум қайнаш камерасига қуйилади. Камерада эритма ва қисман кристаллардан ажралган суюқлик оқими бир-бири билан тўла аралашади.



32.5-расм. Мавҳум қайнаш қатламли кристаллизатор схемаси: 1- мавҳум қайнаш камераси; 2- циркуляцион насос; 3- қувур; 4- эритма бериладиган патрубк; 5- кристалланган маҳсулот чиқадиган патрубк; 6- кожух-трубкали қиздиргич; 7- иккиламчи буғ патрубкиси; 8- иситувчи буғ бериладиган патрубк; 9- конденсат патрубкиси.

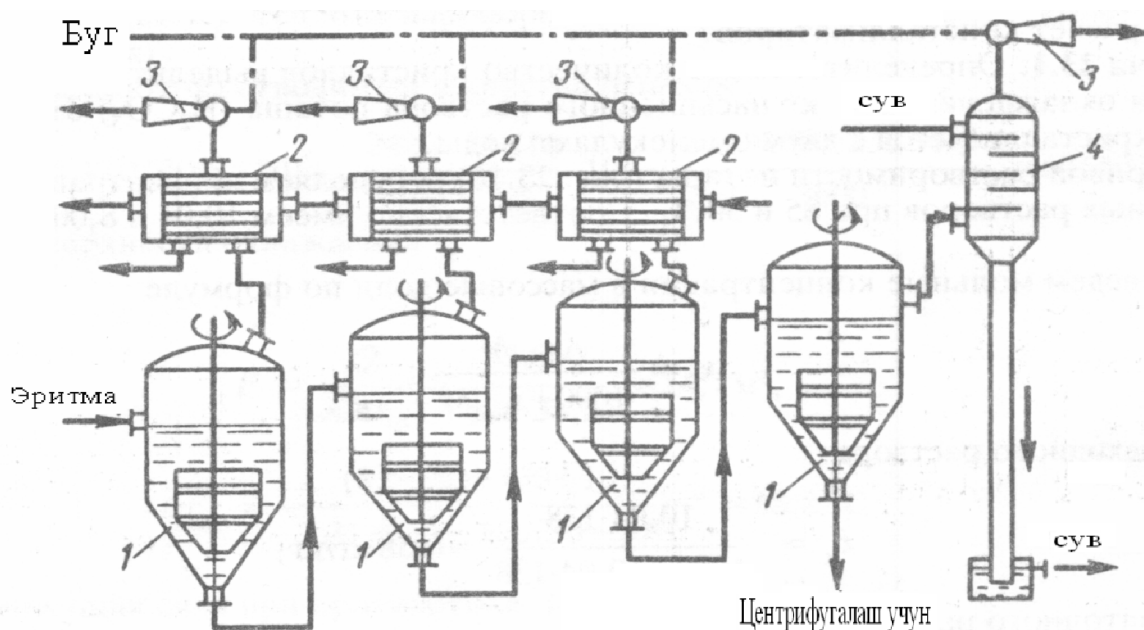
Кристаллардан ажралган суюқликнинг миқдори қурилмага берилаётган эритма миқдорига нисбатан бир неча мартаба кўп бўлади. Шу сабабдан камерада аралаштирилаётган эритманинг концентрацияси ва ҳарорати кам ўзгаради.

Келгусида, ўз таркибида майда кристаллар тутган ва қисман кристаллардан ажралган суюқлик қолдиғи камеранинг юқори қисмидаги туташув қувури орқали қиздиргичга б келиб тушади. Қиздиргичда аралашма сув буғининг иссиқлиги таъсирида қайнайди, ундаги кристаллар катталашади. Бу пайтда аралашма қиздирувчи трубкаларнинг ички юзалари бўйлаб аппаратнинг қуйи қисмига узлуксиз оқиб тушади. Қиздиргичдан чиқаётган эритма ускунага берилаётган бирламчи эритма билан аралашиб, яна насос орқали сепараторга узатилади.

Қурилманинг иш цикли шу тарзда қайтадан такрорланади.

Жараён мобайнида ҳосил бўлган кристалланган маҳсулот камеранинг туб қисмига чўқади, иккиламчи буғлар эса сепараторнинг юқори қисмида жойлашган патрубк 7 орқали конденсаторга узатилади.

Саноат корхоналарида катта миқдорда кристаллар олиш учун **кўп босқичли кристаллизаторлар** ишлатилади. Бундай ускуналар таркиби бир нечта кетма-кет уланган аппаратлардан иборат бўлади (32.6-расм).



32.6-расм. Кўп босқичли вакуум-кристаллизатор схемаси: 1- вакуум-кристаллизаторлар; 2- юзали конденсаторлар; 3- буғ оқимли насос; 4- барометрик конденсатор.

Ҳар бир кристаллизатордан 1 чиқаётган иккиламчи буғ юзали конденсаторларда 2 алоҳида конденсацияланади. Конденсаторлар совитувчи сувнинг оқим йўналиши бўйича кетма-кет уланади. Иссиқ, қуюлтирилган эритма узлуксиз равишда биринчи кристаллизаторга берилади, унда қисман буғлатилади ва вакуум остида совутилади. Аппаратлардаги вакуум қиймати, уларнинг сонига мутаносиб тарзда, ортиб боради. Шу сабабдан, тўйинган эритма бир аппаратдан кейинги босқич аппаратиға ўз-ўзидан оқиб ўтади. Жараён босқичларида тўйинган эритманинг совутилиши натижасида қисман кристалланиш кузатилади. Кристалланган маҳсулот охириги қурилмадан барометрик труба ёрдамида тортиб олинади.

Кўп босқичли вакуум-кристаллизаторлардаги аппаратлар сони 15 таға етади. Кристалланиш босқичлари ўртасидаги ҳароратнинг фарқи  $4\div 5^{\circ}\text{C}$ , кристалларнинг ўлчами эса  $0,2\div 0,25$  мм бўлади.

**Назорат саволлари:** 1. Кристалланиш жараёнининг моҳиятини тушунтириб беринг. 2. Тўйинган эритма атамасиға таъриф беринг. 3. Эритмаларни ўта тўйинган ҳолатға қайси бир усуллар билан ўтказиш мумкин? 4. Кристалланиш жараёни қандай кетма-кетликда амалға оширилади? 5. Кристалларнинг катта-кичиклиги қай тарзда бошқарилади? 6. Кристалланиш жараёни механизмиға тавсиф беринг. 7. Ўта тўйинган эритмадан чегара қатлам орқали кристалл юзасиға ўтган модда миқдори қандай аниқланади? 8. Кристаллизаторларнинг қандай турлари мавжуд? 9. Барабанли кристаллизаторларнинг тузилиши ва ишлаш принципини тушунтириб беринг. 10. Вакуум- кристаллизаторда жараён қандай амалға оширилишини тушунтириб беринг. 11. Мавҳум қайнаш қатламли кристаллизаторнинг тузилиши ва ишлаш принципини тушунтиринг. 12. Кўп поғонали вакуум-кристаллизаторда жараён қандай тартибда амалға оширилади? 13. Кристаллизация жараёнининг моддий ва иссиқлик балансларини тузиш тартиблари ҳақида нималарни биласиз? 14. Халқ амалиётида қўлланиладиган новвот ишлаб чиқариш технологиясини назарий жиҳатдан таҳлил қила оласизми? Ушбу технологиянинг афзалликлари ва камчиликларини тушунтириб беринг.

### **Фойдаланилган адабиётлар рўйхати**

#### **Асосий адабиётлар**

1. З. Салимов. Кимёвий технологиянинг асосий жараёнлари ва қурилмалари. Олий ўқув юртлари талабалари учун дарслик. Т.1. - Тошкент: Ўзбекистон, 1994. - 366 б.
2. З. Салимов. Кимёвий технологиянинг асосий жараёнлари ва қурилмалари. Т.2. Модда алмашиниш жараёнлари. Олий ўқув юртлари учун дарслик. - Тошкент: Ўзбекистон, 1995. - 238 б.
3. Кавецкий Г.Д., Васильев Б.В. Процессы и аппараты пищевой технологии. – 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Колос, 1999. -551 с.
4. Дитнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. Изд. 2-е. В 2-х кн.: Часть 1. Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты. - М.: Химия, 1995. - 400 с.
5. Дитнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. Изд. 2-е. В 2-х кн.: Часть 2. Массообменные процессы и аппараты. - М.: Химия, 1995. - 368 с.

6. Юнусов И.И., Артиков А.А., Исматуллаев П.Р. Кимё ва озиқ-овқат технологиясида ЭХМ қўллаш фанидан ўқув қўлланма. - Тошкент: ТошКТИ, 2000. - 145 б.

### **Қўшимча адабиётлар**

7. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Исматуллаев П.Р. Кимё ва озиқ-овқат саноати жараёнлари ва қурилмалари фанидан ҳисоблар ва масалалар. - Тошкент: ТошКТИ, 1999. - 351 б.

8. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С. ва б. Кимё ва озиқ-овқат саноатининг асосий жараён ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш.- Тошкент: ТошКТИ, 2000. - 231 б.

9. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: Учебное пособие для вузов/Под ред. П.Г.Романкова. - 9-е изд., перераб. и доп. - Л.: Химия, 1987. - 574 с.

10. Романков П.Г., Курочкина М.И. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. - Л.: Химия, 1994. - 232 с.

11. Н.Юсуфбеков, Б.Мухамедов, Ш.Фулломов. Технологик жараёнларни бошқариш системалари.- Тошкент: Ўқитувчи,1997.-704 б.

12. Лунин О.Г., Вельтишев В.Н. Теплообменные аппараты пищевых производств. - М.: Агропромиздат,1987. - 239 с.

13. Островский Э.В., Эйдельман Е.В. Краткий справочник конструктора продовольственных машин. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Агропроиздат,1986. - 621 с.

14. Стахеев И.В. Пособие к курсовому проектированию процессов и аппаратов пищевых производств. – Минск: Выща школа,1975. - 285 с.

15. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: Учебник: В 2 кн./В.Г.Айнштейн, М.К.Захаров,Г.А.Носов и др.; Под ред. В.Г.Айнштейна. – М.:Логос;Высшая школа,2002. -Кн.2.- 872 с.



ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ  
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ  
ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ  
МЕХАНИКА ФАКУЛЬТЕТИ  
«ТЕХНОЛОГИК МАШИНАЛАР ВА ЖИХОЗЛАР» КАФЕДРАСИ  
« АСОСИЙ ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁН ВА ҚУРИЛМАЛАР »  
фанидан амалий машғулотларни бажариш учун

*МАСАЛАЛАР ВА МАШҚЛАР  
ТЎПЛАМИ*

ТОШКЕНТ - ТЕХНИКА – 2017

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ  
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

МЕХАНИКА ФАКУЛЬТЕТИ

« ТЕХНОЛОГИК МАШИНАЛАР ВА ЖИХОЗЛАР » КАФЕДРАСИ

« АСОСИЙ ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁН ВА ҚУРИЛМАЛАР »  
фанидан амалий машғулотларни бажариш учун

## *УСЛУБИЙ ҚЎЛЛАНМА*

Технологик жараёнларнинг назарий асослари  
Механик жараёнлар ва қурилмалар  
Гидромеханик жараёнлар ва қурилмалар  
Иссиқлик алмашиниш жараёнлари ва қурилмалари

## Сўз боши

Ушбу услубий қўлланма 5320300 - «Технологик машиналар ва жихозлар», 5111000 - Касбий таълими ( 5111038 - “Технологик машиналар ва жихозлар”) таълим йўналишлари учун тасдиқланган ўқув режасига ва “Асосий технологик жараён ва қурилмалар” фанининг намунавий ўқув дастурига мувофиқ ишлаб чиқилди.

Услубий қўлланма «Асосий технологик жараён ва қурилмалар » фанидан 5320300 - «Технологик машиналар ва жихозлар» , 5111000 - Касбий таълими ( 5111038 - “Технологик машиналар ва жихозлар”) йўналишлари буйича таълим олаётган талабалар учун йўналишинг давлат таълим стандарти талабларига асосан ёзилди. Қўлланмада технологик жараёнларнинг асосий қонуниятлари, жараён ва қурилмаларни лойihalаш ва моделлаштириш масалалари ёритилган. Унда механик ва гидромеханик жараёнлар ва аппаратларни ҳисоблашга оид масалалар ва уларни ечиш наъмуналари келтирилди. Хар бир бобдаги материаллар кетма-кетлиги қисқача назарий қисм, танланган масалаларни ечиш наъмуналари ва мустақил ечиш учун масалалар тарзида ёритилди.

Жараёнда қатнашувчи моддаларнинг хоссалари ва физик қатталикларни ифодаловчи материаллар жадваллар, графиклар ва бошқа қуринишларда иловаларда келтирилди.

Мазкур услубий қўлланма материаллари “Кимёвий технология” йўналиши бўйича таълим олаётган талабалар учун ҳам фойдали бўлиши мумкин.

Мазкур услубий қўлланма «ТМЖ» кафедрасининг 2017 йил 13- сентябрдаги 1-сонли йигилишида муҳокама қилинди ва институт илмий-методик кенгашига қуриб чиқиш учун тавсия этилди.

Мазкур услубий қўлланма ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ “Механика” факультети Услубий Кенгашининг 2017 йил “ 24 ” сентябр 1 - сон мажлисида муҳокама этилди ва маъқулланди ва институт илмий - услубий Кенгашига қуриб чиқиш учун тавсия этилди.

Муаллифлар :

доцент  
катта ўқитувчи:

Мухамедбаев А.А.  
Пиримов Т.Ж.

Такризчи: доцент.

Каримов К.Ф.

Сўз боши.....	4
<b>I боб. Технологик жараёнларнинг назарий асослари</b>	
<b>1 – амалий машғулот.</b> Жараён ва қурилмаларни ҳисоблаш тартиблари .....	7
<b>2 – амалий машғулот.</b> Физик катталиқлар ва уларнинг ўлчов бирликлари.....	8
<b>II боб. Механик жараёнлар ва қурилмалар</b>	
<b>3 – амалий машғулот</b> Каттик материалларни майдалаш.....	12
<b>4 – амалий машғулот</b> Сочилувчан материалларни саралаш .....	17
<b>III боб. Гидромеханик жараёнлар ва қурилмалар</b>	
<b>5 – амалий машғулот</b> Гидростатика асослари.....	20
<b>6 – амалий машғулот</b> Гидродинамика асослари.....	23
<b>7 – амалий машғулот</b> Суюқликларни насослар ёрдамида узатишни ҳисоблаш.....	31
<b>8 – амалий машғулот</b> Газларни сиқиш ва узатиш.....	35
<b>9 – амалий машғулот</b> Суюқликларни аралаштириш жараёнлари ва қурилмаларини ҳисоблаш.....	39
<b>10 – амалий машғулот</b> Турли жинсли суюқлик системаларини ажратиш жараёни ва қурилмаларини ҳисоблаш.....	46
<b>11 - амалий машғулот</b> Суюқликлардан майда заррачаларни марказдан қочма куч таъсирида ажратувчи центрифуга ва сеператорларни ҳисоблаш.....	55
<b>12 - амалий машғулот.</b> Оғирлик кучи таъсирида чўктириб тозалаш жараёнини ҳисоблаш.....	59

<b>13 – амалий машғулот</b>	
Суспензияларни филтрлаш жараёнини ҳисоблаш.....	62
<b>14 - амалий машғулот</b>	
Чангли газларни филтрлаш жараёнини ҳисоблаш.....	70
<b>15 – амалий машғулот</b>	
Турли жинсли газ системаларини ажратиш жараёни ва қурилмаларини ҳисоблаш.....	73
<b>16 – амалий машғулот</b>	
Мавхум кайнаш жараёнлари ва қурилмаларини ҳисоблаш.....	78
 <b>IV боб. Иссиқлик алмашиниш жараёнлари ва қурилмалари</b>	
<b>17 – амалий машғулот</b>	
Иссиқлик алмашиниш жараёнларини ҳисоблаш.....	85
Тавсия этиладиган адабиётлар рўйхати.....	97
Иловалар.....	98

## **I боб. Технологик жараёнларнинг назарий асослари**

### **1 – амалий машғулот.**

#### **Жараёнлар ва қурилмаларни ҳисоблаш тартиблари**

Кимё ва қурилиш материаллари ишлаб чиқариш технологиясида янги жараёнларни яратиш ёки мавжуд жараёнларни модернизация қилиш пайтида ушбу жараёнларнинг кинетикаси ўрганилади. Ўрганилаётган жараённинг кинетик қонуниятларини таҳлил қилиш натижасида уни амалга оширишнинг оптимал шароитлари (ишчи параметрлар қийматларининг оптимал чегаралари) аниқланади. Шунга кўра, ушбу шароитга монанд бўлган жиҳоз танлаб олинади ёки лойиҳаланади. Машина ёки қурилмани ҳисоблаш пайтида қайта ишланаётган хом-ашё ва материаллар оқимларининг сарфлари, зарурий энергия миқдори, қурилманинг ишчи юзаси ёки ҳажмининг асосий ўлчамлари ҳамда жараён даври аниқланади.

Жараёнлар ва қурилмаларни ҳисоблаш тартиблари қуйидаги кетма-кетликда бажарилади.

1. Жараённи моддий ва иссиқлик баланси тузилади. Ушбу баланс тенгламаларига асосан қурилмага киритилаётган ва ундан чиқаётган моддий ва энергетик оқимлар сарфи (миқдори) аниқланади.

2. Статик режимлар учун жараён йўналиши ва мувозанат ҳолатининг чегаралари аниқланади.

3. Жараённи ҳаракатга келтирувчи куч (концентрация, ҳарорат ва босимлар фарқи) қиймати аниқланади.

4. Жараён кинетикаси асосида унинг тезлиги ва даври аниқланади.

5. Жараён параметрларининг оптимал қийматлари бўйича қурилмани ишчи юзаси ёки ҳажми ҳисобланади.

6. Қурилмани ҳисобланган конструктив ўлчамларига кўра унинг барча элементларини геометрик ўлчамлари аниқланади. Зарурий ҳолларда мустаҳкамлик ҳисоблари ҳам бажарилади.

7. Жараённи амалга ошириш пайтида қурилма ёки машинанинг ишчи органларига таъсир этувчи кучлар қиймати ҳисобланади. Шундан сўнг, ишчи орган ҳаракати учун зарур бўлган қувват миқдори аниқланади.

8. Кинематик ҳисоблар асосида механик узатмаларни фойдали иш коэффициентини ва узатишлар сони аниқланиб, технологик жиҳоз электродвигателининг истеъмол қуввати аниқланади. Бу турдаги ҳисоблашларни бажариш услублари “Амалий механика” фани материалларида ўрганилган ва зарурий маълумотлар адабиётларда кенг ёритилган.

### **2 – амалий машғулот.**

#### **Физик катталиклар ва уларнинг ўлчов бирликлари**

“**Физик катталик**” тушунчаси бир қатор физик объектлар (системалар, уларнинг ҳолати ва уларда кечаётган жараёнлар) учун сифат жиҳатдан умумий, аммо миқдор жиҳатдан ҳар бир объект учун индивидуал бўлган **хосса** деб таърифланади. Масалан, барча жисмлар массага ва ҳароратга эга бўлади, аммо ушбу параметрларнинг сон қийматлари ҳар бир жисм учун фарқли бўлади. Шунинг учун ҳар бир объектнинг хоссаларини акс эттирувчи физик катталиклар ўртасидаги миқдорий фарқни аниқлаш мақсадида **физик катталикни ўлчаш** тушунчаси киритилади.

Ҳар бир физик катталикларнинг ўлчамлари ўртасида, ифодаланишига кўра, сон қийматли (бутун, рационал ва ҳақиқий сонлар, векторлар ёки матрицалар шаклида) ёки мантиқий структурага эга бўлган нисбатлар (“катта”, “кичик”, “тенг”, “йиғинди” ва б.) мавжуд. Одатда сон қиймати шаклидаги ифодага эга бўлган нисбатлар катталик ўлчамини ифодалайди.

**СИ (Systeme International) халқаро бирликлар тизими.** Физик катталикларнинг бир неча тизимлари мавжудлиги, носистематик бирликларнинг кўплиги ва бир тизимдан иккинчисига ўтиш пайтида қайта ҳисоблашларни бажариш ноқулайлиги ўлчов бирликларининг унификациялашни талаб этади. Турли давлатлар ўртасидаги иқтисодий ва илмий-техникавий алоқаларни ўсиши бундай умумлаштиришни халқаро масштабда амалга ошириш заруриятини келтириб чиқарди. Шундай қилиб, барча ўлчаш соҳаларини қамраб олувчи, амалий жиҳатдан қулай бўлган физик катталикларнинг ягона тизимига талаб кучайди.

1960 йилда ўлчов ва тарозилар Бош конференцияси томонидан халқаро бирликлар тизими СИ тасдиқланди. Шу билан бирга янги тизимнинг 6 та асосий, 2 та қўшимча (1-жадвал) ва 27 та бирликнинг ўзаро ҳосиласи ақс этган 1-рўйхат ҳамда бирликларнинг ўзаро нисбатлари ва бўлақларини белгиловчи олд қўшимчалар тасдиқланди.

1-жадвал

СИ тизимининг асосий ва қўшимча бирликлари

т/р	Катталиклар	Ўлчов бирлиги	Русча белгиси	Халқаро белгиси
<b>1. Асосий бирликлар:</b>				
1.1	узунлик	метр	м	m
1.2	масса	килограмм	кг	kg
1.3	вақт	секунд	с	s
1.4	электр токи кучи	ампер	а	A
1.5	термодинамик ҳарорат	кельвин	к	K
1.6	модда миқдори	моль	моль	mol
<b>2. Қўшимча бирликлар:</b>				
2.1	ясси бурчак	радиан	рад	
2.2	фазовий бурчак	стерадиан	ср	

ўзаро нисбатлари ва бўлақларини белгиловчи олд қўшимчалар тасдиқланди.

2-жадвал

СИ тизимининг ҳосилавий бирликлари

т/р	Катталик номи	Белгиси	Тенгламаси	Ўлчов бирлиги	Изохлар
<b>1</b>	<b>Механик катталиклар учун</b>				
1.1	Майдон (юза)	S	$S = l \cdot b$	м <sup>2</sup>	l- узунлик, b- кенглик
1.2	Ҳажм, сиғим	V	$V = l \cdot b \cdot h$	м <sup>3</sup>	h- баландлик
1.3	Тебраниш частотаси	f	$f = 1/T$	Гц	T- тебраниш даври
1.4	Чизиқли тезлик	v	$v = l/t$	м/с	l- масофа, узунлик; t- вақт
1.5	Тезланиш	a	$a = (v_2 - v_1)/t$	м/с <sup>2</sup>	
1.6	Бурчак тезлик	ω	$\omega = \varphi/t$	рад/с	φ- бурчак, радиан
1.7	Куч	F	$F = m \cdot a$	Н	m- масса
1.8	Зичлик	ρ	$\rho = m/v$	кг/м <sup>3</sup>	

1.9	Босим, механик кучланиш	P	$P = F/S,$ $\sigma = F/S$	Па	Паскаль
1.10	Кувват	N, P	$N = A/t$	Вт	A- иш, энергия ёки иссиқлик миқдори, Ж
1.11	Динамик қовушқоқлик	$\mu$	$\mu = F/[S(v/l)]$	Па·с	
1.12	Кинематик қовушқоқлик	$\nu$	$\nu = \mu/\rho$	м <sup>2</sup> /с	
1.13	Модда сарфи: - хажмий - массавий	Q M, G	$Q = V/t,$ $G = Q\rho$	м <sup>3</sup> /с, кг/с	
<b>2</b>	<b>Иссиқлик катталиклари учун:</b>				
2.1	Фазавий ўзгаришлар (конденсация, буғланиш) солиштирма иссиқлиги	i	$i = L/m$	Ж/кг	L- фазавий ўзгаришлар (конденсация, буғланиш) иссиқлиги
2.2	Солиштирма иссиқлик сифими	C	$C = Q/m(t_2 - t_1)$	Ж/(кг·К)	Q- иссиқлик миқдори; t <sub>1</sub> , t <sub>2</sub> - дастлабки ва охириги ҳарорат
2.4	Иссиқлик оқими	q	$q = Q/(St)$	Вт	
2.5	Ҳарорат градиенти	$\Delta t/\Delta l$	$\Delta t/\Delta l = (t_1 - t_2)/l$	К/м	
2.6	Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти	$\lambda$	$\lambda = Q\Delta l/(S\Delta t)$	Вт/(м·К)	
2.7	Газ доимийси	R	$R = Pv/T$	Ж/(г·К)	v- газнинг бирлик ҳажми; T- ҳарорат
2.8	Ҳарорат ўтказувчанлик коэффициенти		$a = \lambda/(\rho C)$	м <sup>2</sup> /с	
2.9	Иссиқлик бериш коэффициенти	$\alpha$	$\alpha = q/S(t_2 - t_1)$	Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	
<b>3</b>	<b>Моляр катталиклари учун</b>				
3.1	Моляр масса	M	$M = m/\nu$	кг/моль	$\nu$ - модда миқдори, моль
3.2	Моляр ҳажм	V <sub>m</sub>	$V_m = V/\nu$	м <sup>3</sup> /моль	V-модда ҳажми, м <sup>3</sup>
3.3	Моляр иссиқлик сифими	C <sub>m</sub>	$C_m = C_p/\nu$	моль/м <sup>3</sup>	C <sub>p</sub> -ўзгармас босимда моддани солиштирма иссиқлик сифими
3.4	Моляр концентрация	C <sub>v</sub>	$C_v = \nu_v/V$	Ж/моль·К	$\nu_v$ -V модда миқдори, моль; V-эритма ҳажми, м <sup>3</sup>



## СИ тизимининг нисбий ва улушли birlikлари

т/р	Кўпайтма $a^n$	Кўшимча номи	Русча белгиси	Халқаро белгиси
	$1000000000000000000 = 10^{18}$	экса	Э	E
	$1000000000000000 = 10^{15}$	пета	П	P
1	$1000000000000 = 10^{12}$	тера	Т	T
2	$1000000000 = 10^9$	гига	Г	G
3	$1000000 = 10^6$	мега	М	M
4	$1000 = 10^3$	кило	К	k
5	$100 = 10^2$	гекто	Г	h
6	$10 = 10$	дека	да	da
7	$0,1 = 10^{-1}$	деци	д	d
8	$0,01 = 10^{-2}$	санти	с	C
9	$0,001 = 10^{-3}$	милли	м	m
10	$0,000001 = 10^{-6}$	микро	мк	μ
11	$0,000000001 = 10^{-9}$	нано	н	n
12	$0,000000000001 = 10^{-12}$	пико	п	p
13	$0,000000000000001 = 10^{-15}$	фемто	ф	f
14	$0,000000000000000001 = 10^{-18}$	атто	а	a

СИ тизимини қабул қилиниши турли мамлакатлардаги илмий-техник ташкилотларнинг фан ва техника соҳаларида эришган барча тажрибаларини умумлаштиришда муҳим ўрин тутди. Ушбу халқаро birlikлар тизими қуйидаги афзалликларга эга:

1. Универсаллик – фан, техника ва халқ ҳўжалигининг барча соҳаларини қамраб олади;
2. Барча ўлчаш турлари учун birlikларни унификациялан-ганлиги, масалан, мавжуд босим birlikлари - атмосфера, миллиметр симоб устуни, метр сув устуни, пьеза, дина/см<sup>2</sup> ва бошқалар ўрнига СИ тизимида Паскаль қўлланилади.
3. Асосий ва кўплаб ҳосилавий birlikлар амалиёт учун қулай бўлган шаклда қўлланилади, масалан, майдон учун- м<sup>2</sup>, ҳажм- м<sup>3</sup>, электр қаршилиги- Ом ва бошқалар.
4. Бирликлар тизимининг когерентлиги (физик катталикларнинг ўзаро боғлиқлиги ва келишилганлиги) - физик катталикларнинг ҳосилавий birlikларини аниқловчи тенгламаларда пропорционаллик коэффицентлари ўлчамсиз birlikка тенг.
5. СИ тизимида масса (бирлиги килограмм) ва куч (бирлиги ньютон) чегаралари аниқ белгиланган.

Метрик системада қабул қилинган ўнли нисбатлар катта ва кичик ўлчамларнинг нисбий ва улушли birlikларини ҳосил қилишнинг энг прогрессив усули ҳисобланади. Ўнли нисбатлар ва улушлар олд кўшимчалар кўшиш йўли билан ҳосил қилинади (3.3-жадвал). Бу пайтда даража кўрсаткичи фақат олд кўшимча кўшиш туфайли олиндиган катталикка тегишли бўлади, масалан,  $1\text{км}^2 = 1(\text{км})^2 = (10^3 \text{ м})^2 = 10^6 \text{ м}^2$ ;  $1\text{см}^3 = 1(\text{см})^3 = (10^{-2} \text{ м})^3 = 10^{-6} \text{ м}^3$ ;  $1\text{см}^2 = 1(\text{см})^2 = (10 \text{ мм})^2 = 100 \text{ мм}^2$ ;  $1\text{м}^3 = 1(\text{м})^3 = (100 \text{ см})^3 = 10^6 \text{ см}^3$ .

Қуйидаги 4-жадвалда СИ тизимининг birlikлари ва амалиётда қўлланиладиган айрим носистематик birlikлар ўртасидаги нисбатлар келтирилган.

## СИ ва бошқа тизимлар бирликларининг ўзаро нисбатлари

т/ р	Катталик номи	Катталик		СИ ва бошқа тизимлар бирликларининг ўзаро нисбати
		белгиси	бирлиги	
1	2	3	4	5
1	Узунлик	L	м	$1\text{ м} = 10^2\text{ см} = 10^3\text{ мм} = 10^6\text{ мкм} = 10^{10}\text{ А}^\circ$ ; $1\text{ ft} = 0.3048\text{ м}$ ; $1\text{ in} = 25.4 \cdot 10^{-3}\text{ м}$
2	Оғирлик (оғирлик қучи)	G	Н	$1\text{ кгс} = 9,81\text{ Н}$ ; $1\text{ дин} = 10^{-5}\text{ Н}$ , $1\text{ lbf} = 4.45\text{ Н}$
3	Масса	M	кг	$1\text{ тонна} = 10\text{ ц} = 1000\text{ кг}$ ; $1\text{ кг} = 10^3\text{ г}$ ; $1\text{ lb} = 0.454\text{ кг}$
4	Ҳарорат	t, T	К	$t(^{\circ}\text{C}) = (t + 273,15)\text{ К}$ ; $1^{\circ}\text{F} = 0,56\text{ К}$ ; $1^{\circ}\text{C} = 1.8^{\circ}\text{F}$ . $t(^{\circ}\text{F}) = [0.5556(t-32)+273,15]\text{ К}$
5	Текислик бурчаги	$\varphi$	рад	$1^{\circ} = \pi/180\text{ рад}$
6	Қовушқоқлик коэффициенти: - динамик  - кинематик	$\mu$  $\nu$	Па·с  $\text{м}^2/\text{с}$	$1\text{ П (пуаз)} = 0,1\text{ Па}\cdot\text{с}$ ; $1\text{ сП} = 10^{-3}\text{ Па}\cdot\text{с} = 1\text{ МПа}\cdot\text{с}$ ; $1\text{ См} = 10^{-4}\text{ м}^2/\text{с} = 1\text{ см}^2/\text{с}$
7	Босим	P	Па	$1\text{ бар} = 10^5\text{ Па}$ ; $1\text{ кгс}/\text{см}^2 = 1\text{ ат} = 9,81 \cdot 10^4\text{ Па}$ $\text{Па} = 735\text{ мм сим. уст.} = 10\text{ м сув уст.}$ ; $1\text{ атм} = 1,033\text{ кгс}/\text{м}^2 = 1,01 \cdot 10^5\text{ Па} = 760\text{ мм сим. уст.} = 10,33\text{ м сув уст.}$ ; $1\text{ кгс}/\text{м}^2 = 1\text{ мм сув уст.} = 9,81\text{ Па}$ ; $1\text{ мм сим. уст.} = 133,3\text{ Па}$ .
8	Қувват	N	Вт	$1\text{ кВт} = 1000\text{ Вт}$ ; $1\text{ ккал}/\text{соат} = 1,163\text{ Вт}$ ; $1\text{ кгс}\cdot\text{м}/\text{с} = 9,81\text{ Вт}$
9	Сирт таранглик	$\sigma$	н/м	$1\text{ кгс}/\text{м} = 9,81\text{ Ж}/\text{м}^2$
10	Ҳажм	V	$\text{м}^3$	$1\text{ м}^3 = 10^3\text{ л} = 10^2\text{ дал}$
11	Бирлик ҳажм	V	$\text{м}^3/\text{кг}$	$1\text{ м}^3/\text{тн} = 10^{-3}\text{ м}^3/\text{кг}$ ; $1\text{ дм}^3/\text{кг} = 1\text{ см}^3/\text{г} = 10^{-3}\text{ м}^3/\text{кг}$ .
12	Зичлик	$\rho$	$\text{кг}/\text{м}^3$	$1\text{ тн}/\text{м}^3 = 10^3\text{ кг}/\text{м}^3 = 1\text{ г}/\text{см}^3$ .
13	Иш, энергия, иссиқлик микдори	A	Ж	$1\text{ кг}\cdot\text{см} = 9,81\text{ Ж}$ ; $1\text{ кВт}\cdot\text{соат} = 3,6 \cdot 10^6\text{ Ж}$ ; $1\text{ ккал} = 4186,8\text{ Ж} = 4,19\text{ кЖ}$ ; $1\text{ BTU} = 1055\text{ Ж}$ .
14	Ҳажмий сарф	Q	$\text{м}^3/\text{сек}$	$1\text{ л}/\text{мин} = 16,67 \cdot 10^{-6}\text{ м}^3/\text{сек}$
15	Бурчакли тезлик	$\omega$	рад/с, $\text{с}^{-1}$	$1\text{ мин}^{-1} = \pi/30\text{ рад}/\text{сек}$ ; $1\text{ сек}^{-1} = 2\pi\text{ рад}/\text{сек}$ .
16	Солиштирма иссиқлик сигими	C	Ж/(кг К)	$1\text{ ккал}/(\text{кг}^{\circ}\text{C}) = 4,19\text{ кЖ}/(\text{кг}\cdot\text{К})$
1	2	3	4	5
17	Иссиқлик бериш (уза-тиш) коэффициенти	$\alpha$ , К	Вт/( $\text{м}^2\text{ К}$ )	$1\text{ ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{соат} \cdot ^{\circ}\text{C}) = 1,163\text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$
18	Иссиқлик оқимининг зичлиги	Q	Вт/ $\text{м}^2$	$1\text{ ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{соат}) = 1,163\text{ Вт}/\text{м}^2$
19	Иссиқлик ўтказиш коэффициенти	$\lambda$	Вт/( $\text{м}\cdot\text{К}$ )	$1\text{ ккал}/(\text{м}\cdot\text{соат} \cdot ^{\circ}\text{C}) = 1,163\text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$
20	Конденсацияланиш (буғланиш) иссиқлиги	r	Ж/кг	$1\text{ ккал}/\text{кг} = 4,19\text{ кЖ}/\text{кг}$
21	Солиштирма энтальпия	i	Ж/кг	$1\text{ ккал}/\text{кг} = 4,19\text{ кЖ}/\text{кг}$

## II боб. Механик жараёнлар ва курилмалар

### 3 – амалий машғулот Қаттик материалларни майдалаш

**2.1.1. Назарий қисм.** Механик жараёнлар туркумига турли хил материалларни механик куч таъсирида майдалаш, саралаш, аралаштириш, эзиш, грануллаш ва масофага узатиш каби жараёнлар киради.

**Майдалаш** жараёнида материал булакларининг физик-кимёвий хусусиятлари узгармайди, уларнинг улчами кичраяди, сирт юзалари эса ортади. Каттик материалларнинг майдалаш, шартли равишда, **янчиш** (материалларни йирик, уртача ва майда майда булакларга булиш) ва **майдалаш** (юпка ва ута юпка майдалаш) жараёнларига булинади.

Материал булакларининг улчамларига кура майдалаш жараёнининг синфларга булиниши куйидаги 2.1-жадвалда келтирилган.

Майдалаш жараёнларини синфларга булиниши. 2.1-жадвал

Майдалаш тури	Булакларнинг уртача улчами, мм		Махсулотни майдаланиш даражаси
	майдалангунча	майдалангандан сунг	
Йирик янчиш	1500÷300	300÷100	2÷6
Уртача янчиш	300÷100	50÷10	5÷10
Майда янчиш	50÷10	10÷2	10÷50
Юпка майдалаш	10÷2	2÷0,75	100
Ута юпка майдалаш	2÷0,75	7,5·10 <sup>-2</sup> ÷ 1·10 <sup>-4</sup>	-

Материал булагининг майдалангунча  $d_1$  ва майдалангандан сунгги  $d_2$  уртача улчамларининг нисбати **майдаланиш даражаси  $i$**  дейилади

$$i = d_1/d_2 \quad (2-1)$$

Майдаланаётган материал булаклари ва уларнинг майдаланган заррачалари одатда тугри геометрик шаклга эга булмайди. Шунинг учун улар «уртача улчам» катталиги билан тавсифланади. Материал булакларининг уртача улчами куйидаги ифодага кура аникланади

$$d_y = \sqrt[3]{b L h} \text{ , м} \quad (2-2)$$

бу ерда  $b$ - булакни кенглиги;  $L$ - узунлиги;  $h$ - баландлиги.

Агар булак шарсимон булса, унинг тавсифловчи улчами сифатида диаметри кабул килинади, куб шаклида булса - куб киррасининг узунлиги олинади.

Майдаланган булакларнинг уртача улчамлари сараловчи элақлар ёрдамида бир неча фракцияларга ажратилиб аникланади. Хар бир фракциянинг уртача улчами  $d_y$  ушбу фракциядаги энг катта  $d_{\max}$  ва энг кичик  $d_{\min}$  булаклар улчамига кура куйидагича аникланади

$$d_y = (d_{\max} + d_{\min})/2 \quad (2-3)$$

Аралашмадаги булакларнинг уртача улчами куйидагича хисобланади

$$d_{yp} = \frac{d_{yp1} a_1 + d_{yp2} a_2 + \dots + d_{ypn} a_n}{a_1 + a_2 + \dots + a_n} \quad , \quad (2-4)$$

бу ерда  $d_{y1}, d_{y2}, \dots, d_{yn}$ - хар бир фракциядаги булакларнинг уртача улчами;  $a_1, a_2, \dots, a_n$ - хар бир фракциянинг массавий таркиби, %.

Майдалаш жараёни асосан каттик ёки шартли равишда каттик деб кабул килинган материалларни эзиш, ёриш, синдириш, кесиш, аралаш, емириш (ейилтириш) ва зарба

бериш каби майдалаш усуллари билан амалга оширилади. У ёки бу усулни танлаш материалнинг улчамлари ва физик-механик хоссаларига боғлиқ.

Материалларни янчиш курук усулда (сув ишлатмасдан), юпка майдалаш эса материалларни намлаб амалга оширилади.

Майдалаш машиналарини хисоблаш услублари. Механик куч таъсирида каттик материал янчилганда унинг булаклари дастлаб деформацияланади (сикалади), сунгра хосил булган катта ва кичик ёриклар буйлаб емирилади (булакларга ажрайди). Натижада янги юзалар хосил булади. Бу пайтда сарфланган умумий иш микдори жисмнинг бирлик хажмини деформациялаш ва унда янги юза бирлигини хосил қилиш учун сарфланган иш микдорлари йигиндисидан иборат булади.

Бажарилган иш микдорларини аниқлаш имконини берувчи тенгламалар таркибига қирадиган коэффициентлар қийматлари куп ҳолатларда номаълум булади. Мазкур ҳолат ушбу тенгламалардан амалиётда фойдаланиш имкониятларини чегаралаб қуяди. Шу сабабдан, янчиш машиналарининг қувватлари тажриба йули билан, эмприк тенгламалар ёрдамида, аниқланади.

Йирик янчиш учун корхоналарда **ясси плитали (шекали) ва конусли машиналардан** фойдаланилади. Бундай машиналарда улчами 1500 мм дан кам булмаган булакларга (300÷100 мм) майдаланади, сунгра уртача ва майда янчишга мулжалланган конуссимон валикли машиналарга ( $d_2 \leq 100 \div 10$  мм) узатилади. Машинанинг асосий технологик курсаткичлари булиб материални шекалар оралигида ушланиб қолиш бурчаги  $\alpha$ , эксцентрик вални айланиш тезлиги  $n$ , иш унумдорлиги  $Q$  ва қуввати  $N$  хисобланади. Одатда  $\alpha \leq 2\phi$ , бу ерда  $\phi$ - ишқаланиш бурчаги,  $\text{tg}\phi = f$ ;  $f$ - материални шека юзаси буйича сирпаниши пайтидаги ишқаланиш коэффициенти,  $f = 0.3$ ,  $\alpha = 15 \div 22^\circ$ .

Эксцентрик вални айланиш тезлиги  $n$  ( $\text{мин}^{-1}$ ) қуйидаги тенглама ёрдамида аниқланади:

$$n_{\max} = \sqrt{\frac{450gtg\alpha}{S}} = 66.5 \sqrt{\frac{tg\alpha}{S}}, \text{ мин}^{-1}, \quad (2-5)$$

бу ерда  $S$ - шеканинг сурилиш йули, м;  $g = 9.81$  м/с<sup>2</sup>- эркин тушиш тезланиши. Одатда  $n = 150 \div 280$   $\text{мин}^{-1}$ .

Машинанинг иш унумдорлиги ( $\text{м}^3/\text{соат}$ ) қуйидаги тенгламалар ёрдамида хисобланади:

$$Q = 60 nV\mu = 60 nbF\mu, \quad (2-6)$$

бу ерда  $V$ - шеканинг бир йули давомида майдаланиб тушган материал хажми,  $\text{м}^3$ ;  $b$ - юкловчи тешикнинг узунлиги, м;  $F$ - юклаш туйнугининг кундаланг кесими юзаси,  $\text{м}^2$ ;  $\mu$ - махсулотни машинадан чиқиш пайтидаги уқаланишини хисобга олувчи коэффициент,  $\mu = 0.3 \div 0.65$ .

Махсулотни ушлаб қолиш бурчагининг ҳар қандай қийматлари учун шекали янчиш машинасининг иш унумдорлиги ( $\text{кг}/\text{соат}$ ) қуйидагича аниқланади

$$Q = 60 Sbh\rho\mu_{\text{yp}}/\text{tg}\alpha, \quad (2-7)$$

бу ерда  $\rho$ - майдаланаётган материални зичлиги,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $d_{\text{yp}} = (2L+S)/2$  - майдаланган материал булаklarининг уртача улчами, м;  $L$  ва  $b$ - махсулотни чиқариш туйнугининг эни ва узунлиги, м;

Майдалаш учун зарурий қувват ( $\text{кВт}$ ) қуйидаги ифодага кура аниқланиши мумкин

$$N = [\sigma]_c nb(d_1 - d_2)/(234 \cdot 10^9 E), \quad (2-8)$$

бу ерда  $[\sigma]_c$  - материални сикиш пайтидаги мустаҳкамлик чегараси, Па·с;  $d_1$  ва  $d_2$ - материал заррачаларининг дастлабки ва майдалан-гандан сунгги улчамлари, м;  $E$ - материалнинг бикирлик модули, Па.

**Конусли машиналар**да махсулот кузгалувчи конуссимон каллак ва кесик конус шаклидаги кузгалмас корпус орасидаги тиркишнинг кичрайиши туфайли йирик, уртача ва майда янчилган булакларга майдаланади.

Эксцентрикли валнинг айланиш частотаси куйидагича аникланади:

$$n = 47\sqrt{(\operatorname{tg} \alpha_1 + \operatorname{tg} \alpha_2)/L_3}, \quad \alpha_1 + \alpha_2 \leq 2 \varphi, \quad (2-9)$$

бу ерда  $\alpha_1$  ва  $\alpha_2$ - хар иккала конуслар учун материални ушлаб олиш бурчаги;  $L_3$ - эксцентрик узунлиги, м.

Машинанинг иш унумдорлигини ( $\text{м}^3/\text{соат}$ ) куйидаги тенгламадан хисоблаш мумкин

$$Q = 340 \mu n D_T L_3 d / (\operatorname{tg} \alpha_1 + \operatorname{tg} \alpha_2), \quad (2-10)$$

бу ерда  $D_T$ - махсулотни чиқиши учун мулжалланган тиркишнинг ташки диаметри, м;  $d$ - майдаланган материал булакларининг уртача улчами, м;  $\mu = 0.3 \div 0.5$ .

**Валикли янчиш машиналари**да материал бир-бирига карама-карши йуналишларда айланувчи валиклар орасида уртача, майда ва юпка янчиш турларини тавсифловчи улчамларгача эзилади.

Валикларнинг диаметрлари ва айланиш тезликлари бир хил ( $n_1 = n_2, d_1 = d_2$ ) ёки аксинча, хар хил ( $n_1 \neq n_2, d_1 \neq d_2$ ) булиши мумкин. Валиклар юзаси силлик, тарам-тарам каналли ёки тишли булиши мумкин. Валиклар сони биттадан саккизтагача, уларнинг чизикли тезлиги эса  $V = 2 \div 4,5$  м/с гача (max 7 м/с) булади.

Валикли машиналарда мурт материалларни майдаланиш даражаси  $i = 10 \div 15$ , каттик материаллар учун эса  $i < (3 \div 4)$  ораликларда булади. Валиклар диаметри учун  $D > (20 \div 25)d_{\text{урт}}$ , махсулотни ушлаб қолиш бурчаги учун эса  $\alpha < 30^\circ$  тавсиялар мавжуд. Шу билан бирга, лойихалаш жараёнларида ушбу бурчак кийматини куйидаги ифодадан аниклаш тавсия этилган

$$\operatorname{tg} \alpha/2 = f,$$

(2-11)

бу ерда  $f$ - ташки ишқаланиш коэффициенти.

Валикларни айланиш тезлиги ( $\text{мин}^{-1}$ ) куйидаги ифода буйича хисобланади

$$n = 616 \sqrt{f/(p d_1 D)} \quad (2-12)$$

ёки

$$\omega = \pi D n / 60, \quad \text{м/сек}, \quad (2-13)$$

бу ерда  $d_1$ - майдаланаётган материалнинг дастлабки улчами, м.

Агар  $D_1 = D_2 = D$  ва  $n_1 = n_2 = n$  булса, у холда валикли машинанинг иш унумдорлиги ( $\text{кг}/\text{соат}$ ) куйидаги тенглама ёрдамида хисобланиши мумкин:

$$Q = 60 \pi \delta n D L \rho \mu, \quad (2-14)$$

бу ерда  $\delta$ - валиклар орасидаги тиркиш кенглиги, м;  $L$  ва  $D$ - валикнинг узунлиги ва диаметри, м;  $n$ - валикни айланиш тезлиги,  $\text{мин}^{-1}$ ;  $\mu = 0,2 \div 0,3$ .

Агар валиклар тезлиги турлича ( $n^1 \neq n^2$ ) булса

$$Q = 3600 \delta L v_m \rho \mu, \quad (2-15)$$

бу ерда  $v_m$ - махсулотни валиклар орасидан утиш тезлиги,  $v_m = (v_1 + v_2)/2$ ;  $v_1$ - тез айланувчи (етаковчи) валикнинг тезлиги;  $v_2$ - секин айланувчи (етақланувчи) валик тезлиги.

Майдалаш машинасининг валидаги кувват (кВт)

$$N = (D L n / 35300) (d_1/2 + D^2/24000), \quad (2-16)$$

Ушбу (2-16) тенгламадаги барча геометрик улчамлар бирлиги сантиметрларда олинади.

**Болгали янчиш машиналарининг** асосий ишчи органи дисklarга утказилган уklarга эркин осилган пластинкасимон пулат болгачалардан иборат. Машинанинг ишчи органлари ута тез харакатланади ( $v = 30 \div 55$  м/сек), материалга болгачалар воситасида зарба бериш вақти эса ута киска. Майдаланиш даражаси  $i = 10 \div 15$ .

Болгачали янчиш жихозининг иш унумдорлиги (тн/соат) куйидаги тенглама ёрдамида хисобланади:

$$Q = 3600kD^2 Ln^2/(i - 1), \quad (2-17)$$

бу ерда  $D$  ва  $L$  - ротор диаметри ва узунлиги, м;  $n$  - роторни айланишлари сони, мин<sup>-1</sup>,  $k = 4 \div 6,2$ - эмпирик коэффицент.

Жихоз электродвигателининг куввати (Квт) куйидаги эмпирик тенгламадан топилади

$$N = 0,15 Q i. \quad (2-18)$$

**Шарли тегирмонлар** уз уки атрофида айланувчи горизонтал барабан шаклида тайёрланади. Бундай машиналардан махсулотни куқунсимон шаклда майдалаш учун фойдаланилади.

Машина барабани ичига майдаланадиган махсулот ва каттик материалдан (металл, фарфор) тайёрланган шарлар бир пайтни узида солинади. Шарлар диаметри  $35 \div 175$  мм. Барабан хажми шарлар билан  $30 \div 35\%$  гача тулдирилади. Барабанни критик  $n_{кр}$  ва ишчи  $n_{иш}$  айланишлари тезлиги (мин<sup>-1</sup>) куйидаги эмпирик тенгламалар ёрдамида аникланади:

$$n_{кр} = 42.4 \sqrt{D}; \quad n_{иш} = 0,75 n_{кр} = 32 / \sqrt{D} \quad (2-19)$$

Шарли тегирмон электродвигателининг куввати (кВт) эса куйидаги ифода асосида хисобланади:

$$N = 6,1 M_{ш} \sqrt{D} \quad (2-20)$$

бу ерда  $M_{ш}$ - шарларнинг умумий массаси, тн.;  $D$ - барабан диаметри, м.

### 2.1.2. Масала ечиш наъмуналари

**1-масала.** Шарли тегирмон барабанининг диаметри  $D=1000$  мм, унинг узунлиги  $L=2000$  мм. Майдаланган материал булаklarининг  $80\%$ - ини диаметри  $d_0=20$  мм. Майдаланган махсулот заррачаларининг  $85\%$ - ини улчамлари  $d_1=200$  мкм дан кичик булиши лозим. Барабанни шарлар билан тулдирилиш даражаси  $K_r=35\%$ . Пулат шарларни тукилган холатдаги эркин зичлиги  $\rho_{ш} = 4100$  кг/м<sup>3</sup>.

Тегирмоннинг иш унумдорлиги ва истъёмол кувватини хисобланг.

**Масалани ечим.** Тегирмон барабани хажмини аниқлаймиз

$$V_{\delta} = (\pi D^2/4)L = \pi * 1,0^2 * 0,25 * 2 = 1,571 \text{ м}^3.$$

Барабанни айланишлар частотаси

$$n_{\delta} = 32 / \sqrt{D}$$

Ишчи шарлар диаметрини  $d_{ш}=70$  мм деб кабул киламиз.

Барабанга юкланадиган шарларнинг умумий массаси

$$m_{ш} = V_{\delta} K_r \rho_{ш} = 1,571 * 0,35 * 4100 = 2254,4 \text{ кг.}$$

Тегирмоннинг иш унумдорлиги  $Q$  (тн/соат), майдаланган махсулот заррачалари улчамларининг белгиланган меъёрларда булиши шартдан келиб чикиб, куйидаги эмпирик тенглама ёрдамида хисобланади:

$$Q = V_{\delta} K D^{0,6} = 1,571 * 1,2 * 1^{0,6} = 1,885 \text{ тн/соат,}$$

бу ерда  $K=0,411 \div 1,5$ - майдаланаётган булак улчамидан боглик коэффицент.

Тегирмон электродвигателининг истъёмол куввати

$$N = 6,1 m_{ш} \sqrt{D} = 6,1 * 2,254 * 1 = 13,75 \text{ кВт.}$$

**2-масала.** Бир соатда  $65$  тн солодни майдалаш учун зарур булган валикли майдалагичларнинг сони, куввати ва валикларни айланиш тезлигини хисобланг. Солод донининг уртача улчами  $d_1=0,003$  м, зичлиги  $\rho=750$  кг/м<sup>3</sup>. Майдалгич валигининг диаметри  $D=0,25$  м, узунлиги эса  $L=1,5$  м. Машинага берилаётган махсулот сарфининг

нотаносиблик коэффициенти  $\varphi=0,65$ . Махсулот учун ташки ишканиш коэффициенти  $f=0,2$ .

**Масалани ечими.** Валикларни айланиш тезлиги (2-12) ва (2-13) тенгламалар ёрдамида ҳисобланади

$$n = 616 \sqrt{f / \rho d_1 D} = 616 \sqrt{0,2 / (750 * 0,003 * 0,25)} = 367,3 \text{ мин}^{-1}.$$

$$\omega = \pi Dn/60 = \pi * 0,25 * 367,3 / 60 = 4,8 \text{ м/сек.}$$

Одатда  $[\omega]=6 \div 8$  м/с. Ҳисоблашлар натижаси буйича  $\omega < [\omega]$ .

Машинанинг иш унумдорлигини (2-14) тенглама ёрдамида ҳисоблаймиз

$$Q = 60 \pi \delta n D L \rho \varphi = 60 \pi * 0,003 * 367,3 * 0,25 * 1,5 * 750 * 0,65 = 37951,5 \text{ кг/соат.}$$

Майдалагич валидаги қувват (2-16) тенглама буйича ҳисобланади

$$N = (D L n / 35300) (d_1 / 2 + D^2 / 24000) = (25 * 150 * 367,3 / 35300) (0,3 / 2 + 25^2 / 24000) = 6,869 \approx 7 \text{ кВт.}$$

Майдалагичларнинг зарурий сони

$$n = 55 \text{ тн/соат} / 38 \text{ тн/соат} = 1,45 \text{ дона.}$$

$n = 2$  дона деб қабул қиламиз.

**3- масала.** Ёпик циклда ишловчи болгали майдалагичга келиб тушаётган материал миқдори  $G=20$  тн/соат. Майдаланган махсулот улчами  $d_2 \leq 10$  мм булиши керак. Дастлабки материал таркибида улчами 10 мм дан кичик булган булақлар миқдори  $a=25\%$ -ни ташкил этади. Дастлабки материал ва майдалагичдан бир мартаба утган махсулот элақлаш машинасида (грохотда) сараланади. Грохотдан утказилган махсулотнинг  $b=65\%$ -и 10 мм дан катта булақлар эканлиги лаборатория шароитида аниқланган.

Майдалагич ва грохотнинг иш унумдорлигини аниқланг.

**Масалани ечими.** Дастлабки материал таркибидаги йирик булақларнинг массавий улушини ҳисоблаймиз

$$n = (100 - a) / 100 = 1 - 0,25 = 0,75.$$

Грохотнинг технологик ф.и.к.  $\eta=0,82$  деб қабул қилиб, ёпик циклда ишловчи майдалагич ишининг интенсивлигини аниқлаймиз

$$q = a / (\eta - b) = 0,75 / (0,72 - 0,665) = 4,41.$$

Майдалагичнинг иш унумдорлиги

$$Q_m = Gq = 20 * 4,41 = 88,2 \text{ тн/соат.}$$

Элақлаш машинасининг иш унумдорлиги

$$Q_r = Q_m + G = 88,2 + 20 = 108,2 \text{ тн/соат.}$$

### 2.1.3. Мустақил ечиш учун масалалар

1. Куйидаги катталиқлар кийматлари буйича болгали майдалгич валининг айланишлар частотасини аниқланг: материал доналарининг уртача массаси  $m=0,15$  кг, зарб кучи  $P=120$  Н, кучни таъсир вақти  $\tau=0,2$  сек.

2. Зичлиги  $500 \text{ кг/м}^3$  булган мурт материални майдалаш учун қулланиладиган икки валикли майдалагичнинг иш унумдорлигини куйидаги маълумотлар асосида ҳисобланг: валиклар диаметри  $D_1=D_2=0,15$  м, уларнинг узунлиги  $L=0,3$  м; валиклар оралигидаги тиркиш кенлиги  $\delta=0,0035$  м. Валикларни айланиш частоталари  $n_1=190 \text{ мин}^{-1}$  ва  $n_2 = 250 \text{ мин}^{-1}$ .

3. Болгали майдалагич электродвигателини қуввати 22 кВт, унинг роторини айланишлар частотаси  $1450 \text{ мин}^{-1}$  ва материални майдаланиш даражаси 7.5. Майдалагич ротори диаметри ва узунлигининг рационал кийматларини аниқланг.

3. Уйма зичлиги  $470 \text{ кг/м}^3$  булган донадор материални майдаланиш даражаси 31, хосил булган махсулот заррачаларининг уртача улчами  $0,1 \text{ мм}$  булса, беш валикли горизонтал майдалагич валигининг минимал диаметрини хисобланг. Материални валик юзасига ишкаланиш коэффициенти  $0,65$ .

5. Иш унумдорлиги  $8 \text{ тн/соат}$  булган болгали майдалагич двигателининг истеъмол кувватини аникланг. Махсулотнинг уйма зичлиги  $604 \text{ кг/м}^3$ , майдаланиш даражаси  $i = 8 \div 11$ .

6. Икки валикли майдалагич валикларининг хар бирини диаметри  $0,25 \text{ м}$ , узунлиги  $0,32 \text{ м}$ , улар орасидаги тиркиш кенглиги  $1,5 \text{ мм}$ . Майдаланаётган махсулот зичлиги  $630 \text{ кг/м}^3$ . Валиклар оралигидаги тиркишнинг тулдирилиш даражаси  $\varphi=0,6$ . Валикларнинг кайси бир айланишлар частотасида майдалагични иш унумдорлиги  $4 \text{ тн/соат}$  булади?

#### 4 – амалий машғулот Сочилувчан материалларни саралаш

**2.2.1. Назарий қисм.** Сочилувчан аралашмаларни шакли, улчами, суюклик ёки газ мухитларида чуқиши ва бошка хоссаларига кура уларни алохида фракцияларга ажратиш жараёни **саралаш** дейилади. Ушбу жараён материаллар таркибидан маълум катталиқ ва зичликка эга булган фракцияларни ажратиб олиш ёки уларни чикитлардан тозалаш максадларида кулланилади:

Саралаш жараёни механик услубда (элаклаш), гидравлик услубда (сув мухитида) ва хаво мухитида (сепарация) утказилади.

**Материалларни элаш** жараёнида аралашманинг бир қисми элак юзасида қолади, бошка қисми эса унинг тешикларидан утиб кетади. Жараёндан қузланган технологик максадга кура, материални элак юзасида қолган қисми чикит, ундан утгани эса махсулот хисобланади (ёки аксинча).

Хар бир элак аниқ мезоний тартиб рақамига ва утказиш юзасига  $\varphi$  эга. Элакларнинг тартиб рақамлари уларнинг тешиклари улчамига (мм) тенг. Элакнинг утказиш юзаси қиймати элакдаги барча тешиклар юзасининг  $\sum f_0$  элакнинг умумий юзасига  $F$  нисбати орқали аникланади

$$\varphi = (\sum f_0 / F_0) 100 \% = [(\pi n d_0^2 / 4) / (\pi D^2 / 4)] 100 \%, \quad (2-21)$$

бу ерда  $n$ - элак тешикларининг сони.

Одатда  $\varphi = 50 \div 70\%$  булиб, унинг қиймати элак турига боғлиқ.

Элаклаш жараёнининг самарадорлиги (%) куйидаги тенглама буйича хисобланади

$$X = \frac{C}{Q\alpha / 100} 100 = \frac{C}{Q\alpha} 10^4, \quad (2-22)$$

бу ерда  $Q$ - дастлабки материал (аралашма) массаси, кг;  $C$ - элакдан утган махсулот массаси, кг;  $\alpha$  - элакдан утган фракциянинг дастлабки махсулотдаги микдори;  $\alpha = C/Q$ .

Эланган махсулотга нисбатан жараённинг моддий баланси тенгламаси куйидаги куринишга эга

$$\frac{Q^* \alpha}{100} = C + \frac{T^* \beta}{100}, \quad (2-23)$$

бу ерда  $T$ - элак юзасида қолган махсулот микдори, кг;  $\beta$ - элакдан утиши лозим булган махсулотнинг  $T$  даги қолдиқ микдори (чала эланганлик курсаткичи).

Материал заррачаларини тавсифлаш учун (+) ва (-) белгилар ишлатилади.

(-) белгиси заррача улчами элак тешиклари улчамидан кичик эканлигини билдиради, (+) эса - аксинча. Масалан, заррачанинг улчами  $2 \text{ мм}$  дан катта ва  $3 \text{ мм}$  дан кичик ( $2 < d < 3$ )



булсин. Бундай заррача 3 мм элак тешигидан утиб кетади, 2 мм элак юзасида эса ушланиб колади. Бундай заррачани -3 + 2 деб белгилаш кабул килинган.

Махсулотнинг элак улчамларидан катта ёки кичик булган барча фракцияларини умумий фоизлари микдори куйидаги нисбатлардан топилади

$$\Delta_j = (G_j/G_0)100\%; \quad \Delta_0 = G/G_0, \quad (2-24)$$

бу ерда  $G_j$ - элак юзасида тутилиб колган махсулот вазни, г;  $G$ - элак тешикларидан утган махсулот вазни, г.

Фракциялар буйича махсулот заррачаларининг уртача улчамлари куйидаги тенглама ёрдамида аникланади

$$d_y = m_1 d_1 + m_2 d_2 + m_3 d_3 + \dots + m_j d_j = \sum m_j d_j, \quad (2-25)$$

бу ерда  $m_1, m_2, \dots, m_j$ - сочилувчан махсулотнинг алохида фракциялари вазни (микдори);  $d_1, d_2, \dots, d_j$ - алохида фракциялар буйича заррачаларнинг уртача улчамлари;  $j= 1, 2, \dots, n$ - фракциялар сони.

**Элаклаш машиналари.** Технологик максадларга кура материаллар бир маротаба ёки куп маротаба элакраниши мумкин. Ушбу жараёнлар - майдадан йирикка, каттадан кичикка ва аралаш услубларда амалга оширилади.

Элаш машиналарининг асосий ишчи органи - элаклар ясси текис юзали, цилиндрик ёки конуссимон шаклда булиши мумкин.

Эловчи жихозларда ясси текис элаклар силкитма ёки тебранма харакатли булиши мумкин, цилиндрик элаклар эса айланма харакат килади.

Силкинувчи грохотлардаги ясси элаклар дебалансли вибраторлар ёки кривошип-шатунли механизмлар ёрдамида тебранади. Элакларни тебраниши грохотларнинг иш унумдорлигини аниқловчи асосий катталик хисобланади. Шунинг учун бу катталикни минимал  $n_{\min}$  ва максимал  $n_{\max}$  кийматлари элаклар ишининг тахлили асосида аникланади.

Кузгалмас ясси элаклар горизонтга нисбатан кичик киялик бурчаги  $\alpha=6\div 14^\circ$  остида урнатилади. Бундай элакдаги материал окимининг харакат тезлиги  $v$  (м/сек) куйидагича аникланади

$$v = g \tau (\sin\alpha - f \cos\alpha), \quad (2-26)$$

бу ерда  $\tau$ - харакатланиш вакти, сек.;  $g= 9.81$  м/сек<sup>2</sup>- эркин тушиш тезланиши;  $f$ - харакатдаги материални элак юзасига ишқаланиши пайтидаги каршилик коэффиценти.

Горизонтал йуналишда тебранаётган элакнинг тебраниш частотасини минимал кийматлари

$$n_{\min} = 30 \sqrt{(\operatorname{tg} \varphi - \alpha)/r}, \quad (2-27)$$

бу ерда  $\varphi$ - ишқаланиш бурчаги,  $\operatorname{tg} \varphi = f$ ;  $r$ - кривошип радиуси, м.

Элакнинг тебранишлар частотасининг максимал киймати куйидаги тенгламадан аникланади

$$n_{\max} = 30 \sqrt{(\operatorname{tg} \varphi + \alpha)/r}. \quad (2-28)$$

Айланувчан цилиндрик ёки конуссимон элаккли машиналар буратлар деб аталади.

Барабанли элакларнинг айланишлар частотасини  $n_6$ , уларнинг иш унумдорлигини оптимал кийматларидан келиб чикиб, куйидаги тенгламадан аниқлаш тавсия этилади:

$$n_6 = 0,5 \sqrt{(g / \pi^2 R_y)}, \quad (2-29)$$

бу ерда  $R_y$ - конуссимон элакнинг уртача радиуси, м;  $g= 9.81$  м/с<sup>2</sup>- эркин тушиш тезланиши.

**Элаклаш машиналарининг** иш унумдорлиги  $1\text{ м}^2$  элак юзасидан 1соат вақт ичида 8 тн тозаланмаган махсулот утиши хисобидан келиб чикиб кабул килинади.

Грохотнинг электр юритмаси валини айлантириш учун зарур булган кувват (кВт) куйидаги эмпирик тенглама ёрдамида аниқланиши мумкин

$$N = kn^3 r^2 (G_y + G_m) 10^{-3} / 53430. \quad (2-30)$$

бу ерда  $k=2\div 2.5$ - тажрибавий коэффиценти;  $n$ - кривошипни айланиш частотаси, мин<sup>-1</sup>;  $G_y$ - элакнинг чайкалувчи кисмларини огирлиги (одатда шатун огирлигининг 2/3 кисми хам кушилади), Н;  $G_m$ - элакдаги махсулот огирлиги, Н.

Элакдаги махсулот огирлигини куйидагича хисобланади

$$G_m = Fh\rho g, \quad (2-31)$$

бу ерда  $F$ - элак юзаси,  $m^2$ ;  $h$ - махсулот катламини баландлиги,  $m$ ;  $\rho$ - махсулотни зичлиги,  $kg/m^3$ ;  $g$ - эркин тушиш тезланиши.

Айланувчи цилиндрик элакни бурат электродвигателининг куввати ( $kBt$ ) куйидаги тенглама ёрдамида хисобланади

$$N = (N_1 + N_2)/\eta, \quad (2-32)$$

бу ерда  $N_1$ - вал подшипникларидаги ишкालаниш кучларини енгиш учун сарфланадиган кувват,  $kBt$ ;  $N_2$ - барабанни бурилиш бурчагига тугри келувчи баландликка махсулотни кутариш учун сарфланадиган кувват,  $kBt$ ;  $\eta = 0.5 \div 0.7$ - механик узатмаларнинг умумий ф.и.к.

$N_1$  кувват киймати куйидаги тенглама буйича хисобланади

$$N_1 = (G_\delta + G_m) f_1 \pi d n 10^{-3} / 60, \quad (2-33)$$

бу ерда  $G_\delta$  ва  $G_m$ - барабан ва ундаги махсулотни огирликлари,  $H$ ;  $f_1 = 0.15 \div 0.2$ - подшипниклардаги сирпаниш каршиликлари коэффици-енти;  $d$ - вални подшипник остида жойлашган бугини диаметри,  $m$ ;  $n$ - вални айланиш частотаси,  $min^{-1}$ .

Цилиндрик барабанда махсулотнинг огирлик марказини кутарилиш баландлиги  $H = 0.3R$  деб кабул килинади. Бу ерда  $R$ - барабан радиуси.

Махсулотни  $H$  баландликка кутариш пайтида бажарилган иш микдори ( $Ж$ )

$$A = G_m H = G_m 0.3R.$$

Цилиндрик элакнинг  $\alpha = 45^\circ$  га бурилиши пайтида ушбу иш барабанни тулик айланишининг  $1/8$  кисмида ёки  $\tau = 60/(8n)$  вақт давомида бажарилади. У холда  $1$  сек ичида бажарилган иш ( $Bt$ )

$$W = A/\tau = G_m 0.3R8n/60 = G_m Rn/25$$

ёки  $N_2$  кувват киймати ( $kBt$ )

$$N_2 = W/1000 = G_m Rn/25000. \quad (2-34)$$

### 2.2.2. Масала ечиш намуналари

#### 2.2.3. Мустакил ечиш учун масалалар

1. Цилиндрик барабанли элаш машинасининг иш унумдорлигини куйидаги маълумотлар асосида хисобланг: барабан диаметри  $0.9$   $m$ ; барабандаги махсулот катламини баландлиги  $0.15$   $m$ ; барабан массаси  $420$   $kg$ ; барабандаги махсулот массаси  $180$   $kg$ ; махсулотни уйма зичлиги  $480$   $kg/m^3$ .

2.  $18$   $tn/soat$  микдордаги ёгли уругни бирламчи тозалаш учун кулланиладиган кия вибрацион элакнинг асосий улчамларини аниқланг. Элак тешикларининг диаметри  $10$   $mm$ . Дастлабки материални  $99.3\%$ -и элакдан утади. Элакдан утган барча дон улчамлари элак тешикларининг ярмидан кичик.

3. Рапс уругининг минерал чикитлардан бирламчи тозалаш учун кулланиладиган илгариланма-кайтма харакатланувчи ясси элакнинг эни  $0.8$   $m$ , узунлиги  $1.5$   $m$ . Элак юзасидаги уруг катламининг калинлиги  $15$   $mm$ . Кривошип-шатунли механизм валининг бир маротаба айланиши давомида уруглар  $12$   $mm$  га силжийди. Элак юзасида колган махсулот фракцияси буйича ускунанинг иш унумдорлиги  $900$   $kg/soat$ . Кривошип диаметри, харакатлантирувчи вални зарурий айланишлари сони ва элакнинг киялик бурчагининг рационал кийматларини аниқланг.

### III боб. Гидромеханик жараёнлар ва курилмалар

#### 5 – амалий машғулот Гидростатика асослари.

**3.1.1. Назарий қисм.** Гидравликанинг асосий атамаларидан бири "суюклик" тушунчасидир. **Суюкликлар** оқувчан хусусиятга ва хажмга эга, аммо муайян шаклга эга эмас.

"Газлар" суюкликлар каби шаклсиз, аммо муайян хажмга эга бўлмайди. Газларнинг ковшоклиги ва зичлиги суюкликларнинг ушбу хоссаларига нисбатан анча кичик. Газлар катта босимлар остида суюлтирилади.

Технологик системалардаги суюклик, буг ва газларнинг ҳаракат тезликлари товуш тезлигидан анчагина паст бўлади. Шунинг учун, уларнинг ҳаракатланиш қонунлари ҳам амалий жиҳатдан суюкликларни ҳаракат қонунлари билан деярли бир хил бўлади. Шу сабабдан узлуксиз ҳаракатдаги барча оқувчан моддий муҳитлар (моддалар) гидравликада суюклик сифатида курилади.

Суюкликларни ташки кучлар таъсири остида уз хажмини узгартириш хусусияти **сикилувчанлик** дейилади ва хажмий **сикилиш коэффициенти  $\beta$**  билан тавсифланади

$$\beta = -(dV/dP)(1/V), \quad (3-1)$$

бу ерда,  $dV$ - хажми нисбий узгариши,  $m^3$ ;  $V$ - дастлабки хажм,  $m^3$ ;  $dP$ - босимни ортиши, Па. Сув учун  $\beta = 0,5 \cdot 10^{-9} m^3/H$ .

Хажмий сикилиш коэффициентига тесқари бўлган катталиқ хажмий **бикирлик модули  $E$**  дейилади:

$$E = 1/\beta. \quad (3-2)$$

Ушбу катталиқ пластик ва ковшок суюкликларни тавсифлаш учун кенг қулланилади.

Технологик жараёнларда суюкликларни юқори ҳарорат таъсирида кенгайиши кузатилади. Ушбу жараён ҳарорат (ёки иссиқлик) таъсирида **ҳажмий кенгайиш коэффициенти  $\beta_t$**  билан тавсифланади:

$$\beta_t = (dV/dt)(1/V), \quad (3-3)$$

бу ерда  $dt$ - ҳароратни ортиши,  $^{\circ}C$ .

Агар сув ҳарорати  $0 \div 100^{\circ}C$  бўлса,  $\beta_t = 208 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ .

Оғирлик кучининг  $G$  интенсивлиги суюкликни солиштирма оғирлиги ( $H/m^3$ ) билан тавсифланади:

$$\gamma = \lim_{v \rightarrow 0} (G/V) = \lim_{v \rightarrow 0} (mg/V) = \rho g.$$

Суюкликнинг босим кучларини идиш тубига, деворларига ва унга қисман ёки тула чуқутирилган жисм сиртига қурсатадиган таъсири **гидростатик босим** қиймати билан белгиланади

$$P_F = \Delta P/\Delta F \text{ ёки } P = \lim_{\Delta F \rightarrow 0} (\Delta P/\Delta F), \quad (3-4)$$

$$\Delta F \rightarrow 0$$

бу ерда  $\Delta F$ - таъсир юзаси,  $m^2$ ;  $\Delta P$ - суюклик сатхининг босим кучи, Па.

Тинч ҳолатдаги суюкликнинг ҳар қандай нуктасидаги босим қиймати, барча йуналишлар бўйича бир хил ва ҳамма вақт нормал бўйича йуналган бўлади.

Босимни СИ системасидаги улчов бирлиги Па ( $H/m^2$ ). Амалиётда гидростатик босим кПа, МПа, техник атмосфера (ат), физик атмосфера (атм), мм симоб устуниси ва б. улчов бирликларида ифодаланиши мумкин (1.4\$ қаранг).

Абсолют (ёки тула)  $P_{абс}$  босим қиймати қуйидагича ҳисобланади

$$P_{абс} = \rho g H + P_{атм}, \quad (3-5)$$

бу ерда  $\rho g H$ - суюклик босими;  $g = 9,81 m/c^2$ - эркин тушиш тезланиши;  $H$ - суюклик сатхининг баландлиги, м;  $P_{атм}$ - суюклик сиртига таъсир қилаётган атмосфера босими.

Атмосфера босимидан ортикча (ёки манометрик) босим киймати  $P_{ман}$  суюкликдаги абсолют босим  $P_{абс}$  ва  $P_{атм}$  уртасидаги айирмага тенг

$$P_{ман} = P_{абс} - P_{атм} . \quad (3-6)$$

Сийракланиш (вакуум) шароитида амалга ошириладиган жараёнлар учун вакуум киймати

$$P_{вак} = P_{атм} - P_{абс} = -P_{ман} ; P_{вак} < P_{атм} . \quad (3-7)$$

Эйлернинг дифференциал тенгламасини интеграллаш туфайли тинч холатдаги суюкликнинг исталган ихтиёрий нуктасида гидростатик босим ва огирлик кучларининг кийматларини аниклаш мумкин:

$$z + \frac{P}{\rho g} = const , \quad (3-8)$$

бу ерда  $z$ - суюкликдаги нуктанинг ихтиёрий горизонтал текисликка нисбатан олинган баландлиги ёки геометрик напор, м;  $\frac{P}{\rho g}$  - статик (пъезометрик) напор ёки босим кучи, м.

(3-8) тенглама гидростатиканинг асосий тенгламаси дейилади. Ушбу тенгламага асосан, тинч холатдаги суюкликнинг хар кандай нуктасида геометрик ва статик босим кучларининг йигиндиси узгармас микдорга тенг.

Умумий холда гидростатиканинг асосий тенгламасини куйидагича ёзиш мумкин

$$P = P_0 + \rho g Z , \quad (3-9)$$

бу ерда  $P_0$  – суюклик юзасига таъсир килаётган босим (атмосфера босими, вакуум ёки атмосфера босимидан ортик булган босим);  $Z$ - суюклик устунининг баландлиги.

Бир хил зичликдаги ( $\rho_1 = \rho_2 = \rho$ ) суюклик билан тулдирилган иккита очик **туташ идишлар** учун гидростатикани асосий тенгламаси куйидаги куринишда булади:

$$P_{атм} + \rho g Z_1 = P_{атм} + \rho g Z_2 . \quad (3-10)$$

Ушбу тенгламадан  $Z_1 = Z_2$  эканлиги куринади. Шундай килиб, бир хил босим остида булган ва бир хил зичликдаги суюклик билан тулдирилган очик ёки ёпик туташ идишлардаги суюкликлар сатхи, идишларнинг кундаланг кесим юзаси ва шаклидан катъий назар, узаро тенг булади ва бир хил баландликда жойлашади.

Агар туташ идишлар турлича зичликдаги ( $\rho_1 \neq \rho_2$ ) суюкликлар билан тулдирилган булса, суюкликларнинг геометрик босимлари (нивелир баландликлари) нисбати ушбу суюкликларнинг зичликлари нисбатига тескари пропорционалдир

$$Z_1 / Z_2 = \rho_2 / \rho_1 . \quad (3-11)$$

Сигимли идишлардаги суюклик сатхини улчовчи трубкалар ва гидравлик затворлардан фойдаланиш принциплари туташ идишлар конунларига асосланган.

Бир хилдаги суюклик билан тулдирилган туташ идишларда суюкликлар юзасига таъсир этувчи босимлар киймати турлича ( $P_1 \neq P_2$ ) булиши мумкин. У холда гидростатиканинг асосий тенгламаси куйидаги куринишда булади:

$$P_1 + \rho g Z_1 = P_2 + \rho g Z_2 . \quad (3-12)$$

Ушбу тенгламадан идишлардаги суюклик сатхлари айирмаси аникланади

$$Z_1 - Z_2 = (P_1 - P_2) / \rho g . \quad (3-13)$$

(3-13) тенглама U- шаклдаги дифференциал манометрлар ёрдамида босимлар ёки турли нукталардаги босимларнинг фаркини улчаш учун кулланилади.

**Гидравлик пресслар**нинг асосий ишчи кисмлари  $d_1$  диаметри кичик ва  $d_2$  диаметри катта ишчи цилиндрлардан иборат булади. Кичик цилиндрдаги поршенга нисбатан катта булмаган куч билан босилса, туташ системада  $P$  босим хосил булади. Бу пайтда поршенларга курсатилаётган босим кучларининг кийматлари

$$P_1 = \rho \pi d_1^2 / 4 ; P_2 = \rho \pi d_2^2 / 4 . \quad (3-14)$$

**Ушбу кучларнинг нисбати**

$$P_1 / P_2 = d_2^2 / d_1^2 . \quad (3-15)$$

Шундай килиб, катта диаметрлик поршенга курсатилаётган босим кучи

$$P_2 = P_1(d_2^2/d_1^2). \quad (3-16)$$

Демак, гидравлик прессларда куч нуктаи назардан эришиладиган ютук поршенлар диаметрлари квадратларининг нисбатига тугри пропорционалдир.

Хар қандай шаклдаги (3.3-расм) идишга куйилган суюкликни унинг горизонтал тубига курсатадиган гидростатик босим кучи идишнинг шаклига ва ундаги суюклик хажмига боғлиқ эмас. Босим кучининг тула киймати суюклик устунининг баландлиги  $H$  ва идиш тубининг юзаси  $S$  билан аниқланади:

$$F = P S = (P_0 + \rho g H)S. \quad (3-17)$$

Бу ходисани Галилей аниқлаган ва гидравлик парадокслар деб номланади.

Идиш деворига курсатиладиган гидростатик босим идиш баландлиги буйича узгаради:

$$P = (P_0 + \rho g H)F, \quad (3-18)$$

бу ерда  $F$ - девор юзаси;  $H$ - идишдаги суюклик сатхи.

Агар идиш девори унинг вертикал укига нисбатан  $\alpha$  бурчак остида бажарилган булса

$$P = (P_0 + \rho g L \sin \alpha)F, \quad (3-19)$$

бу ерда  $L$ - деворнинг хулланган қисми узунлиги.

### 3.1.2. Масала ечиш намуналари

1- масала. Диаметри 1,2 м булган очик вертикал идишга 3 м баландликда сув куйилган. Идишнинг текис тубига курсатиладиган абсолют ва атмосфера босимидан ортик булган босимни хисобланг.

Масалани ечим. Сувни зичлиги  $\rho=1000 \text{ кг/м}^3$  ва атмосфера босимини  $P=9,81 \cdot 10^4 \text{ Па}$  деб қабул қиламиз.

Идиш тубига курсатиладиган босим киймати

$$P = \rho g h = 1000 \cdot 9,81 \cdot 3 = 29430 \text{ Па}.$$

Абсолют босим киймати

$$P_{\text{абс}} = P_0 + \rho g h = 9,81 \cdot 10^4 + 29430 = 127530 \text{ Па} \approx 127,5 \text{ кПа}.$$

2- масала. Технологик курилмадаги сийракланиш, вакуумметр курсаткичи буйича,  $P_{\text{вак}}=460 \text{ мм}$  симоб устунига тенг. Агар атмосфера босими  $P_{\text{атм}}=760 \text{ мм}$  симоб устунига тенг булса, курилмадаги абсолют босимни мм симоб устуни, Па ва метр сув устунида ифодаланг.

Масалани ечим. Курилмадаги абсолют босим  $P_{\text{абс}}=P_{\text{атм}} - P_{\text{вак}} = 760-460 = 300 \text{ мм}$  сим.уст. ёки  $P_{\text{абс}}=300 \text{ мм} \cdot 133,3 = 39990 \text{ Па}$  ёки  $P_{\text{абс}}=39990 \text{ Па} : 9,81 \cdot 10^3 \text{ Па} = 4,076 \text{ метр}$  сув устуни.

3- масала. Гидравлик прессинг поршенлари диаметри  $d_1=76 \text{ мм}$  ва  $d_2=315 \text{ мм}$ . Агар кичик поршенга таъсир этувчи босим кучи  $P_1=1 \text{ кгс/см}^2$  булса, махсулотни брикетлаш пайтида ҳосил булувчи босим кийматини хисобланг.

Масалани ечим. Махсулотни брикетлаш босими (8-28) тенглама ёрдамида хисобланади

$$P_2 = P_1 \cdot d_2^2 / d_1^2 = 1 \cdot 31,5^2 / 7,6^2 = 992,25 / 57,76 = 17,18 \text{ кгс/см}^2.$$

## 6 – амалий машғулот

### Гидродинамика асослари

**3.2.1. Назарий қисм.** Технологик қувурлар ва каналлар буйлаб суюқликларни узатиш учун насослардан фойдаланилади. Суюқликларнинг сатхлари ёки зичликлари орасида фарқ булганда ҳам оқим юзага келади.

Гидродинамика қонунларига асосан берилган микдордаги суюқликни ҳайдаш учун зарур булган босим қиймати ва энергия сарфини аниқлаш мумкин, ёки аксинча, маълум босимлар фарқи мавжуд булганда суюқлик сарфи ва тезлиги аниқланади.

**Оқимнинг тезлиги ва сарфи.** Вақт бирлиги ичида қувур ёки канал орқали оқиб утган суюқлик микдори **суюқлик сарфи** деб юритилади. Суюқлик сарфи ҳажмий  $Q$  ( $\text{м}^3/\text{сек}$ ,  $\text{м}^3/\text{соат}$ ,  $\text{л}/\text{сек}$ ) ёки массавий ( $\text{кг}/\text{сек}$ ,  $\text{кг}/\text{соат}$ ) бирликларда улчанади.

Суюқликни ҳажмий сарфи қуйидаги тенглама ёрдамида аниқланади

$$Q = v_y F, \quad (3-20)$$

бу ерда  $v_y$ - суюқлик оқимини уртача тезлиги,  $\text{м}/\text{с}$ ;  $F$ - оқимнинг қундаланг қесим юзаси,  $\text{м}^2$ .

Суюқликни массавий сарфи

$$M = \rho v_y F = Q \rho, \quad (3-21)$$

бу ерда  $\rho$ - суюқликни зичлиги,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Технологик қувурлардаги суюқлик оқимининг қундаланг қесим юзаси буйлаб тезликлар тақсимотини номаълумлиги сабабли муҳандислик ҳисобларида **суюқликни уртача тезлиги** тушунчаси қулланилади. Бундай шартли тезлик суюқликнинг ҳажмий сарфини оқимнинг қундаланг қесимига булган нисбати билан аниқланади:

$$v_y = Q/F. \quad (3-22)$$

Суюқликни массавий тезлиги ( $\text{кг}/(\text{м}^2\text{с})$ )

$$v_m = \rho v_y. \quad (3-23)$$

Амалиётда суюқликларни қундаланг қесим юзаси думалок булмаган каналларда оқиши ҳам қузатилади. Бундай ҳолларда канални эквивалент диаметри  $d_3$  (ёки гидравлик радиуси) тушунчасидан фойдаланилади

$$d_3 = F/\Pi, \quad (3-24)$$

бу ерда  $F$ -оқимнинг қундаланг қесим юзаси,  $\text{м}^2$ ;  $\Pi$ - канални қулланган периметри.

Қуйидаги 3.1-жадвалда турли шакллардаги каналларнинг эквивалент диаметрларини аниқлаш учун маълумотлар келтирилди.

3.1-жадвал. Каналларнинг эквивалент диаметрлари.

Т/р	Канал қесими юзасининг Шакли	$d_3$ ифодаси	Изоҳлар
1.	Айлана	$D_n$	$d_n$ - ички диаметр
2.	Халқа	$d_t - d_n$	$d_t$ - ташқи диаметр
3.	Квадрат	$a$	$a$ - квадрат томонлари
4.	Тугри туртбурчак	$2hb/(h+b)$	$h$ - туртбурчак баландлиги, $b$ - туртбурчакни эни
	- агар $b \gg h$ булса	$2h$	
	- агар $b/h=10$ булса	$1.8 h$	
	- агар $b/h=4$ булса	$1.6 h$	
	- агар $b/h=2$ булса	$1.3 h$	
5.	<i>Трубалар урами</i>	$\frac{D_n^2 - nd_t}{D_n + nd_t}$	$D_n$ - аппарат қобигининг ички диаметри, $n$ - трубалар сони, $d_t$ - трубани ташқи диаметри

**Окимнинг узлуксизлик тенгламаси** моддани сакланиш конунининг хусусий куруниши булиб, окимнинг моддий балансини ифодалайди. Масалан, кундаланг кесим юзалари  $F_1 \neq F_2 \neq F_3 \neq F_4$  булган турли диаметри кувур кесмларидан окиб утаётган суюкликни уртача тезликлари  $v_1 \neq v_2 \neq v_3 \neq v_4$  булиб, уларнинг кийматлари вақт буйича узгармас булади. Бу пайтда кувурлар буйлаб окиб утаётган суюкликнинг зичлиги  $\rho$  ва сарфи  $G$  ҳам кувур кесмларининг узунликлари буйича узгармас кийматга эга булади:

$$\rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_n = \rho; \quad G_1 = G_2 = \dots = G_n = G,$$

бу ерда  $n = 1, 2, 3, 4, \dots, N$ - кувур участкаларининг тартиб рақами.

Суюкликни массавий сарфи  $G = vF\rho$  эканлигини ҳисобга олинса

$$v_1 F_1 \rho = v_2 F_2 \rho = \dots = v_n F_n \rho = G \quad (3-25)$$

ёки

$$v_1 F_1 = v_2 F_2 = \dots = v_n F_n = \text{const.} \quad (3-26)$$

Демак, исталган вақт моментда кувурлар буйлаб окиб утаётган суюкликнинг миқдорий ёки ҳажмий сарфи узгармасдир. Бундай ҳолат учун

$$v_1/v_2 = F_2/F_1. \quad (3-27)$$

Ушбу тенгламадан ҳулоса шуки, суюклик тезлиги кувурнинг кесим юзасига тескари пропорционалдир, яъни, катта диаметри кувурда оким тезлиги кичик, ва аксинча, кичик диаметри кувурда суюклик тез оқади.

**Реал суюкликларни ҳаракат режимлари** Рейнольдс мезонининг критик киймати  $Re_{кр}$  билан аниқланади:

$$Re = \rho d v / \mu = \rho d / \nu, \quad (3-28)$$

бу ерда  $\nu$ - окимни уртача тезлиги, м/с;  $d$ - кувурни ички диаметри, м;  $\rho$ - суюкликни зичлиги, кг/м<sup>3</sup>;  $\mu$ - ковшоккликни динамик коэффициенти, Па·с;  $\nu$ - ковшоккликнинг кинематик коэффициенти, м<sup>2</sup>/сек.

Тугри ва текис юзали кувурлар учун  $Re_{кр} = 2300$ . Агар  $Re < 2300$  булса суюклик оқими ламинар режимда, агар  $Re > 2300$  булса- турбулент режимда булади.  $Re > 10000$  булганда суюкликни тургун турбулент режими юзага келади.  $2300 < Re < 10000$  чегаралар утиш соҳаси булиб, суюкликни ҳаракати нотургун - оқиш режими бир пайтнинг узида ламинар ёки турбулент ҳам булиши мумкин. Кувурлар девори ёнида суюклик ламинар ҳаракатда, кувур уқи атрофида эса турбулент режимда булади.

Ламинар режимда тугри ва думалок кувур уқи буйлаб кузатиладиган энг юқори тезлик  $v_{max}$  уртача тезликка нисбатан икки марта катта булади:

$$v_y = 0,5 v_{max}. \quad (3-29)$$

Турбулент режимда кувур кесими буйича тезлик нисбатан текис тарқалади

$$v_y = (0,8 \div 0,9) v_{max}. \quad (3-30)$$

**Гидравликанинг асосий тенгламаси** Бернулли тенгламасидир:

$$Z + P/(\rho g) + v^2/2g = \text{const}, \quad (3-31)$$

бу ерда  $Z$  - нивелир баландлик ёки геометрик босим, м;  $P/(\rho g)$  - пьезометрик (статик) босим, м;  $v^2/2g$  - тезлик (динамик) босими, м.

(3-31) тенгламанинг чап томонидан катталиклар йиғиндиси гидродинамик босим  $H$  деб юриталади.

Агар  $Z = h_r$ ,  $P/(\rho g) = h_{ст}$  ва  $v^2/2g = h_d$  деб белгиласак, унда

$$H = h_r + h_{ст} + h_d. \quad (3-32)$$

бу ерда  $h_r + h_{ст}$ - суюкликнинг бирлик массасини солиштирма потенциал энергияси;  $h_d$ - суюкликни солиштирма кинетик энергияси.

Суюклик оқими кувурнинг бир қисмидан иккинчи қисмига утганида ҳам умумий гидродинамик босим узгармайди, яъни:

$$Z_1 + P_1/(\rho g) + v_1^2/2g = Z_2 + P_2/(\rho g) + v_2^2/2g. \quad (3-33)$$

Ҳақиқий суюкликлар учун ушбу тенглама куйидагича ёзилади

$$Z_1 + P_1/(\rho g) + v_1^2/2g = Z_2 + P_2/(\rho g) + v_2^2/2g + h_{и}$$

ёки

$$h_r + h_{ct} + h_d + h_n = H, \quad (3-34)$$

бу ерда  $h_n$ - суюкликни харакатланиши пайтида ички ишқаланиш кучларини енгиш учун сарфланадиган босим (йукотилиш).

Агар суюклик горизонтал кувурда харакатланса

$$h_r = 0, h_{ct} + h_d + h_n = H.$$

Бернулли тенгламаси умумий гидродинамик босимни, суюкликларни тезлиги ва сарфини, суюкликларни турли идишлардан окиб чиқиш вақтини аниқлаш каби бир қатор муҳандислик масалаларини ечишда кулланилади.

**Технологик кувурларнинг гидравлик қаршиликларини аниқлашдан асосан иккита мақсад кузланган:**

- аппаратни технологик тизим таркибига киритилиши туфайли пайдо буладиган қушимча гидравлик қаршилик қийматини аниқлаш;

- суюкликни аппарат ва унинг кувурлари буйлаб ҳайдаш учун зарур бўлган қувватни аниқлаш.

Технологик аппаратлар ва кувурларнинг гидравлик қаршиликларини ҳисоблаш натижаларига қура насос танланади.

Кувурлардан ҳайдалаётган суюклик босимининг бир қисми ички ишқаланиш кучлари қаршилигини  $\Delta P_n$  ва маҳаллий қаршиликларни  $\Delta P_m$  енгиш учун сарфланади.

$$\Delta P = \Delta P_n + \Delta P_m, \quad (2-52)$$

бу ерда  $\Delta P$ - суюклик босимини (напори) йукотилиши, Па .

Суюкликни харакатланиши пайтида ички ишқаланиш кучлари кувур ва каналларнинг бутун узунлиги буйлаб мавжуд булади, уларнинг қиймати эса оқим режимидан боғлиқ. Оқим режими  $Re$  критерийсидан, бу эса уз навбатида суюкликнинг қовушқоклигидан боғлиқ булади.

Ишқаланиш кучларини енгиш учун сарфланадиган босимнинг йукотилиши қуйидаги тенглама буйича ҳисобланади

$$\Delta P_n = \lambda (v^2 \rho / 2) (L / d_3), \quad (2-53)$$

бу ерда  $\lambda$ - ички ишқаланиш коэффициентини;  $v$ - суюклик оқимининг уртача тезлиги, м/с;  $\rho$ - суюкликнинг зичлиги, кг/м<sup>3</sup>;  $L$ - кувур ёки каналнинг узунлиги, м;  $d_3$ - кувур ёки каналнинг эквивалент диаметри, м.

$\lambda$  коэффициенти қиймати кувур деворининг гадир-будурлиги  $\Delta$  баландлиги ва оқим режимидан  $Re$  боғлиқ бўлиб, қуйидаги тенгламалар ёрдамида аниқланиши мумкин.

Тугри ва гидравлик жихатидан силлик (масалан, шиша) кувурлардаги ламинар оқим режими ( $Re < 2300$ ) учун

$$\lambda = A / 64, \quad (2-54)$$

бу ерда  $A$ - кувурни кундаланг қесими юзасининг шакл коэффициенти, масалан, думалок кувурлар учун  $A = 64$ , квадрат шаклидаги каналлар учун  $A = 57$ ,  $b$  кенгликдаги халқасимон қесим юзаси учун эса  $A = 53$ ,  $d_3 = 0.58 b$  .

Агар гидравлик жихатдан силлик кувурлардаги суюклик оқими турбулент бўлса ( $Re = 4 \cdot 10^3 \div 10^4$ )

$$\Delta P_n = (0.3164 / \sqrt[4]{Re}) (L / d_3) (\rho v^2 / 2), \quad (2-55)$$

ёки

$$\lambda = 0.3164 / \sqrt[4]{Re}. \quad (2-56)$$

Пулат ёки чуян трубалар деворларининг юзаси микроскопик нотекисликларга  $\Delta$  (гадир-будурликка) эга булади. Бундай труба деворининг нисбий нотекислиги

$$\Delta = K / d_3, \quad (2-57)$$

бу ерда  $K$ - кувурни абсолют нотекислиги, масалан, янги кувурлар учун  $K = 0.06 \div 0.1$  мм; агар улар ишлатилган бўлса  $K = 0.1 \div 0.2$  мм.  $\Delta$ - қийматлари ушбу услубий курсатма иловасининг 13-жадвалида келтирилган.



Девор юзаси нотекис булган трубалар учун  $\lambda$  киймати куйидаги тенглама буйича хисобланади

$$1/\lambda = -2 \lg \left[ \frac{\xi}{3.7} + \left( \frac{6.81}{\text{Re}} \right)^{0.9} \right]. \quad (2-58)$$

Агар турбулент оким учун  $\text{Re} < 10^5$  булса,  $\lambda$  кийматини куйидаги тенгламадан хисоблаш тавсия этилади

$$\lambda = 1/(0.78 \ln \text{Re} - 1.5)^2. \quad (2-59)$$

$\text{Re} > 10^5$  булганда турбулент режим ута ривожланган булиб,  $\lambda$  киймати  $\text{Re}$  мезонига боғлиқ булмай қолади (автомодел режими). Ушбу ҳолат учун  $\lambda$  киймати куйидаги тенгламадан аниқланади

$$\lambda = 1/(0.87 \ln 3.7/\Delta)^2, \quad (2-60)$$

Аппарат трубаларидан оқиб утаётган суюқлик ҳарорати труба деворининг ҳароратига нисбатан узгарувчан булганлиги сабабли (2-53) ва (2-54) тенгламаларнинг унғ томонида ифодани улчамсиз  $k_x$  коэффициентига қупайтириш керак:

- ламинар оким учун

$$k_x = (\text{Pr}_d/\text{Pr})^{1/3} [1 + 0.22 (\text{Gr Pr Re}^{0.15})], \quad (2-61)$$

- техник жихатдан силлик трубалардаги турбулент оким учун

$$k_x = (\text{Pr}_d/\text{Pr})^{1/3}. \quad (2-62)$$

Газлар ва сув буги ҳароратларининг узгариши  $\text{Pr}$  мезони кийматига деярли таъсир этмайди. Шу сабабдан газ муҳитлари учун  $k_x = 1$ .

Айрим технологик аппаратларда ишқаланиш кучларини енгилш учун сарфланадиган босимнинг йукотилиши куйидаги тенгламалар ёрдамида хисобланиши мумкин.

Кожух трубаи аппаратларнинг трубаларида ҳаракатланаётган суюқлик босимини йукотилиши

$$\Delta P_m = \lambda \frac{l n}{d_3} \cdot \frac{v^2 \rho}{2}, \quad (2-63)$$

бу ерда  $l$ - иссиқлик узатувчи битта трубанинғ узунлиги, м;  $n$ - трубаларнинг умумий сони.

Змеевикларда ҳаракатланаётган суюқлик босимини йукотилиши

$$\Delta P_{зм} = \Delta P_m \psi = \lambda \frac{l}{d_3} \cdot \frac{v^2 \rho}{2} \left( 1 + 3.54 \frac{d_3}{D_3} \right), \quad (2-64)$$

бу ерда  $\psi$ - тузатиш коэффициентини;  $D_3$ - змеевик урамларининг диаметри, м;  $d_3$ - змеевик трубасининг диаметри, м;  $L$ - змеевикнинг узунлиги, м.

Пластинкали аппаратлар учун

$$\Delta P_{пл} = 22.4 / \text{Re}^{0.25} \cdot \frac{L_k}{d_3} \cdot \frac{\rho \omega^2}{2} Z_n, \quad (2-65)$$

бу ерда  $L_k$  ва  $d_3$ - пластиналар оралигидаги каналнинг узунлиги ва эквивалент диаметри;  $\omega = V/(f m)$ - суюқликнинг тезлиги, м/с;  $V$ - суюқликнинг ҳажмий сарфи, м<sup>3</sup>/с;  $f$ - каналнинг кесим юзаси, м<sup>2</sup>;  $m$ - пакетдаги каналлар сони;  $Z_n$ - кетма-кет уланадиган каналлар ёки секциялардаги пакетлар сони.

Технологик қувурларга урнатиладиган кран ва жумраклар, қувурларнинг йуналишини узгартирувчи тирсақлар, қувурларни кенгайган ёки торайган қисмлари ва б. **махаллий каршилиқлар** деб юритилади. Суюқликни бундай каршилиқлардан оқиб утиши пайтида оким йуналиши ва тезлиги узгаради. Бу пайтда  $\Delta P_i$  дан ташқари, қушимча равишда, босим йукотилиши  $\Delta P_m$  кузатилади. Оким йуналишини узгариши пайтида инерция кучлари таъсири туфайли уюрмалар ҳосил булади.

Махаллий каршилиқларни енгилш учун сарфланадиган босим (напор) киймати куйидаги тенглама ёрдамида хисобланиши мумкин

$$\Delta P_M = \sum_{i=1}^n \varphi_i \rho v^2 / 2, \quad (2-66)$$

бу ерда  $\varphi_i$  - махаллий каршилиқ коэффициентлари.

Махаллий каршилиқларни хар бир тури учун  $\varphi_i$  киймати махсус маълумотномаларда келтирилади, масалан (2.1-жадвал),  $90^\circ$  ли тирсак ( $R = 4d$ ) учун  $\varphi = 1.0$ ;  $d_y = 50$  булган жумракни тулик очик холати учун  $\varphi = 4,6$  ва х.

Шундай килиб, ички ишқаланиш ва махаллий каршилиқларни енгиш учун сарфланган босимнинг умумий киймати ёки технологик кувурнинг тулик гидравлик каршилиги

$$\Delta P = \Delta P_H + \Delta P_M = 0,5v^2\rho(\lambda L/d_3 + \sum\varphi_i). \quad (2-67)$$

2.1-жадвал. Махаллий каршилиқлар коэффициентларининг кийматлари

т/р	Махаллий каршилиқ тури	Каршилиқ коэффициентлари киймати
1.	$D_y = 50$ мм жумракни, тулик очик холати учун	4,6
2.	$d_y = 400$ мм жумрак, тулик очик холати учун	7,6
3.	Задвижка	$0,5 \div 1,0$
4.	Кран	$0,6 \div 2,0$
5.	$R = d$ булган тирсак, $\alpha = 90^\circ$	0,3
6.	$R = 4d$ булган тирсак, $\alpha = 90^\circ$	1,0
7.	Кувурларга кириш	$0,2 \div 0,5$
8.	Кувурлардан чиқиш	1,0
9.	Пробкали кран, тула очик булса агар $20^\circ \leq \alpha \leq 50^\circ$	0,05 $2 \div 9.5$
10.	U- шаклидаги кувурда $180^\circ$ га бурилиш	0,5

Суюклик ёки газ мухитини технологик кувурлар системаси буйлаб хайдаш пайтидаги гидравлик каршилиқларни енгиш учун сарфланадиган зарурий кувват  $N$  (кВт) киймати куйидаги тенгламалар буйича хисобланади

$$N = V \Delta P / (1000 \eta), \quad (2-68)$$

ёки

$$N = G \Delta P / (1000 \rho \eta), \quad (2-69)$$

бу ерда  $V$  - суюкликнинг хажмий сарфи, м<sup>3</sup>/сек;  $G$  - суюкликнинг массавий сарфи, кг/сек;  $\eta$  - насоснинг ф.и.к.

Технологик курилмаларнинг штуцерлари ва туташув кувурларининг диаметрларини аниқлаш учун ишчи мухитлар тезликларининг саноат корхоналари шароитларида аниқланган кийматларидан (3.3-жадвал) фойдаланиш тавсия этилади.

3.3-жадвал. Ишчи мухитларнинг тавсия этилган тезликлари

Т/р	Ишчи мухитлар	Харакат режими ёки ишчи мухит холати	Тезлик, м/сек
1.	Ковушкок суюкликлар	Эркин оқиб тушиш, насослар ёрдамида хайдаш	$0,5 \div 1,0$
2.	Ковушкоклиги кам томчи суюкликлар	Огирлик кучи таъсирида эркин оқиб тушиш	$0,5 \div 2,0$
3.	Суюкликлар	Насосларнинг - суриш кувурларида хайдаш кувурларида	- $0.8 \div 2.0$ $1.5 \div 3.0$
4.	Газлар	- табиий сурилиш - вентиляторларда	$2 \div 4$ $4 \div 15$

		- компрессорларда	15÷25
5.	Туйинган сув буглари	<b>Ишчи босим, мПа:</b> - 0,1 гача - 0.1÷0.05 - 0.05÷0.02 - ута киздирилган буглар - иккиламчи буглар	25÷30 20÷40 40÷60 30÷50 30÷35

**Суюкликларни резервуарлардан окиб чиқиши.** Саноат корхоналарида технологик курилмалар ва турлича сизимли идишлардан (бак, куб, цистерна, ва х.) суюкликларни даврий равишда тукиш заруриятлари мавжуд булади. Ушбу операциялар идиш деворига уйилган махсус тешиклар (люк, туйнук) ёки унга пайвандланган патрубклар воситасида амалга оширилади.

Махсус учликлар (насадкалар) калта ( $L/d < 4$ ) патрубклар куринишида булиб, улар цилиндрсимон, кенгаювчи ва тораювчи, конуссимон ва коноидал шаклларда булиши мумкин.

Суюкликларни тешиклар ва учликлар оркали окиб чиқиш жараёнининг урганиш туфайли уларни сарфи (дозаси), окиб чиқиш тезлиги ва идишни бушатилиш вакти аникланади. Бу пайтда асосий тенглама сифатида Бернулли тенгласидан фойдаланилади.

Суюкликларни резервуарлардан окиб чиқиш жараёнларни ҳисоблаш пайтида куйидаги ҳолатлар ҳисобга олинади.

- идишдаги суюклик сатҳини узгарувчан ва узгармас булиши;
- жараён атмосфера босимида ёки ундан ортик босимларда амалга оширилиши;
- учликлар ва тешикларни идиш деворига нисбатан жойлашуви (остки қисмида ёки ёнбошида);

- учликлар шаклининг турлича булиши.

Атмосфера босими остида булган ( $P_1 = P_2 = P_{\text{атм}}$ ) идишдаги суюкликни идиш тубидаги думалок патрубклардан окиб чиқиш тезлиги:

$$v_2 = \sqrt{2gH} / (1 + \varphi) = \varphi \sqrt{2gH}, \quad (3-35)$$

бу ерда  $1/\sqrt{1+\varphi} = \varphi$  - тезлик коэффициентини;  $H$  - идишдаги суюклик сатҳи, м.  $\varphi$  - босимни учликларда йукотилишини ҳисобга олувчи қаршилик коэффициентини. Тезлик коэффициентининг қиймати идиш деворининг қалинлиги ва тешик шаклидан боғлиқ булади. Масалан, думалок тешиклар учун  $\varphi = 0.97$ , ташки цилиндрлик учликлар учун  $\varphi = 0.83$  ва х.

Юпка деворли идишлардан суюкликларни окиб чиқиш пайтида, тахминан тешик радиусига тенг масофада, оқим стволини сиқилиши кузатилади. Натижада унинг тезлиги ва босими камаёди. Бундай ҳолат тешикдан чиқаётган суюклик оқимининг сиқилиш коэффициентини  $\varepsilon$  оркали ҳисобга олинади

$$\varepsilon = F_2/F_0, \quad (3-36)$$

бу ерда  $F_0$  - тешик ёки учликдан утаётган суюклик оқимининг қундаланг қесим юзаси;  $F_2$  - тешикдан утган суюклик оқимининг сиқилган жойдаги қундаланг қесим юзаси.

$\varphi$  ва  $\varepsilon$  коэффициентларнинг узаро қупайтмаси сарф коэффициентини деб юритилади

$$\alpha = \varphi \varepsilon. \quad (3-37)$$

$\alpha$  коэффициентининг қиймати суюкликнинг физик хоссаларига, оқим тезлигига ва тешик шаклига боғлиқ булиб, тажрибалар асосида аникланади. Сув ва ковушқоклиги жихатидан унга яқин булган суюкликлар учун,  $Re > 10^4$  булган ҳолларда,  $\alpha \approx 0.62$ .

Тешик ва учликлар оркали резервуардан окиб чиқаётган суюкликнинг ҳажмий сарфи куйидаги тенглама ёрдамида аникланади

$$Q = \alpha F_0 \sqrt{2gH}. \quad (3-38)$$

Демак, хар кандай шаклдаги идиш тубига жойлашган учликдан окиб чикаётган суюклик микдори унинг идишдаги сатхидан  $H$ , тешикнинг шакли ва катталигидан  $F_0$  боғлиқ булади.

Ушбу (3-38) тенгламани идишнинг ёнбошига урнатилган учликлардан окиб чикаётган суюклик сарфини аниқлаш учун ҳам куллаш мумкин. Бундай ҳолат учун  $H$ -суюкликни юкори сатхидан то учлик укигача булган масофадир.

Агар суюклик юзасига таъсир этувчи босим киймати атмосфера босимидан фаркли булса ( $P_{\text{вак}} < P_1 < P_{\text{атм}}$ ), у ҳолда узгармас сатхли суюкликни резервуардан окиб чиқиш тезлиги куйидагича аникланади:

$$v_2 = \varphi \sqrt{2g \left[ H + (P_1 - P_2) / \rho g \right]}, \quad (3-39)$$

бу ерда  $H + (P_1 - P_2) / (\rho g)$  – суюкликни тула босими.

Суюклик сатхи узгарувчан булган ҳолларда идишни тула ёки қисман бушатиш учун зарур булган вақт  $\tau$  аникланади. Суюкликнинг босими ёки баланд-лигини вақт бирлиги ичида узгариши билан унинг идиш тешигидан окиб чиқиш тезлиги ҳам узгаради.

Бу пайтда идишдан окиб чикаётган суюклик сарфи, (3-38) тенгламага асосан, куйидагича ифодаланади:

$$dQ = \alpha F_0 \sqrt{2gH} dt. \quad (3-40)$$

бу ерда  $F$ - идишнинг кундаланг кесим юзаси,  $F = \text{const}$ .

Идишдаги суюклик сатхини  $H$  дан то  $H_1$  баландликкача камайтириш (идишни қисман бушатиш) учун зарур буладиган вақт куйидагича аникланади

$$\tau = 2F (\sqrt{H} - \sqrt{H_1}) / (\alpha F_0 \sqrt{2g}). \quad (3-41)$$

Идишдаги суюкликни бутунлай окиб чиқиш (идишни тула бушатиш  $H_1=0$ ) вақти

$$\tau = 2F \sqrt{H} / (\alpha F_0 \sqrt{2g}). \quad (3-42)$$

### 3.2.2. Масала ечиш наъмуналари

**1-масала.** Куйида келтирилган бирламчи маълумотлар асосида куш куворли совуткич қобигидаги сувнинг ҳаракат режимини аниқланг. Курилманинг ички кувори диаметри  $d=25 \times 2$  мм, унинг ташқи кувори диаметри  $D = 51 \times 2,5$  мм. Сувнинг массавий сарфи  $G=5100$  кг/соат, зичлиги  $\rho=1000$  кг/м<sup>3</sup> ва ковушқоклиги  $\mu=1 \cdot 10^{-3}$  Па с.

**Масалани ечим.** Курилмани халқасимон кесим юзасининг эквивалент диаметрини аниқлаймиз

$$d_3 = 4F/\Pi = 4\pi(D^2 - d^2)/4\pi(D+d) = D_{\text{и}} - d_{\text{т}} = 0,046 - 0,025 = 0,021 \text{ м.}$$

Сувнинг окиш тезлигини сарф тенгламасидан аниқлаймиз

$$v_y = Q/F = 4G/3600\rho\pi(D_{\text{и}}^2 - d_{\text{т}}^2) = 4 \cdot 5100/3600 \cdot 1000 \cdot \pi(0,046^2 - 0,025^2) = 1,175 \text{ м/с.}$$

Рейнольдс критерийси кийматини аниқлаймиз

$$Re = v_y d_3 \rho / \mu = 1,175 \cdot 0,021 \cdot 1000 / 1 \cdot 10^{-3} = 24675.$$

Шундай қилиб,  $Re = 24675 > 2300$  булганлиги сабабли, курилма қобигидаги сувнинг ҳаракат режими турбулент экан.

**2-масала.** Диаметри 1250 мм булган цилиндрик чан 2 м баландликда сув билан тулдирилган. Чан тубига диаметри 50 мм булган патрубкка урнатилган. Чанни тула бушатиш учун зарур булган вақтни ҳисобланг.

**Масалани ечим.** Чандаги сувни тула окиб чиқиш вақтини (3-42) тенглама буйича ҳисоблаймиз

$$\tau = 2F \sqrt{H} / (\alpha F_0 \sqrt{2g}),$$

бу ерда  $F$  - чанни кесим юзаси,  $m^2$ ;  $H=2$  м- чандаги суюқлик сатхи;  $\alpha$ - сарф коэффициенти,  $\alpha=0,62$  деб кабул киламиз;  $f_0$ - патрубкани кесим юзаси,  $m^2$ ;  $g=9,81m/c^2$ - эркин тушиш тезланиши.

Чан ва патрубка кесим юзалари

$$F = \pi D^2/4 = \pi * 1,25^2/4 = 1,227m^2;$$

$$f_0 = \pi d_0^2/4 = \pi 0,05^2/4 = 0,002m^2.$$

Катталиқлар кийматини тенгламага куйсак

$$\tau = (2 \cdot 1,227 \cdot \sqrt{2}) / (0,62 \cdot 0,002 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81}) = 632 \text{сек} \approx 10,5 \text{мин.}$$

### 3.2.3. Мустақил ечиш учун масалалар

1. Кожух-трубкали вертикал совуткич диаметри 19x2 мм булган 61 дона трубкadan иборат. Совук сув курилма трубкaларига диаметри 57x3,5 мм булган кувурдан 1,5 м/сек тезликда берилaди. Сув курилманинг куйи кисмидан юкорига ва геометрик кутариш баландлиги 4.8 м булса насос ёрдамида узатиладиган суюқлик сарфини аниқланг. Каршилиқ коэффициенти  $\lambda = 0.03$ .

Насос ва кувурнинг характеристикасини кулинг ва ундан ишчи нуктани аниқланг. Агар геометрик кутариш баландлиги 19 метрга етказилса насоснинг иш унумдорлиги кандай узгаради? Жавоб:  $Q_1=0.4 m^3/\text{мин}$ ,  $Q_2=0.3m^3/\text{мин}$ .

## 7 – амалий машғулот

### Суюқликларни насослар ёрдамида узатишни хисоблаш

#### Назарий қисм

Куракли насослар ҳосил қилган босими.

Насос ҳосил қилган босим баландлиги деб хайдалаётган суюқликнинг солиштирма энергиясининг насоснинг сўриш қисмидан хайдаш қисмида ортга микдорига айтилади.

Бернулли тенгламасига асосан насоснинг киришдаги тўла энергия,

$$E_K = Z_1 g + \frac{p}{\rho} + \frac{v^2}{2}$$

Бу ерда:  $Z_1$  – насоснинг сўраётган суюқлик сатхидан насосга кириш қисмининг оғирлик марказигача бўлган баландлик

$P_1$  – насосга киришдаги босим

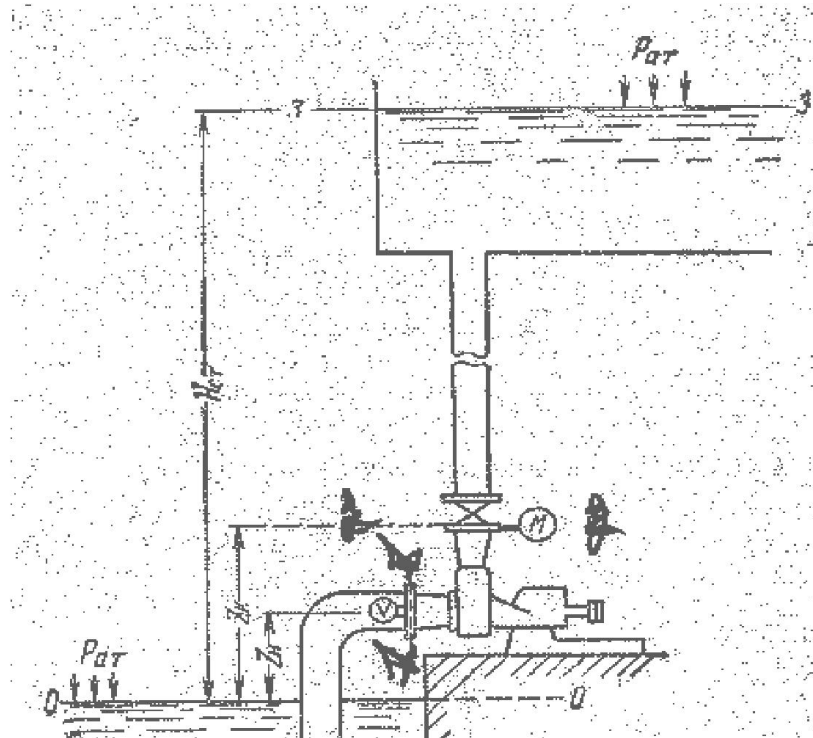
$v_1$  – насосга киришдаги суюқлик тезлиги

Насосдан чиқаётган суюқликнинг тўла энергияси

$$E_2 = Z_2 g + \frac{P_2}{\rho} + \frac{v^2}{2}$$

Бу ерда:  $Z$  - насосга чиқиш қисмигача бўлган баландлик

$P_2$  ва  $U_2$  мос холда насосдан чиқадиган абсолют босим ва суюқликнинг тезлиги



Насоснинг кириш қисмидан чиқиш қисмига ўтишдаги энергиянинг ўзгариши.

$$H = \frac{1}{g}(E_2 - E_1) = (Z_2 - Z_1) + \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + \frac{\sigma^2 - \sigma^1}{2g} \quad (2.1)$$

(2.1) формуланинг биринчи иккита қиймат йиғиндиси ортгирма босимни ифодалайди буни монометрик босим баландлиги дейилади.

$$H_{\text{мон}} = (Z_2 - Z_1) + \frac{p_2 - P_2}{\rho g} \quad (2.2)$$

У холда насоснинг босим баландлиги

$$H_{\text{н}} = H + \frac{\sigma_{2-v_1}}{2g} \quad (2.3)$$

Амалиётда монометрик босим баландлиги насоснинг ўқи сўрилаётган суюқлик сатхидан жойлашганда қуйидагича бўлади

$$H_{\text{мон}} = M_0 = V_0$$

Бу ерда:  $M_0$  ва  $V_0$  мос холда монометр ва вакуумметрнинг кўрсатиши. Агар насоснинг ўқи суюқлик сатхидан пастда жойлашган бўлса

$$H_{\text{мон}} = M_0^x - M_0^c$$

Бу ерда:  $M_0^x$  ва  $M_0^c$  мос холда насоснинг хайдан ва сўриш каналидаги монометрнинг кўрсатиши.

Насоснинг ўқи вертикал жойлашган бўлса монометр ва вакуумметрларнинг кўрсатиши керакли насосларнинг ишчи ғилдирагини кўндаланг кесимга нисбатан ҳисобланади.

Агар насос кўп поғонали бўлса биринчи поғонадаги ишчи ғилдиракга нисбатан ҳисоб олинади.

Насос станцияларини лойихалашда фақат монометр ва вакуумметр кўрсатиши бўйича эмас насоснинг сўриш ва хайдаш қисмидаги босимни камайиши ҳам ҳисобга олинади

Бернулли тенгламасини насос қурилмасининг 0-0 ва 1-1 кесимлари учун қўлласак,

$$\frac{P_{атм}}{p} = z_1 g + \frac{p_1}{p} + \frac{v_1^2}{p} + g\Delta h_{2-3}$$

ёки

$$\frac{P_1}{p} = \frac{P_{атм}}{p} - z_1 \cdot g - \frac{v_1^2}{p} - g\Delta h_{2-3} \quad (2.4)$$

2-2 ва 3-3 кесимлар учун Бернулли тенгламасини қўлласак

$$gz_2 + \frac{P_2}{p} + \frac{v_2^2}{p} = gH_{CT} + \frac{P_{атм}}{p} + g\Delta h_{2-3}$$

ёки

$$\frac{P_2}{p} H_{CT} - g \cdot z_2 + \frac{P_{атм}}{p} - \frac{v_2^2}{p} + g\Delta h_{2-3} \quad (2.5)$$

Агар (2.4) ва (2.5) тенгламаларини (2.1) формулага қўйиб мос ҳадаларини ихчамласак қуйидаги тенглама ҳосил бўлади.

$$H = H_{CT} + \Delta h_{0-1} + \Delta h_{2-3} \quad (2.6)$$

Бу ерда:  $H_{CT}$  – қуйи ва юқори идишлардаги суюқликнинг сатхлари орасидаги баландлик

$\Delta h_{0-1}$  -насоснинг сўриш қисмидаги босим йўқолиши

$\Delta h_{2-3}$  - насоснинг хайдаш қисмидаги босим йўқолиши

Насоснинг босими  $P_и$  (Па) қуйидагича аниқланади

$$P = P_2 - P_1 + p \frac{v_2^2 - v_1^2}{2} + pg(z_2 - z_1) \quad (2.7)$$

Куракли насосларнинг қуввати ва фойдали иш коэффициенти.

Фойдали қувват

Агар насос 1 секундда массаси  $m$  га тенг суюқликни  $H$  баландликка хайдаса у бажарган фойдали иш  $A_{\phi} = mgH$  (Жоул).

Агар бир секундда  $Q$  ( $m^3/c$ ) суюқлик хажми баландликка хайдаса унинг фойдали қуввати

$$N_{\phi} = pgQH \quad (2.8)$$

Бу ерда:  $A = F \cdot L$

$$N_{\phi} = \frac{A}{t} = \frac{F \cdot L}{t} = F \cdot v = P \cdot S \cdot v = P \cdot Q \quad (2.9)$$

Насосда энергиянинг йўқолиши ҳисобига талаб қилинган қувват фойдали қувватдан катта бўлади.

$$N_n > N_{\phi}$$

Бу ерда энергиянинг йўқолишини ифодаловчи қиймат фойдали иш коэффициенти (ф.и.к..) деб аталади ва қуйидагича ифодаланadi.

$$\eta = \frac{N_{\phi}}{N}$$

Мос холда насоснинг қуввати

$$N = \frac{N_{\phi}}{\eta} \quad (2.10.)$$

$$N = \rho g \frac{QN}{\eta} = \frac{Q \cdot P}{\eta}$$

Насосда энергиянинг йўқолиши гидравлик хажмий ва механик ўқолишларни йиғиндисидан иборат бўлади.

Гидравлик йўқотиш ишқаланиш ва маҳаллий қаршилик натижасида босимни камайиши ҳисобига ҳосил бўлади.

$$\eta_z = \frac{H}{H + b_z} \quad (2.11)$$

Хажмий йўқотиш ички тирқишлар орқали суюқликнинг сизиб кетиши вағ ишчи ғилдиракда бир қисм суюқликнинг хайдаш қисмидан сўриш камерасига қайта ўтиб кетиши ҳисобига бўлади

$$\eta_x = \frac{Q}{Q + \Delta Q} \quad (2.12.)$$

Механик йўқотиш насос вали ва ишчи ғилдиракнинг подшипник ва зичлагичларидаги (салник) ишқаланиши ҳисобига пайдо бўлади.

$$\eta_{\text{мех}} = \frac{N - N_{\text{мех}}}{N} \quad (2.13.)$$

Бу ерда:  $N_{\text{мех}}$  - механик кучлар таъсирида йўқотилган қувват.

$N - N_{\text{мех}}$  - гидравлик қувват, яъни насос ишчи ғилдирагини суюқлик оқимида берган қуввати. Барча йўқотишларни билган холда насос қуввати ва фойдали иш коэффициенти аниқлаймиз.

Насосдаги энергиянинг йўқотилиш

$$\Delta N = N \cdot N_{\text{мех}} = \rho g (Q - \Delta Q) \cdot (H + h_z)$$

У холда

$$\eta = \frac{H}{(H + h_r)} \cdot \frac{Q}{(Q + \Delta Q)} \cdot \frac{N - N_{\text{мех}}}{N}$$

Ёки

$$\eta = \eta_{\Gamma} \cdot \eta_X \cdot \eta_{\text{мех}}$$

Замонавий куракли насосларда

$$\eta_{\Gamma} = 0,9 \div 0,95 \quad \eta_X = 0,95 \div 0,98 \quad \eta_{\text{мех}} = 0,9 \div 0,97$$

Ф.И.К. нинг қиймати турли насосларда насоснинг ишлаш тартибига қараб турлича ўзгаради.

**Масала ечиш.**



Агар насос сувнинг  $Q=54\text{ м}^3/\text{соат}$  хайдаб  $H_{\text{ст}}=45$  м га хайдаса, унинг сўриш қисмидаги босим йўқолиши  $\Delta h_c=1,2$  м. Хайдаш трубасидаги босим йўқолиши  $\Delta h_x = 3,3$  м бўлса.

Насоснинг қувватини топинг.

Ечиш: насоснинг босими

$$H = H_{\text{ст}} + \Delta h_c + \Delta h_x = 45 + 1,2 + 3,3 = 50 \text{ м}$$

$$g = 1000 \text{ кг/3} \quad g = 9,81 \text{ м/с}$$

$$Q = 54 \text{ м}^3 / \text{соат} = \frac{54}{3600} \text{ м}^3 / \text{с} = 0,015 \text{ м}^3 / \text{с}$$

$$N_{\phi} = P g Q \cdot H = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,015 \cdot 50 = 7357,5 \text{ Вт} = 7,3575 \text{ кВт}$$

Агар фойдали иш коэффициентини  $\eta = 0,8$  деб олсак

Насоснинг қуввати

$$N = \frac{N_{\phi}}{\eta} = \frac{7,3575}{0,8} = 9,2 \text{ кВт}$$

## 8 – амалий машғулот

### Газларни сиқиш ва узатиш

**3.4.1. Назарий қисм.** Газларни ҳам суюқликлар каби босимлар фарқи мавжуд бўлганидагина узатиш мумкин булади. Сиқилган газ босимини  $P_2$  унинг дастлабки босимига  $P_1$  нисбати ( $k = P_2/P_1$ ) газни сиқилиш даражаси деб юритилади. Газларни сиқиш ва узатиш учун компрессор машиналари кулланилади.

Газни сиқиш даражаси катталигига кура компрессор машиналар вентилторлар ( $k < 1,1$ ), газодувкалар ( $1,1 < k < 3$ ), компрессорлар ( $k > 3$ ) ва вакуум-насослар гуруҳига ажратилади.

**Газларни сиқиш жараёнининг асосий параметрлари.** Газларни сиқиш жараёнида уларнинг ҳажми  $V$ , босими  $P$  ва ҳарорати  $T$  узгаради. Газнинг босими 1 МПа гача булган ҳолларда юқоридаги учта катталикларнинг узаро боғланиши идеал газларнинг ҳолат тенгламаси билан ифодаланади.

Юқори босимли газларнинг босими, ҳажми ва ҳарорати уртасидаги боғланиш Ван-дер-Ваалс тенгламаси билан ифодаланади

$$(P + a/b^2)(v - b)RT, \quad (3-58)$$

бу ерда  $v$ - газни солиштирма ҳажми,  $\text{м}^3/\text{кг}$ ;  $R = 8310/\text{М}$ - универсал газ доимийси,  $\text{Ж}/(\text{кг К})$ ;  $M$ - газни моляр массаси,  $\text{кг}/\text{моль}$ ;  $P$ - газ босими,  $\text{Па}$ ;  $T$ - газ ҳарорати,  $\text{К}$ ;  $a$  ва  $b$ - коэффициентлар, уларнинг қийматлари махсус маълумотномаларда берилади ёки критик ҳарорат  $T_{\text{кр}}$  ва критик босим  $P_{\text{кр}}$  қийматларига асосан ҳисобланиши ҳам мумкин

$$a = 27 R^2 T_{\text{кр}}^2 / (64 P_{\text{кр}}); \quad b = RT / (8 P_{\text{кр}}). \quad (3-59)$$

Газларни сиқиш пайтида уларнинг ҳажми камаяди, босими ортади ва ҳарорати кутарилади. Газни сиқилиш жараёни мобайнида иссиқлик ажралиб чиқади. Газни сиқиш жараёнида иссиқлик ташки муҳитга тортиб олинса жараён изотермик дейилади. Бу пайтда жараён (газ) ҳарорати узгармайди.

Адиабатик жараёнда ташки муҳит ва система уртасида иссиқлик алмашинмайди.

Реал шароитда, газни сиқиш пайтида ажраладиган иссиқликни бир қисми ташки муҳитга тарқалади, бир қисми эса газни иситиш учун сарфланади. Бу жараён политропик жараён дейилади.

Агар сикилаётган газни дастлабки  $P_1$  ва охириги  $P_2$  босимларининг кийматлари маълум булса, сикиш жараёнида бажарилган ишни солиштирма микдори (Ж/кг) аналитик усулда, куйидаги тенгламалар ёрдамида ҳисобланади:

- изотермик сикиш жараёнида

$$L_{из} = P_1 v_1 \ln (P_2/P_1) ; \quad (3-60)$$

- адиабатик сикиш жараёнида

$$L_{ад} = k/(k-1)P_1 v_1 [(P_2/P_1)^{(k-1)/k} - 1] ; \quad (3-61)$$

- политропик сикиш жараёнида

$$L_{пол} = m/(m-1)P_1 v_1 [(P_2/P_1)^{(m-1)/m} - 1] , \quad (3-62)$$

бу тенгламаларда  $v_1$ - бошлангич шароитлардаги ( $P_1$  ва  $T_1$  кийматларда) газнинг солиштирма ҳажми, м<sup>3</sup>/кг;  $k = C_p/C_v$  адиабата курсаткичи;  $C_p$  ва  $C_v$ - узгармас босим ва ҳажмдаги газнинг иссиқлик сизимлари, Ж/кг;  $m$ - политропик курсаткич, унинг киймати газнинг хоссаларига ва системанинг атроф-муҳит билан иссиқлик алмашилиш шароитларига боғлиқ.

Сикилган газнинг ҳарорати  $T_2$  куйидаги тенгламалар ёрдамида аниқланади:

- изотермик жараён пайтида

$$T_2 = T_1 ; \quad (3-63)$$

- адиабатик жараён пайтида

$$T_2 = T_1 (P_2/P_1)^{(k-1)/k} ; \quad (3-64)$$

- политропик жараён пайтида

$$T_2 = T_1 (P_2/P_1)^{(m-1)/m} . \quad (3-65)$$

Бир босқичли компрессор билан ҳавони сикиш учун сарфланадиган назарий қувват микдори (кВт) куйидаги тенгламадан аниқланади:

$$N_n = VpL = (GL)/(3600 \cdot 1000 \eta_k), \quad (3-66)$$

бу ерда:  $V$ - компрессорни ҳажмий иш унумдорлиги, м<sup>3</sup>/сек;  $S$ - ҳавонинг зичлиги, кг/м<sup>3</sup>;  $L$ - ҳавони сикиш учун сарфланган солиштирма иш микдори, Ж/кг;  $L$  пара-метрининг сон кийматлари (3-63), (3-64) ва (3-65) тенгламалар ёрдамида аниқланади;  $G$ - сикилаётган ҳаво сарфи, кг/сек;  $\eta_k$ - компрессорнинг умумий ф.и.к.

Компрессор валидаги қувват куйидаги тенгламадан аниқланади:

$$N_b = N_n / (\eta_{из} \eta_{мех}), \quad (3-67)$$

бу ерда  $\eta_{из} = 0,64 \div 0,78$ - изотермик ф.и.к.;  $\eta_{мех} = 0,8 \div 0,95$ - механик узатмаларнинг ф.и.к.

Компрессор двигателининг истеъмол қуввати

$$N_{дв} = K_n N_b / (\eta_{из} \eta_{мех} \eta_{дв}), \quad (3-68)$$

бу ерда  $K_n = 1,1 \div 1,15$ - қушимча қувват коэффициентлари;  $\eta_{дв}$ - двигатели ф.и.к.

**Вентиляторлар** саноат корхоналарида газларни кичик босимларда ( $P_2/P_1 < 1.1$ ) турли хил қурилмаларга узатиш, ишлаб чиқариш цехларидаги ҳавони циркуляция қилиш ва аспирация тизимларида чанг суриш каби бир қатор мақсадларда қулланилади.

Ишлаш принципага қура, марказдан қочма ёки уқли (пропеллерли) вентиляторлар мавжуд.

Марказдан қочма вентиляторларнинг (компрессорларнинг) техник тавсифларини белгиловчи катталиқлар ( $Q$ ,  $N$  ва  $n$ ) марказдан қочма типдаги насосларнинг ушбу турдаги параметрларига уқшаш булади. Вентиляторларни танлаш услуби ҳам марказдан қочма типдаги насосларни танлаш услубига уқшаш булиб, газ узатиш тармогининг гидравлик ҳисоблари натижаларига қура амалга оширилади.

Вентилятор валидаги қувват  $N_b$  (кВт) киймати куйидаги тенглама буйича ҳисобланиши мумкин:

$$N_b = V n p g / \eta_{дв} = V \Delta P / \eta_{дв}, \quad (3-69)$$

бу ерда  $V$ - вентиляторни ҳажмий иш унумдорлиги, м<sup>3</sup>/сек.;  $N$ - вентилятор босими, Па;  $p$ - газнинг зичлиги, кг/м<sup>3</sup>;  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>- эркин тушиш тезланиши;  $\Delta P$ - ҳавони узатиш вақтида

вентилятор хосил киладиган босим, Па;  $\eta_v = \lambda_v \eta_\Gamma \eta_{\text{мех}}$ - вентиляторни ф.и.к.;  $\lambda_v$ - узатиш коэффициент;  $\eta_\Gamma$ - гидравлик ф.и.к.;  $\eta_{\text{мех}}$  - механик ф.и.к.

Хавони узатиш пайтида вентилятор хосил килувчи босим киймати куйидагича аникланади

$$\Delta P = (P_2 - P_a)/(pg) + \Delta P_c + \Delta P_x + (v^2 p_x)/2, \quad (3-70)$$

бу ерда  $P_2$ - вентилятор узатаётган хавонинг босими, Па;  $P_a$ - вентилятор хаво сураётган нуктадаги (объектдаги) босим;  $v$ - вентиляция тармогидан чиқаётган хавонинг тезлиги, м/сек;  $p_x$ - хавонинг зичлиги, кг/м<sup>3</sup>.

**Поршенли компрессорларнинг иш унумдорлиги** вақт бирлиги ичида узатилган газнинг хажми билан аникланади.

Бир томонлама сиқувчи компрессорнинг хақиқий иш унумдорлиги (м<sup>3</sup>/сек) куйидаги тенглама ёрдамида хисоланади

$$Q = \lambda F S n / 60, \quad (3-71)$$

бу ерда  $\lambda$ - узатиш коэффициент;  $F$ - поршенни кундаланг кесим юзаси, м<sup>2</sup>;  $S$ -поршень йулининг узунлиги, м;  $n$ - кривошипни айланишлар частотаси, мин<sup>-1</sup>.

Узатиш коэффициентининг киймати куйидаги чегараларда кабул килинади:

$$\lambda = (0.8 \div 0.95) \lambda_0.$$

Компрессорнинг хажмий ф.и.к. куйидаги тенгламадан хисобланади

$$\lambda_0 = 1 - \varepsilon_0 [(P_2/P_1)^{1/m} - 1], \quad (3-72)$$

бу ерда  $\varepsilon_0 = V_k/V_1 = 0.03 \div 0.08$ ;  $V_k$ - цилиндрдаги бушликни колдик хажми;  $V_1$ - поршенни цилиндрда силжиши туфайли хосил буладиган ишчи хажм;  $m = 1.2 \div 1.35$ - колдик хажмдаги сиқилган газнинг кенгайишини политропик курсаткичи.

Куп боскичли компрессорнинг иш унумдорлиги уларнинг биринчи боскичини иш унумдорлиги билан аникланади.

Пластинали компрессорларнинг иш унумдорлиги (м<sup>3</sup>/сек) куйидаги тенглама ёрдамида хисобланиши мумкин

$$Q = 2 L e n \lambda_v (\pi D - \delta z) \quad (3-73)$$

бу ерда  $L$ - пластиналарнинг узунлиги, м;  $e$ - роторнинг эксцентриситети, м;  $n$ - роторни айланишлар частотаси, с<sup>-1</sup>;  $D$ - насос корпусининг ички диаметри, м;  $\delta$ - пластинанинг калинлиги, м;  $Z = 30 \div 40$ - пластиналар сони;  $\lambda_v$ - узатиш коэффициент. Одатда  $e/D = 0.06 \div 0.07$ .

Компрессорнинг узатиш коэффициент куйидагича хисобланади

$$\lambda_v = 1 - K (P_2/P_1), \quad (3-74)$$

бу ерда  $K$ - эмпирик коэффициент, кичик иш унумдорлигига ( $Q < 0.5$  м<sup>3</sup>/сек) эга булган компрессорлар учун  $K = 0.1$ ; иш унумдорлиги юкори булган ( $Q > 0.5$  м<sup>3</sup>/сек) компрессорлар учун эса  $K = 0.05$ .

Компрессор валидаги кувват киймати куйидаги тенглама буйича аникланади

$$N = Q P_1 \ln(P_2/P_1) / \eta. \quad (3-75)$$

**Вакуум-насослар** айрим технологик жараёнларни (масалан, буглатиш, суюкликларни хайдаш ва б.) паст хароратларда амалга ошириш учун жихозларда сийракланиш (вакуум) хосил килиш учун кулланилади. Вакуум-насосларнинг поршенли, роторли (сув халкали, пластинали) ва ингичка окимли (ёки буг эжектори) турлари мавжуд. Компрессорлардан фаркли равишда вакуум-насослар газни паст босимларда суриб олади ва атмосфера босимидан ортик босимлар остида узатади. Шу сабабли, уларда газни сиқилиш даражаси юкори ( $P_2/P_1 \geq 20$ ) булади.

Газни вакуум-насосдаги сиқилиш даражаси

$$K_3 = P_{\text{ар}} / P_{\text{газ}}. \quad (3-76)$$

бу ерда  $P_{ap}$ - аралашма босими;  $P_{газ}$ - вакуум-насоснинг ишчи камерасига кираётган газ босими. Одатда  $P_{ap}$  босими атмосфера босимига якин булади ( $\approx 100$  кПа).

Ута чукур вакуум хосил килиш учун куп боскичли буг эжекторли вакуум-насослар кулланилади. Бу пайтда газни сиқиш даражаси бир неча боскичларга булинади:

$$K_3 = K_{j-1} K_j K_{j+1} \dots K_n, \quad (3-77)$$

бу ерда  $j = 1 \div n$ - газни сиқиш боскичлари сони, одатда  $j < 5$ . Масалан, уч корпусли буглатиш ускунаси учун буг эжекторлари сони учта булади. Дастлабки газ сиқиш боскичларида  $K_j$  киймати катта, кейинги боскичларда эса нисбатан кичик булиши лозим.

### 3.4.2. Масала ечиш наъмуналари

**1-масала.** Марказдан кочма типдаги вентиляторнинг хаво суриш каналидаги сийракланиш киймати  $P_b = 20$  мм сув устунига тенг. Вентиляторнинг хайдаш каналидаги ортикча босим, манометр курсаткичи буйича, 30 мм сув устунига тенг. Хар иккала каналнинг кундаланг кесим юзалари узаро тенг.

Вентиляторнинг иш унумдорлиги  $Q = 3700$  м<sup>3</sup>/соат, ишчи гилдиракни айланишлар сони  $n = 960$  мин<sup>-1</sup>, двигателнинг истеъмол куввати  $N = 0,77$  кВт.

Вентилятор хосил килаётган ортикча босим  $\Delta P$  ва унинг ф.и.к.  $\eta_v$  кийматларини хисоблаб топинг.

**Масалани ечим.** Вентилятор хосил килаётган ортикча босим киймати (Па) куйидаги тенглама ёрдамида хисобланади

$$\Delta P = (P_{ст.х} + v_x^2 \rho / 2) - (P_{ст.с} + v_c^2 \rho / 2),$$

бу ерда  $P_{ст.с}$  ва  $P_{ст.х}$  - хавонинг вентилятор олдида ва ундан кейинги статик босимлари, Па;  $v_c$  ва  $v_x$  - суриш ва хайдаш каналларидаги хавонинг тезликлари, м/сек;  $\rho$  - хавонинг зичлиги, кг/м<sup>3</sup>.

Хайдаш ва суриш каналларининг кундаланг кесимлари узаро тенглиги сабабли  $v_c = v_x$ ,  $v_c^2 \rho / 2 = v_x^2 \rho / 2$ . Шунинг учун

$$\Delta P = P_{ст.х} - P_{ст.с} = 30 \cdot 9.81 - (-20 \cdot 9.81) = 490,5 \text{ Па.}$$

Вентилятор двигателининг истеъмол куввати

$$N_H = \Delta P Q / (1000 \cdot 3600) = 490,5 \cdot 3700 / 3600000 = 0.5 \text{ кВт.}$$

Вентиляторни фойдали иш коэффициенти

$$\eta_v = N_H / N = 0.5 / 0.77 = 0.65.$$

**2- масала.** Агар вентиляторнинг ишчи гилдирагини айланишлар сони  $n_2 = 1150$  мин<sup>-1</sup> кийматгача орттирилса, юкоридаги масала шартларига кура унинг иш унумдорлиги  $Q_2$  ва истеъмол куввати  $N_2$  кандай узгаради?

**Масалани ечим.** Пропорционаллик конунига биноан:

$$Q_2 = Q_1 n_2 / n_1 = 3700 \cdot 1150 / 960 = 4432.3 \text{ м}^3/\text{соат};$$

$$N_2 = N_1 (n_2 / n_1)^3 = 0.77 (1150 / 960)^3 = 1.33 \text{ кВт.}$$

**3- масала.** Хажми  $v_1 = 1$  м<sup>3</sup> булган хавони  $P_1 = 1$  кгс/см<sup>2</sup> босимдан (абсолют) то  $P_2 = 7.5$  кгс/см<sup>2</sup> босимгача (абсолют) адиабатик сиқиш жараёнида сарфланган назарий ишнинг солиштирма микдорини аниқланг. Агар хавонинг дастлабки харорати  $T_1 = 20^\circ\text{C}$  булса, унинг киймати жараён якунида кандай катталikka эга булади?

**Масалани ечим.** Адиабатик сиқиш жараёнида бажарилган ишнинг солиштирма микдори куйидаги тенгламадан аниқланади:

$$L_{ад} = k / (k-1) P_1 v_1 [(P_2 / P_1)^{(k-1)/k} - 1],$$

бу ерда  $k$  - адиабата курсаткичи, хаво учун  $k = 1,4$ .

$$L_{ад} = 1.4 / (1.4-1) \cdot 1 \cdot 9.81 \cdot 10^4 [(7.5/1)^{(1.4-1)/1.4} - 1] = 3.5 \cdot 9.81 \cdot 10^4 [(7/5)^{0.4/1.4} - 1] = 343350 \cdot (7.5^{0.2857142} - 1) = 267246,8 \text{ Ж/м}^3.$$

Сикилган хавонинг харорати

$$T_2 = T_1(P_2/P_1)^{(k-1)/k} = 20 * 7.5^{0.2857142} = 35,56 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

### 3.4.3. Мустакил ечиш учун масалалар

1. Иш унумдорлиги  $110 \text{ м}^3/\text{мин}$  ва тула босими  $834 \text{ Па}$  ( $85 \text{ мм}$  сув устуни) булган вентилятор учун кандай кувватга эга булган электродвигатель танлаш керак булади? Вентиляторни ф.и.к.  $0,47$  деб кабул килинг.

Жавоб:  $4.2 \text{ кВт}$ .

2. Марказдан кочма типдаги вентилятор  $1$  соатда  $3200 \text{ м}^3$  хавони узатади. Вентиляторнинг ишчи гилдирагини айланишлари частотаси  $960 \text{ мин}^{-1}$ , истеъмол куввати эса  $0,8 \text{ кВт}$ . Вентилятор хосил киладиган ортикча босим киймати  $44 \text{ мм}$  сув устунига тенг. Агар вентилятор ишчи гилдирагининг айланишлар сони  $n_2 = 1250 \text{ мин}^{-1}$  етказилса, унинг иш унумдорлиги, босими ва истеъмол куввати кандай кийматларга эга булади? Вентиляторнинг ф.и.к. кийматини хам аниқланг.

Жавоб:  $\eta = 0.48$ ;  $Q = 4170 \text{ м}^3/\text{соат}$ ;  $\Delta P = 734 \text{ Па}$ ;  $N = 1.77 \text{ кВт}$ .

3. Бир боскичли поршенли компрессорда харорати  $25 \text{ } ^\circ\text{C}$  булган хаво атмосфера босимидан то  $4 \text{ кгс}/\text{см}^2$  босимгача (абсолют) сикилмокда. Компрессорнинг иш унумдорлиги ва истеъмол кувватини куйидаги маълумотлар асосида хисоблаб топинг: поршень диаметри  $250 \text{ мм}$ , поршень йули  $275 \text{ мм}$ , унинг кривошип-шатунли механизмини айланишлар частотаси  $300 \text{ мин}^{-1}$ . Цилиндрдаги колдик бушлик хажм кийматини поршеннинг сурилиши натижасида хосил буладиган ишчи хажмнинг  $5,4 \%$  -ига тенг деб кабул килинг. Политропик кенгайиш курсаткичини киймати адиабата курсаткичидан  $10\%$  кам. Компрессорни умумий ф.и.к.  $0.72$ .

Жавоб:  $Q = 3.25 \text{ м}^3/\text{мин}$ ,  $N = 13 \text{ кВт}$ .

4. Водородни  $1.5 \text{ кгс}/\text{см}^2$  дан то  $17 \text{ кгс}/\text{см}^2$  гача (ортикча босим) сикиш учун зарур булган назарий иш микдорини аниқланг. Хисоблашларни бир ва икки боскичда сикиш вариантлари учун бажаринг. Водородни бошлангич харорати  $20 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

Жавоб: бир боскичда  $4280 \text{ кЖ}/\text{кг}$ , икки боскичда  $3540 \text{ кЖ}/\text{кг}$ .

5. Синов тажрибалари пайтида хажми  $42.4 \text{ л}$  булган баллонга компрессор ёрдамида атмосфера хавоси хайдалмокда.  $10.5$  минут вақт ичида баллондаги босим нулдан то  $52 \text{ кгс}/\text{см}^2$  гача, харорат эса  $17 \text{ } ^\circ\text{C}$  дан  $37 \text{ } ^\circ\text{C}$  гача кутарилди. Нормал шароитлар учун компрессорнинг иш унумдорлигини ( $\text{м}^3/\text{соат}$ ) аниқланг.

Жавоб:  $10.7 \text{ м}^3/\text{соат}$ .

6. Поршенли компрессор  $5.6 \text{ м}^3/\text{соат}$  микдордаги  $\text{CO}_2$  газини суриб олиб, уни  $20 \text{ кгс}/\text{см}^2$  дан то  $70 \text{ кгс}/\text{см}^2$  босимгача (абсолют) сикади. Газни бошлангич харорати  $-15 \text{ } ^\circ\text{C}$ . Компрессорни ф.и.к.  $0,65$ . Компрессорнинг истеъмол кувватини аналитик йул билан аниқланг.

Жавоб:  $4,6 \text{ кВт}$ .

7. Юкоридаги масала шартлари буйича компрессорни хажмий ф.и.к. аниқланг. Газнинг кенгайишини политропик курсаткичи  $m = 1,2$ . Цилиндрдаги колдик бушлик хажм киймати поршенни сурилиши натижасида хосил буладиган ишчи хажмнинг  $6 \%$  -ини ташкил этади.

Жавоб:  $0,89$ .

**Суюкликларни аралаштириш жараёнлари ва қурилмаларини хисоблаш**

**3.5.1. Назарий қисм.** “Суюклик-суюклик”, “суюклик-газ” ва “суюклик-каттик жисм” система-ларида аралаштириш асосан куйидаги технологик максадларда кулланилади:

- суспензия ҳосил қилиш, яъни каттик жисм заррачаларини суюклик мухитида ҳажман бир текисда таркатиш;
- эмульсия ҳосил қилиш, яъни суюклик заррачаларини берилган улчамлар-гача майдалаш ва уларни суюклик мухити ҳажми буйлаб бир текисда таксимлаш;
- барботаж жараёнларида газ пуфакларини суюкликда бир хил таксимла-нишига эришиш ёки суюкликларни газ билан туйинтириш (аэрация);
- суюкликларни иситиш ёки совутиш жараёнларини тезлаштириш;
- узаро аралашадиган системалардаги модда алмашиниш жараёнларини (масалан, каттик заррачаларни суюкликда эритиш) жадаллаштириш;
- биотехнологик жараёнларни амалга ошириш.

Аралаштириш жараёни унинг интензивлиги (тезлиги), кувват сарфи ва самарадорлиги билан тавсифланади.

Жараён интензивлиги аралаштирилаётган суюкликни бирлик ҳажмига  $V$  ёки массасига ( $V\rho$ ) сарфланаётган энергия микдори ( $N/V$  ёки  $N/(V\rho)$ ) билан аниқланади.

**Аралаштириш самарадорлиги** тушунчаси жараёни сифатли амалга оширилишини тавсифловчи технологик самара деб талқин этилади. Жараёни амалга оширилиш максаддан келиб чиқиб, аралаштириш самарадорлиги турлича ифодаланиши мумкин. Мисол учун, суспензия ва эмульсияларни ҳосил қилиш жараёнларида аралаштириш самарадорлиги фазаларни махсулот ҳажми буйича бир хилда таксимланиши билан тавсифланади. Иссиклик алмашиниш жараёнларини тезлатиш пайтида эса ушбу катталиқ иссиклик бериш коэффициентини канчага купайгани билан таърифланади.

Аралаштириш қурилмаси ҳажми буйича махсулот фазаларини аралаштириш даражаси куйидаги тенглама ёрдамида ифодаланади

$$i = 1 - (x_1 / (100 - x_a) + \sum_1^n \Delta x_2 / x_a) / (m + n), \quad (3-78)$$

бу ерда  $x_a = 100V_{\kappa}\rho_{\kappa} / (V_c\rho_c + V_{\kappa}\rho_{\kappa})$  - тулик (идеал) аралаштириш пайтида каттик заррачаларни аралашма ҳажмидаги концентрацияси;  $V_{\kappa}$  - таркалаётган каттик жисм заррачаларининг асосий махсулотдаги ҳажми;  $V_c$  - қурилмадаги асосий махсулот ҳажми, масалан, суюкликни;  $\rho_{\kappa}$ ,  $\rho_c$  - каттик заррачалар ва суюкликнинг зичлик-лари;  $x$  - аралаштириш қурилмасидаги заррачалар концентрацияси, узгарувчан киймат;  $\Delta x_1 = x - x_c$  - аралаштириш қурилмасидаги модда концентрацияларининг мусбат фарқи;  $\Delta x_2 = x - x_c$  - модда концентрацияларининг манфий фарқи;  $m$  - мусбат ( $\Delta x_1 > 0$ ) улчов натижалари олинган намуналар сони;  $n$  - манфий улчов натижалари ( $\Delta x_2 < 0$ ) олинган намуналар сони.

Аралаштириш даражаси  $0 < i < 1$  чегараларда узгариши мумкин.

Саноат корхоналарида суюкликлар куйидаги усулларда аралаштирилади: механик аралаштириш, пневматик усулда аралаштириш, турбулизаторлар ёрдамида аралаштириш ва циркуляциявий аралаштириш.

**Механик аралаштириш** усули турлича конструкцияли механик аралаштириш қурилмаларни айланма ёки тебранма ҳаракати туфайли амалга оширилади.

Суюкликларни **пневматик** усулда **аралаштириш** усули аралаштириладиган суюклик катлами орқали сикилган газни утқишиш йули билан амалга оширилади.

**Циркуляциявий аралаштириш** усули аралаштирилаётган суюклик мухитини “курулма-насос-курулма” ёпик системаси буйича насос ёрдамида маълум вақт мобайнида узлуксиз хайдашга асосланган.

Насос билан вақт бирлиги ичида узатиладиган махсулот микдорини курилмадаги суюклик хажмига нисбати циркуляцияни қаррали сони дейилади. Ушбу киймат катталиги жараён интенсивлигини белгилайди.

**Турбулизаторлар ёрдамида аралаштириш** усулида суюклик турли хилдаги турбулизаторлар (масалан, винтлар, спираллар ва х.) орқали хайдалади. Турбулизаторлар курилмаларнинг ишчи қисмларига (масалан, қиздириш трубкалари ичига) урнатилади.

Аралаштириш мосламасининг муҳим катталиклари каторига унинг насос эффекти ҳам қиради. Ушбу катталик вақт бирлиги ичида циркуляция қилинаётган суюклик хажми  $V$  билан белгиланади.

Аралаштиргич ҳосил қилаётган оқим асосан радиал йуналишда бўлса, у ҳолда насос эффекти қуйидагича ифодаланади

$$V_r = \pi d b v_r, \quad (3-79)$$

бу ерда  $d$ - аралаштиргич диаметри, м;  $b$ - паррак баландлиги, м;  
 $v_r \sim nd$ ;  $n$ - аралаштиргични айланишлар частотаси,  $c^{-1}$ .

Барча геометрик ухшаш мосламалар учун  $b/d$  нисбати узгармас катталик булганлиги сабабли

$$V_r = c_p n d^3, \quad (3-80)$$

бу ерда  $c_p$ - аралаштиргич тури учун доимий катталик.

Агар аралаштиргич ҳосил қилаётган суюклик оқими аксиал оқимдан иборат бўлса, у ҳолда насос эффекти қуйидагича ифодаланади

$$V_z = \pi d^2 v_z / 4, \quad (3-81)$$

бу ерда  $v_z \sim nt$ ;  $t$ - аралаштиргич парракларининг жойлашиш қадами.

Геометрик жихатдан ухшаш булган аралаштиргичлар тури учун  $t/d = \text{const}$  булгани сабабли (12-3) ифодага айнан ухшаш булган қуйидаги

$$V_z = c_o n d^3 \quad (3-82)$$

тенгламага эга булаемиз.

(3-80) ва (3-82) тенгламалар таркибига қирувчи  $c_p$  ва  $c_o$  коэффициентлар киймати тажрибалар утқизиш йули билан аниқланади.

Шундай қилиб, насос эффекти аралаштириш мосламасининг шакли, айланишлар сони ва мухитнинг қовушқоклигидан боғлиқ бўлади. Мухитнинг қовушқоклиги ортиши билан насос эффекти қамаяди. Бу эса уз навбатида, аралаштириш жараёни самарадорлигини пасайтиради.

Суюкликларни механик аралаштириш жараёни режимлари (ламинар ва турбулент) модификацияланган Рейнольдс критерийси

$$Re_m = n d^2 \rho / \mu \quad (3-83)$$

сон кийматлари билан аниқланади.

Аралаштириш пайтида суюклик юзасида гирдоб ҳосил бўлишининг олдини олиш мақсадида тез ҳаракатланувчи механик аралаштиргич урнатилган курилмаларнинг ички деворига оқим қайтарувчи радиал тусиклар урнатилади. Бундай тусикларнинг оптимал сони 2÷4 га, кенглиги  $b=0.1D$ , баландлиги эса  $h=2d$  бўлади.

Қайтарувчи тусиклар аралаштириш интенсивлигини орттиради, аммо бу пайтда энергия сарфи 30-50% га ортади.

Саноат қорхоналарида қулланиладиган барча механик аралаштиргич-ларни шартли равишда секин ва тез айланувчи мосламалар гуруҳига ажратиш мумкин.

Секин айланувчи аралаштиргичлар (якорли, рамали ва б.) парраклари учларининг қизикли тезлиги тахминан 1 м/с бўлади. Тез айланувчи аралаштиргичларни (пропеллерли, турбинали ва б.) қизикли тезлиги эса 10 м/с га яқин бўлади.

Энг куп кулланиладиган механик аралаштиргичлар тузилишига кура парракли, пропеллерли ва турбинали синфларга ажратилади.

Ноньютон суюкликлари ва ковушкоклиги ута юкори булган пастасимон махсулотларни аралаштириш учун махсус аралаштиргичлар - винтли, шнекли, лентали, рамали, пичоксимон ва бошка турдаги мосламалар кулланилади.

Аралаштириш курилмалари одатда аралаштиргич урнатилган вертикал идиш шаклида булиб, ишчи органни айланиш уки курилманинг укига параллел, перпендикуляр ёки кия текисликда жойлашган булади.

Бундай курилмалар таркиби корпус, электродвигатель, редуктор, узатмалар хамда валга урнатилган аралаштириш мосламасидан иборат булади.

Курилма ичига урнатиладиган асосий ишчи орган - аралаштиргични тури ишлов бериладиган махсулотнинг ковушкоклиги ва кузланган технологик максадларга асосан танланади.

Аралаштиргичлар идиш диаметри  $D$ , аралаштиргич диаметри  $d$ , парракнинг кенглиги  $b$  ва идиш тубидан аралаштириш мосламасигача булган масофа  $h$  каби конструктив параметрлар билан тавсифланади ( 3.5.1- жадвал).

3.5.1- жадвал. Айрим аралаштиргич турларининг тавсифлари

Аралаштиргич тури	$\mu, \text{Па}\cdot\text{с}$	$n, \text{мин}^{-1}$	$D= f(D)$	$b= f(D)$	$H= f(D)$
Парракли	$< 0,1$	$20\div 80$	$(0,6\div 0,9)D$	$(0,1\div 0,2)D$	$\leq 0,3 D$
Пропеллерли	$< 6$	$150\div 1000$	$(0,25\div 0,33)D$		$(0,5\div 1)D$
Турбинали	$< 500$	$200\div 2000$	$(0,15\div 0,6)D$		
Шнекли	$500$	$1\div 4 \text{с}^{-1}$			
Лентали	$3000$				

**Парракли аралаштиргич** бир ёки бир неча парракдан иборат булади. Улар ковушкоклиги кичик булган суюкликларни аралаштириш учун мужалланган.

Баландлиги диаметрига нисбатан катта булган курилмаларда ( $H/D > 1.5$ ) аралаштирилаётган суюкликларнинг турбулентлигини ошириш учун вертикал валга икки парракли аралаштиргичлар бир-бирига нисбатан  $90^\circ$  га бурилган ҳолатда, бир неча каторда урнатилади. Парраklar каторининг оралиги  $t=(0.3\div 0.6)D$  чегараларда белгиланади.

Ковушкоклиги  $\mu \leq 10 \text{МПа}\cdot\text{с}$  ва киздирувчи юзали курилмалардаги суюкликларни аралаштириш учун **якорли ва рамали аралаштиргичлар** кулланилади. Бундай аралаштиргичларни шакли ва улчамлари идишнинг ички юзаси ва улчамига монанд булади. Оралик тиркиш кенглиги  $3\div 10 \text{мм}$  дан ортмайди.

**Япроксимон аралаштиргич** парраklarининг эни анча кенг булиб, уларнинг улчамлари куйидаги нисбатлардан аникланади:  $d=(0.3\div 0.5)D$ ,  $b=(0.5\div 1.0)D$ ,  $h=(0.2\div 0.5)D$ . Мухит ковушкоклигининг ортиши ва паррак энини кенгайиши билан аралаштиргич тезлиги камаяди.

**Пропеллерли аралаштиргичлар**ни асосий ишчи кисми пропеллер - бир неча винтсимон суйри андозада бажарилган парракдан иборат булади. Саноат корхоналарида уч парракли пропеллерлар кенг таркалган. Пропеллерли аралаштиргичлар ковушкоклиги  $\mu \leq 2 \text{Па}\cdot\text{с}$  булган суюкликларни аралаштириш, эритмалар ва эмульсиялар тайёрлаш, катта хажмдаги суюкликларни гомогенизация қилиш учун кулланилади.

Пропеллерли аралаштиргичларнинг улчамлари уртасида нисбатлар 3.5.1-жадвалда ифодаланган.

**Турбинали аралаштиргич**нинг асосий ишчи органи вертикал унга урнатилган ясси, кия ва эгри чизик буйича тайёрланган куракли (парракли) турбина. Турбинали аралаштиргич очик ёки ёпик типда булиб, асосан радиал окимларни юзага келтиради.



Турбинали аралаштиргичларни самарадорлиги жуда юкори булиб, катта хажмдаги суюкликларни аралаштириш ( $\mu \leq 500$  МПа·с), таркибида катта улчамли ( $d \leq 25$  мм) заррачалар тутган суспензияларни аралаштириш, эритиш жараёнларини амалга ошириш ва бошка мақсадларда кулланилади.

Суюклик сатхини идиш диаметрига нисбати  $H/D < 2$  булган холлар учун турбинали аралаштиргичларни диаметри  $d = (0.15 \div 0.65)D$ , айланишлари сони  $n = 2 \div 5$  с<sup>-1</sup> ва уларнинг чизикли тезлиги  $3 \div 8$  м/сек булади.

Механик аралаштиргични айланиши учун зарур булган энергия микдори ишқаланиш кучларини енгиш, уюрмаларни хосил булиши ва уларни бузилиши учун сарфланади. Зарурий кувват  $N$  суюкликни зичлиги  $\rho$  (кг/м<sup>3</sup>), ковшоклиги  $\mu$  (Па·с), аралаштиргични айланиш частотаси  $n$  (с<sup>-1</sup>) ва унинг диаметрига  $d$  (м) боғлиқ булади.

Аралаштиргич кувватини ифодаловчи тенглама умумий холда куйидагича ёзилади

$$N = C \rho n^x d^5 [\mu / (\rho n d)]^x \quad (3-84)$$

ёки

$$N / (\rho n^3 d^5) = C (\rho n d / \mu)^{-x}, \quad (3-85)$$

бу ерда  $C$ - коэффициент;  $x$ - даража курсаткичи.

Улчамсиз комплекс  $N / (\rho n^3 d^5) = E_{u_m} = K_N$  - Эйлер мезони ёки кувват мезони деб юритилади. (3-85) тенгламанинг унги томондаги кавс ичидаги ифода эса  $\rho n d / \mu = Re_m$ - Рейнольдснинг модификацияланган критерийсининг ифодасидир.

Шундай қилиб, механик аралаштириш жараёнида энергия сарфининг умумий тенгламаси куйидаги қуринишга эга булади

$$E_{u_m} = C Re_m^k, \quad (3-86)$$

бу ерда  $k$ - даража курсаткичи.

Коэффициентлар  $k$  ва  $C$  аралаштиргич тури, қурилмани тузилиши ва жараён режимига боғлиқ холда тажрибалардан аниқланади.

Аралаштириш учун зарурий кувват сарфи аналитик йул билан куйидагича аниқланади.

Жараён режими ва аралаштиргични шаклидан катъий назар, мухитни қаршилик кучи  $R$  Ньютон қонунига биниоан куйидагича ифодаланади

$$R = \varphi F \rho v^2 / 2, \quad (3-87)$$

бу ерда  $\varphi$ - мухитни қаршилик коэффициенти;  $F$ - паррак айланганда хосил булувчи (сидирилувчи) юза,  $F = \pi d^2 / 4, \text{ м}^2$ ;  $v$ - паррак учидеги нуктанинг чизикли тезлиги,  $v = \pi d n$ , м/сек.

(3-87) тенглама таркибига қирувчи  $F$  ва  $v$  параметрларнинг ифодаларини ҳисобга олиб, ушбу тенгламани куйидагича ёзиш мумкин

$$R = \varphi (0.25 \pi d^2) \rho (\pi^2 d^2 n^2 / 2) = \varphi (\pi^3 \rho / 8) d^4 n^2. \quad (3-88)$$

Парракни айланттирувчи куч  $P$  қиймати мухитни қаршилигига тенг деб қабул қилинади ( $R=P$ ). У холда, аралаштиргич паррагини айланиши учун зарур булган кувват

$$N = P v = \varphi (\pi^3 \rho / 8) d^4 n^2 (\pi d n) = \varphi (\pi^4 \rho / 8) d^5 n^3. \quad (3-89)$$

$\varphi \pi^4 / 8 = K_N$  деб белгиласак, (3-89) тенглама куйидаги қуринишга эга булади

$$N = K_N d^5 n^3 \rho, \quad (3-90)$$

бу ерда  $K_N$ - кувват коэффициенти, унинг қиймати аралаштириш режими  $Re_m$  ва аралаштиргич турлари буйича  $K_N = f(Re_m)$  шаклидаги графиклар (3.5 - расм) асосида аниқланади. Бундай боғлиқликлар аралаштиргичларнинг кенг тарқалган турлари учун махсус адабиётларда келтирилади.

3.5. - расм. Пропеллерли (1-4) ва рамали (5) аралаштиргичлар учун  $E_N = f(Re_m)$  боғлиқликни куриниши: 1-  $H/D=3$ , тусиксиз курилма; 2-  $H/D=4$ , тусиксиз курилма; 3-  $H/D=3$ , тусикли курилма; 4- диффузорли курилма; 5-  $H/D=1.15$ .

Агар суюклик сатхининг баландлиги курилманинг диаметрига тенг булмаса ( $H \neq D$ ), ( - ) тенглама буйича аникланган кувват тузатиш коэффиценти  $K_1 = \sqrt{H/D}$  кийматига купайтирилади

$$N = K_N \Sigma K_k K_1 d^5 n^3 \rho, \quad (3-91)$$

бу ерда  $K_k$ - курилманинг конструктив кисмлари- радиал оусиклар, змеевиклар, асбоблар гильзаси ва бошқалар таъсирини хисобга олувчи коэффицентлар купайтмаси.

Аралаштиргич электродвигателининг истеъмол куввати (кВт)

$$N_{дв} = K_M K_N \Sigma K_k K_1 d^5 n^3 \rho / (1000 \eta_y), \quad (3-92)$$

бу ерда  $K_M=1.05 \div 1.5$ - ишга тушириш моментини хисобга олиш коэффиценти;  $\eta_y=0.8 \div 0.95$ - механик узатмаларни умумий ф.и.к.

**Циркуляциявий аралаштириш**. Суюклик мухитини тезкор аралаштириш, баркарор суспензия ва эмульсиялар тайёрлаш учун марказдан кочма ёки окимчали типдаги циркуляцион насос ёрдамида аралаштириш услубидан фойдаланилади. Суюклик хайдаладиган кувур курилма деворига уринма холатида, горизонтал юзага нисбатан кия килиб урнатилади. Кувур учига махсус учликлар урнатилади. Бу учликлар ёрдамида суюклик курилма хажми буйича сочиб берилади.

Циркуляцион насоснинг иш унумдорлиги “курилма-насос-курилма“ система-сидаги циркуляция самарадорлигини белгилайди.

Аралаштириш жараёни учун зарур булган энергия сарфи ( - ) - ( - ) тенгламалар ёрдамида аникланади.

**Пневматик усул** билан суюкликларни аралаштириш, газ билан туйинтириш, хидсизлантириш, хайдаш ва рангли газларни хул услубда тозалаш каби технологик операциялар бажарилади.

Пневматик аралаштириш усулини амалга ошириш учун курилма тубига газ таксимлаш мосламаси - барботёр урнатилади. Барботёрлар турлича диаметрдаги перфорацияланган кувурлардан ( $d=10 \div 50$  мм) хочсимон ёки спиралсимон шаклда тайёрланади (3.5. - расм).

Газ сарфи унча катта булмаган холларда, газ суюклик хажмида эркин калкиб чикувчи алохида пуфакчалар куринишида таксимланади. Бундай харакат режимида дастлаб пуфакчалар диаметри катталашади. Сунгра, пуфакчани кутарилиш кучи  $A = (\pi d^3 g / 6)(\rho - \rho_r)$  мухитни каршилиқ кучига  $R_o = \pi d_o \sigma$  тенглашганда, пуфакчалар барботёр тешикларидан ажралиб (узилиб) чика бошлайди.

Кутариш кучи ва мухитнинг каршилиқ кучлари тенглиги холатидан

$$(\pi d^3 g / 6)(\rho - \rho_r) = \pi d_o \sigma$$

келиб чикиб, барботёр тешигидан ажралаётган газ пуфакчасининг диаметри аникланади

$$d = \sqrt{6 d_o \sigma / [(\rho - \rho_r) g]}, \quad (3-93)$$

бо ерда  $d$ - пуфакча диаметри;  $\rho$ ,  $\rho_r$  - суюклик ва газнинг зичликлари;  $\sigma$ - суюкликни сирт таранглик коэффиценти.

(3-93) тенглама пуфакчалар хосил булиш тезлиги кичик булган холатлар учун кулланилади. Ушбу тенгламага биноан, газ пуфакчасининг диаметри барботёр тешиклари улчамидан ва суюкликни физик хоссаларидан боғлиқ булади, аммо газ сарфидан боғлиқ эмас.

Газ сарфи  $G_o$  ортиши билан вақт бирлиги ичида барботёрдан ажралаётган пуфакчалар сони  $n$  (сек<sup>-1</sup>) хам купаяди

$$n = 6 G_o / (\pi d^3). \quad (3-94)$$

Газ сарфини критик киймати  $G_{кр}$  куйидаги тенгламадан аникланиши мумкин

$$G_{кр} = \pi d^3 v_r / 6 = (\pi v_r / 6) [6 d_o \sigma / [g(\rho - \rho_r)]]^{2/3}, \quad (3-95)$$

бу ерда  $v_r$ - газ пуфакчаларини суюклик катлами буйлаб кутарилиш тезлиги.

Газ сарфи критик кийматдан ортиб кетса, барботёр тешигидан ажралиб чиқаётган пуфакчалар оралигидаги масофа кискариб, улар бир-бирига ёпишиб қолади ва пуфакчалар занжир шаклида юкорига кутарилади. Бу пайтда пуфакчалар диаметри газ сарфи ортиши билан катталашади

$$d = \sqrt{6G / (\pi v_r)}. \quad (3-96)$$

Курилмадаги суюкликни аралаштириш режими ламинар булган холат учун пуфакчаларни кутарилиш тезлиги

$$v_r = d^2 g (\rho - \rho_r) / (12 \mu). \quad (3-97)$$

Барботаж жараёнида пуфакчаларнинг харакат ражими Re критерийси киймати билан аникланади

$$Re = v_r d \rho / \mu.$$

бу ерда  $\rho$  ва  $\mu$  - суюкликни зичлиги ва ковушкоклиги.

Агар газ тезлиги критик кийматдан юкори булса массавий барботаж режимлари бузилади ва жараёнга тегишли конуниятлар уз кучини йукотади. Бу пайтда хосил булган газ - суюклик аралашмаси купиклар деб юртилади.

Барботёрга берилаётган газни ишчи босими  $P_6$  суюкликни мослама урнатилган сатхга нисбатан хисобланган гидростатик босимидан ( $\rho g H$ ) катта булиши керак. Аксинча холатларда барботёрнинг ички кисмига суюклик кириб қолади.

Шундай килиб, сикилган газнинг ишчи босими ( $P_a$ )

$$P_6 = 1,2 \rho g H + P_o, \quad (3-98)$$

бу ерда 1,2- газ босимини кувурларда йуколишини (20%) хисобга олувчи коэффицент; H- суюклик сатхининг баландлиги;  $P_o$ - суюклик сатхи устидаги босим.

Газнинг хажмий сарфи куйидаги эмпирик тенглама буйича хисобланади

$$Q = k F P_6, \quad (3-99)$$

бу ерда k- тажрибавий коэффицент, унинг киймати аралаштириш интенсивлиги-дан боглик булади; масалан, секин аралаштириш пайтида  $k = 0.24 \div 0.30$ , уртача тезликда аралаштириш интенсивлиги учун  $k = 0.35 \div 0.50$  ва интенсив аралаштириш пайтида  $k = 0.45 \div 0.60$ ; F - суюкликни эркин юзаси,  $m^2$ .

Амалиётдан маълумки, суюкликнинг  $1 m^2$  эркин юзасини пневматик аралаштириш учун урта хисобда  $0.4 \div 1.0 m^3 / \text{мин}$  газ сарфланади.

### 3.5.2. Масала ечиш наъмуналари

**1- масала.** Диаметри 1200 мм ва баландлиги 1500 мм булган аралаштириш курилмасида зичлиги  $1600 \text{ кг}/m^3$  ва ковушкоклиги  $2 \cdot 10^{-2} \text{ Па} \cdot \text{с}$  булган суюклик аралашмаси тайёрланмокда. Курилмани тулдирилиш даражаси 0.75. Аралаштириш жараёни  $3.5 \text{ с}^{-1}$  тезликда айланувчи пропеллер воситасида амалга оширилади. Аралаштиргич электродвигателининг кувватини аникланг.

**Масалани ечим.** Пропеллерли аралаштиргични меъёрлаштирилган диаметри  $d = D/3 = 1200/3 = 400 \text{ мм}$ .

**Аралаштириш режимини аниклаймиз**

$$Re_m = \rho n d / \mu = 1600 \cdot 3.5 \cdot 0.4 / 2 \cdot 10^{-2} = 44800.$$

Демак, аралаштириш режими – турбулент. Ушбу режим учун  $Re_m = 44800$  булганда кувват критерийси  $K_N = 0.27$ .

Курилмадаги суюкликни аралаштириш учун сарфланадиган кувват микдорини аниклаймиз

$$N = K_N \rho n^3 d^5 = 0.27 \cdot 1600 \cdot 3.5^3 \cdot 0.4^5 / 1000 = 0.2 \text{ кВт}.$$

Аралаштиргични ишга тушириш пайтида кувват сарфи ишчи режимдаги кувват сарфига нисбатан 2-3 марта куп булади ( $K_n=2\div 3$ ). Электродвигателни ф.и.к. 0.95 деб кабул киламиз. 20% кувват захирасини хисобга олиб ( $K_1=1.2$ ) двигатель кувватини аниқлаймиз

$$N_{\text{дв}} = K_n \cdot K_1 \cdot N = 2 \cdot 1.2 \cdot 0.2 / 0.95 = 0.5 \text{ кВт.}$$

**2- масала.** Диаметри 1630 мм булган идишда зичлиги  $1200 \text{ кг/м}^3$  ва ковушкоклиги  $\mu = 1.6 \text{ Па с}$  булган реакцион масса олти парракли очик турбинали аралаштиргич ёрдамида интенсив аралаштирилмокда. Курилма деворларига радиал оким кайтарувчи тусиклар урнатилган. Турбинани айланишлар частотаси  $240 \text{ мин}^{-1}$  ( $4 \text{ с}^{-1}$ ), аралаштиргич валидаги кувват  $N = 16.5 \text{ кВт}$ . Аралаштиргич диаметрини хисоблаб топинг.

**Масалани ечим.** Масалани шартига кура аралаштириш режими ривож-ланган турбулентдир. Ушбу холат учун кувват критерийси  $K_N = 6.9$ .

Аралаштиргич диаметрини куйидаги тенглама асосида хисоблаймиз

$$d_m = 5 \sqrt{N / (K_N \rho n^3)} = 5 \sqrt{16.5 \cdot 10^3 / (6.9 \cdot 1200 \cdot 4^3)} = 0.5 \text{ м.}$$

Аралаштириш курилмаси ва турбина парракларининг диаметрлари уртаси-даги нисбат

$$D/d_m = 1.63/0.5 = 3.26.$$

### 3.5.3. Мустакил ечиш учун масалалар

1. Диаметри 1000 мм ва баландлиги 1400 мм булган бак хажмининг  $3/4$  кисми суюклик билан тулдирилган. Суюкликнинг зичлиги  $930 \text{ кг/м}^3$ , ковушкоклиги  $\mu = 18 \text{ мПа с}$ . Бакга урнатилган уч парракли пропеллернинг айланиш частотаси  $3 \text{ с}^{-1}$ . Аралаштиргични харакатлантирувчи электродвигатель кувватини хисобланг.

2. Капитал таъмирлаш пайтида курилмадаги аралаштиргични  $d = D/3$  улчамли парраги  $d = D/4$  улчамдаги кичик парракка алмаштирилди. Курилмадаги суюкликни аралаштириш режими, хар икки холатда хам, ламинар булади. Агар электродвигатель куввати узгармас булса, парракнинг айланишлар частотаси канчага узгаришини хисобланг.

3. Намакоб тайёрлаш учун ош тузи ва  $67^\circ\text{C}$  хароратли иссик сув парракли аралаштиргич ёрдамида интенсив аралаштирилмокда. Аралаштиргич паррагининг диаметри 0.45 м, унинг электродвигатели 1.1 кВт кувватга эга. Аралаштиргичнинг айланишлар частотасини аниқланг. Намакобнинг физик хоссаларини сувнинг физик хоссалари каби деб кабул килинг.

4. Диаметри 1750 мм булган бакдаги техник глицеринни тезкор аралаштирувчи пропеллерли аралаштиргичнинг диаметри канча булиши мумкинлигини хисобланг. Глицеринни зичлиги  $1600 \text{ кг/м}^3$ , унинг ковушкоклиги  $\mu = 1,6 \text{ Па с}$ . Аралаштиргични айланиш тезлиги  $n = 500 \text{ мин}^{-1}$ , зарурий кувват сарфи 17 кВт.

Жавоб: 0,58 м.

5. Диаметри 900 мм ва баландлиги 1100 мм булган бакни  $3/4$  кисми минерал ёг ( $\mu=18 \text{ Па с}$ ,  $\rho=930 \text{ кг/м}^3$ ) билан тулдирилган. Бакка урнатилган пропеллерли аралаштиргични айланишлар частотаси  $180 \text{ мин}^{-1}$  булса, унга кандай кувватли электродвигатель урнатилиши мумкин?

Жавоб: 137 Вт.

### Турли жинсли суюклик системаларини ажратиш жараёни ва қурилмаларини ҳисоблаш

**3.6.1. Назарий қисм.** Барча гетероген (турли жинсли) суюклик системасининг таркиби суюклик ва унда эримайдиган каттик моддани майда заррачаларидан иборат бўлади.

Турли жинсли системалар технологик жараёнларни амалга ошириш пайтида, ҳосил бўлади. Фазаларнинг физик ҳолатига кура турли жинсли суюклик система-лари суспензиялар, эмульсиялар ва купиклар шаклида бўлади.

Каттик модда заррачаларининг улчамларига кура ( $d$ , мкм) суспензиялар шартли равишда дагал ( $d > 100$ ), майин ( $d = 0,5 \div 100$ ), лойка ( $d = 0,1 \div 0,5$ ) ва коллоид эритмалар ( $d \leq 0,1$ ) гуруҳларига ажратилади.

Гетероген суюклик системаларини ташкил этувчи фазаларнинг ҳолати, каттик ёки суюклик заррачаларининг улчамлари, фазалар зичликларининг уртасидаги фарк ва муҳитнинг ковушқоклигига кура уларни ажратишнинг самарали усуллари танланади.

Гетероген суюклик системаларини ажратиш учун куйидаги гидромеханик усуллардан фойдаланилади: чуқтириш, филтрлаш ва центрифугалаш.

Огирлик кучи, инерция кучлари, жумладан марказдан кочма куч ва электростатик кучлар таъсирида суюклик системалари таркибидан каттик заррачаларни ажратиш олиш усули чуқтириш деб юритилади. Агар чуқтириш огирлик кучи таъсирида амалга оширилса, бу жараён тиндириш дейилади.

Суюк аралашмаларни говаксимон тусиклар (филтрловчи материаллар) ёрдамида ажратиш филтрлаш жараёни деб аталади. Филтрлаш жараёни суспензияларни босим остида ёки марказдан кочма куч таъсирида тула тозалаш учун кулланилади.

Суспензия ва эмульсияларни марказдан кочма кучлар таъсирида, яхлит ёки говакли тусиклар ёрдамида ажратилса, бу жараён центрифугалаш деб аталади. Ушбу жараён пайтида чуқма (каттик фаза) ва фугат (суюклик фазаси) ҳосил бўлади.

**Ажратиш жараёнларининг моддий баланси.** Турли жинсли системаларни ажратиш жараёнларининг моддий баланси ҳисобларини бажариш учун куйидаги белгилашларни қабул қиламиз:  $G_{сп}$ ,  $G_T$ , ва  $G_ч$  - дастлабки аралашма (суспензия), тиндирилган (тозаланган) суюклик ва чуқманинг массавий сарфлари, кг/с;  $x_{сп}$ ,  $x_T$  ва  $x_ч$  - дисперс (каттик) фазани суспензиядаги, тозаланган суюкликдаги ва чуқмадаги концентрацияси, массавий улуши, % .

Модда йукотилишларини ҳисобга олмаган ҳолда, ажратиш жараёнининг моддий баланси тенгламалари куйидагича ёзилади:

-умумий ҳолда, барча моддалар учун

$$G_{сп} = G_T + G_ч; \quad (3-100)$$

-дисперс фаза буйича

$$G_{сп} x_{сп} = G_T x_T + G_ч x_ч \quad (3-101)$$

Суспензия сарфи ва заррачалар концентрацияларининг  $x_{сп}$ ,  $x_T$  ва  $x_ч$  кийматлари олдиндан маълум бўлса, у ҳолда тозаланган суюклик сарфи

$$G_T = G_{сп} (x_ч - x_{сп}) / (x_ч - x_T) \quad (3-102)$$

ва чуқма микдори

$$G_ч = G_{сп} (x_{сп} - x_T) / (x_ч - x_T) \quad (3-103)$$

аникланади.

Юқорида келтирилган тенгламалар чуқтириш ва филтрлаш жараёнларининг барча турлари учун ҳам кулланилиши мумкин.

Агар ҳисоблаш жараёнида ҳажмий сарф  $V$  ( $\text{м}^3/\text{сек}$ ) ва ҳажмий улушларда ифодаланган концентрациялардан  $a$  ( $\text{м}^3/\text{м}^3$ ) фойдаланилса, катталиклар кийматларини бир

улчов системасидан иккинчисига утказиш учун гетероген аралашманинг шартли зичлиги  $\rho_{ар}$  тушунчаси киритилади:

$$\rho_{ар} = a_T \rho_T + (1 - a_T)\rho = [x_T/\rho_T + (1-x_T)/\rho]^{-1}, \quad (3-104)$$

бу ерда  $\rho$  ва  $\rho_T$  - суюклик мухити ва дисперс фазанинг зичликлари;  $a_T$  ва  $x_T$ - дисперс фазани хажмий ва массавий улушларда ифодаланган концентрациялари.

Ажратиш усулининг самарадорлиги суюкликни тозаланиш даражаси  $\eta$  (%) билан бахоланади

$$\eta = (C_1 - C_2)100/C_1, \quad (3-105)$$

бу ерда  $C_1$  ва  $C_2$ - суюклик таркибидаги дисперс заррачаларни ажратиш жараёнига кадар ( $C_1$ ) ва ажратилгандан кейинги ( $C_2$ ) концентрациялари.

**Чуктириш жараёнлари.** Чуктириш тезлиги ва вакти тиндириш жараёнининг тавсифловчи асосий катталиклар булиб хисобланади.

Чукаётган заррачага огирлик кучи  $G = (\pi d^3/6)\rho g$ , кутариш (Архимед) кучи  $A = (\pi d^3/6)\rho_M g$  ва мухитнинг каршилиқ кучи  $R$  таъсир килади (3.6.1-расм). Ушбу кучлар катталиги куйидагича ифодаланади:

Жараёни харакатлантирувчи омил сифатида огирлик ва Архимед кучлари уртасидаги фарк  $(G-A)$  кабул қилинади

$$(G-A) = (\pi d^3/6)\rho g - (\pi d^3/6)\rho_M g = (\pi d^3/6)g(\rho - \rho_M), \quad (3-106)$$

бу ерда  $d$ - заррача диаметри, м;  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ - эркин тушиш тезланиши;  $\rho$  ва  $\rho_M$ - заррача ва мухитнинг зичликлари,  $\text{кг/м}^3$ .

Чуктириш жараёни одатда жуда секин, ламинар режимда, амалга оширилади. Бундай оқимда ишқаланиш кучлари инерция кучларига нисбатан катта кийматга эга. Шунинг учун заррачани эркин **чуқиш тезлиги** Стокс тенгламаси асосида аниқланади

$$\omega = d^2 g(\rho - \rho_M)/18\mu, \quad (3-107)$$

бу ерда  $\mu$  - мухитни динамик ковшоклиги,  $(\text{Н с})/\text{м}^2$ .

Бу тенгламадан  $Re < 2$  булган холларда заррачанинг чуқиш тезлигини аниқлаш учун кулланилади.

Турбулент режимда ( $Re < 500$ ) инерция кучлари ишқаланиш кучларидан катта булади. Ушбу холатда, Ньютон конунига биноан, мухитни каршилиқ кучи

$$R = \xi F \rho_M \omega^2/2, \quad (3-108)$$

бу ерда  $\xi$ - каршилиқ коэффициентини;  $F$ - заррачани харакат йуналишига перпендикуляр булган текисликка туширилган проекцияси, шар шаклидаги заррача учун  $F = \pi d^2/4$ .

Каршилиқ коэффициентининг киймати  $Re$  критерийсининг сон кийматига кура куйидагича аниқланади:

- ламинар режим учун,  $Re = 2$  булганда  $\xi = 24/Re$ ;
- оралик режим учун,  $2 < Re < 500$  булганда  $\xi = 18,5/Re^{0.6}$ ;
- тулик турбулент режим учун,  $500 < Re < 2 \cdot 10^5$  чегараларда,  $\xi = 0,44$ .

Турбулент режимда чукаётган шарсимон заррачани чуқиш тезлигини куйидагича ифодалаш мумкин

$$\omega = \sqrt{4gd(\rho - \rho_M)/(3\xi\rho_M)}. \quad (3-109)$$

Шакли шарсимон булмаган заррачалар учун каршилиқ коэффициентини  $\xi$  киймати  $Re$  критерийси ва шакл коэффициентидан  $k_1$  боглик булади. Шакл коэффициентини маълум хажмдаги шар юзасини  $f_{ш}$  худди шу хажмдаги каттик жисм заррачаси юзасига  $f$  булган нисбати билан ифодаланади

$$k_1 = f_{ш}/f < 1.$$

Шарсимон булмаган заррачаларнинг чуқиш тезлиги

$$\omega^1 = k_1 \omega. \quad (3-110)$$

Шарсимон заррача учун  $k_1 = 1,0$ ; думалок заррача учун  $k_1 = 0,77$ ; учбурчак шаклидаги заррачалар учун  $k_1 = 0,66$ ; узунчок заррачалар учун  $k_1 = 0,58$  ва пластинкасимон заррачалар учун эса  $k_1 = 0,43$ .

Заррачаларни сикилган холатдаги чукиш тезлиги эркин чукиш тезлигидан икки маротаба кичик булади

$$\omega^{11} = 0.5 \omega^1.$$

Бу пайтда нотугри шаклга эга булган заррачаларнинг эквивалент диаметри

$$d_3 = \sqrt[3]{6V/\pi}$$

хисобланиб, чукиш тезлигига тегишли тузатишлар киритилади.

Барча режимлар учун, сикилган холатдаги заррачанинг чукиш тезлигини аниклаш учун куйидаги универсал ифодадан фойдаланиш тавсия этилган

$$Re = \frac{Ar \varepsilon^{4.75}}{18 + 0.6 \sqrt{Ar \varepsilon^{4.75}}}, \quad (3-111)$$

бу ерда  $Ar = d^3 \rho g (p - p_m) / \mu^2$  - Архимед критерйси;  $\varepsilon = (V_0 - V) / V_c$  - суюкликни суспензиядаги хажмий улуши;  $V_0$  - суюкликни суспензиядаги хажми;  $V$  - каттик жисм зарраларини суспензиядаги хажми;  $V_c$  - суспензия хажми;  $Re = \omega^{11} \rho_m d_3 / \mu_m$  - Рейнольдс мезони.

Ушбу тенглама буйича дастлаб  $Ar$  ва  $\varepsilon$  нинг кийматлари аникланади, сунгра тенгламанинг унг томони буйича  $Re$  мезонининг сон киймати хисобланади. Шундан сунг  $Re$  мезони ифодасидан чукиш тезлиги аникланади

$$\omega^{11} = Re \mu_m / (\rho_m d). \quad (3-112)$$

**Тиндиргичларни хисоблаш** усули суспензия таркибидан ажратиладиган энг кичик заррачанинг чукиш тезлигини аниклашга асосланади.

Хисоблаш жараёнида курилмаларни тозаланган суюклик буйича иш унумдорлиги, тиндириш юзаси  $F$  ва геометрик улчамлари аникланади.

Суспензия окимини курилмада булиш вакти  $\tau$  идиш тубидан энг узокдаги нуктада жойлашган заррачани чукиш вактига  $\tau_c$  тенг деб кабул килинади. Бунинг асосий сабаби: агар  $\tau < \tau_c$  булса, суспензиядаги барча заррачалар чукиб улгурмайди ва аксинча,  $\tau > \tau_c$  холат учун тиндиргич баландлигининг бир кисмига зарурият колмайди.

Чуктириш пайтида  $h$  баландликдаги тозаланган суюклик сатхи ва чукинди (шлам) катлами хосил булади.

Вакт бирлиги  $\tau$  ичида тозаланган суюклик хажми ( $m^3/сек$ )

$$Q = Fh/\tau, \quad (3-113)$$

бу ерда  $\rho$  - тозаланган суюклик зичлиги,  $кг/м^3$ .

Тиндириш жараёнида  $\omega$  тезлик билан чукаётган заррачани  $\tau$  вақт ичида босиб утган йули  $\omega\tau$  га тенг булади. Бу масофа тиниклашган суюклик баландлигига тенг, яъни  $\omega\tau = h$ . Шунга кура,

$$Q = F\omega\tau/\tau = F\omega. \quad (3-114)$$

Демак, тиндиргични иш унумдорлиги унинг чуктириш юзасига тугри муаносибликда булади ва унинг баландлигидан боглик эмас.

Чуктириш давомийлиги

$$\tau = h/\omega = Q/F. \quad (3-115)$$

Агар курилмани суспензия буйича иш унумдорлиги маълум булса, унинг ишчи юзаси жараённи моддий баланси тенгламасидан келиб чикиб, куйидагича аникланади

$$F = G_1(1 - x_1/x_2)/(\rho_T \omega), \quad (3-116)$$

бу ерда  $\rho_T$  - тозаланган суюкликни зичлиги,  $кг/м^3$ .

Саноат курилмаларидаги суюклик харакати режимларининг узгариши, суспензия киритиш пайтида уюрмаларни хосил булиши, курилмада улик зоналарни мавжудлиги ва бошка омиллар таъсирида чукиш жараёни бир хилда бормаслиги сабабли тиндиргични хисобланган юзаси 30÷35% га орттирилади

$$F_{\text{хак}} = 1,3 F.$$

Чуктириш курилмасининг баландлиги одатда хисобланмайди ва мухандис-лик амалиётида 2,5÷3,5 м деб кабул килинади.

**Марказдан кочма куч таъсирида чуқтириш.** Майда ва ута майда заррачаларни суспензия ва эмульсиялар таркибидан марказдан кочма куч таъсирида ажратиш усули гидроциклонларда, центрифуга ва сепараторларда амалга оширилади.

Гетероген аралашманинг айланма окимидаги каттик заррача марказдан кочма куч таъсирида, чуқиш тезлигига тенг тезликда қурилма марказидан четга, унинг цилиндрик девори томонга мажбуран йуналтирилади.

Марказдан кочма куч киймати куйидагича ҳисобланади

$$C = mv^2/R = m\omega^2 R^2/R = m\omega^2 R, \quad (3-117)$$

бу ерда  $\omega$ - заррачани бурчак тезлиги,  $\omega = \pi n/30$ ,  $c^{-1}$ ;  $R$ - заррачани айланиш радиуси, м;  $v$ - заррачани чизикли тезлиги, м/с;  $v = \omega R$ ;  $m$ - заррачанинг массаси, кг.

Марказдан кочма куч ва огирлик кучларининг нисбати

$$C/G = m\omega^2 R/(mg) = \omega^2 R/g = K_a, \quad (3-118)$$

бу ерда  $K_a = \omega^2 R/g = Fr$  - ажратиш омили ёки Фруд мезони.

Центрифуга ва сепараторларнинг барабанлари учун ажратиш омили куйидагича ифодаланади

$$K_a = C/G = m\omega^2 R/(mg) = \omega^2 R/g = (\pi n/30)^2 R/g = \\ = (\pi^2 n^2/900)(R/g) \approx n^2 R/900, \quad (3-119)$$

бу ерда  $\pi^2 \approx g = 9.81$ ;  $n$ - барабани (роторни) айланишлар сони, мин<sup>-1</sup>.

Центрифуга ва сепараторларни лойихавий ҳисоблашлар пайтида айланишлар частотасининг сон киймати орттирилади. Бу пайтда жихознинг динамик тавсифларини яхшилаш мақсадида барабан диаметри кичик қилиб тайёрланади.

Марказдан кочма типдаги қурилмаларда заррачани чуқиш тезлиги,  $K_a$  омилини ҳисобга олган ҳолда, окимнинг ламинар режими учун Стокс тенглама-сидан куйидагича аниқланади

$$\omega = d^2 g(\rho - \rho_m)\omega^2 R/(18\mu g) = (d^2 \omega^2 R/18\mu)(\rho - \rho_m). \quad (3-120)$$

Турбулент ва оралик режимлар учун эса

$$\omega = \sqrt{(4/3)(d/\xi)(\rho - \rho_m) \omega^2 R/\rho_m}, \quad (3-121)$$

бу ерда  $\xi$ - мухитнинг қаршилик коэффициенти,  $\xi = f(Re)$ .

Заррачани чуқиш давомийлиги

$$\tau = \int_0^R dR/\omega = [18\mu/(d^2 \omega^2 (\rho - \rho_m))] \ln r_2/r_1, \quad (3-122)$$

бу ерда  $r_2$ - барабан радиуси;  $r_1$ - чуқмани барабан укига нисбатан ички радиуси;  $r_2$  ва  $r_1$  - чуқманинг қалинлиги.

**Гидроциклонлар** суюқлик аралашмаларини тиндириш, суспензияларни бойитиш, оқова сувларни тозалаш ва бошқа мақсадларда ишлатилади. Уларнинг тузилиши қисқа цилиндрли қобик ва  $10 \div 20^0$  бурчакли конуссимон қуйи қисмдан иборат бўлади. Гидроциклонни нормал ишлаши учун унинг юқориги  $d_2$  ва қуйи  $d_6$  патрубкларининг оптимал нисбати  $d_2/d_6 = 1,33 \div 1,66$  бўлиши тавсия этилади.

Гидроциклонлар ёрдамида суспензиялар таркибидан улчамлари  $d = 10 \div 150$  мкм бўлган каттик заррачаларни ажратиш мумкин.

Гидроциклонни иш унумдорлиги  $V$  қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$V = \alpha (\pi d_1^2/4) \sqrt{\Delta P/(\rho_m g)}, \quad (3-123)$$

бу ерда  $d_1$ - суспензия патрубкларининг диаметри;  $\alpha$ - сарф коэффициенти;  $\rho_m$ - суюқлик мухитининг зичлиги;  $\Delta P$  - гидроциклондаги босимлар фарқи,  $\Delta P = (p_1 - p_2)$ , ёки

$$V = 3,19 d_6 D \sqrt{\Delta P}, \quad m^3/соат. \quad (3-124)$$

Гидроциклонни диаметри  $D$  (м) суспензиянинг шартли тезлиги  $\omega_c$  (цилиндрик қисмининг қундаланг қесими бўйича) аниқланади

$$D = \sqrt{4V/(\pi \omega_c^2)}, \quad (3-125)$$

бу ерда  $V$ - суспензиянинг ҳажмий сарфи, м<sup>3</sup>/сек.



Гидроциклонни гидравлик каршилиги куйидаги тенгламадан хисобланади

$$\Delta P = \xi_0 (\omega_{\text{ц}}^2 \rho / 2), \quad (3-126)$$

бу ерда  $\xi_0$  - каршилик коэффициенти;  $\rho$  - суспензияни зичлиги.

Гидроциклонни барча улчамлари унинг диаметрига нисбатан аникланади. Агар  $D > 500$  мм булса, у холда

$$d_1 = (0,32 \div 0,13)D; \quad d_2 = (0,37 \div 0,21)D; \quad d_3 = (0,13 \div 0,06)D.$$

Гидроциклонларда ушлаб килиниши мумкин булган заррачаларнинг энг кичик улчамлари (мм) куйидаги ифодадан аникланиши мумкин

$$d_{\text{min}} = \geq [4,1 * 10^5 \alpha^{0,35} (D^{0,2} / \rho^{0,25})] \sqrt{\mu_{\text{сп}} / (\rho_1 - \rho_m) (1-x)^{4,65}}, \quad (3-127)$$

бу ерда  $x$  - заррачаларни суспензиядаги хажмий улуши;  $\mu_{\text{сп}}$  - мухитни ковушок-лиги, Па с;  $\rho$  - суспензияни гидроциклонга киришдаги босими, Па;  $\alpha$  - конуслик бурчаги, рад.

Гидроциклоннинг цилиндрик кисми диаметри (м) Ю.И.Карпинский тавсияси буйича аникланиши мумкин

$$D_{\text{ц}} = 1,66 \alpha^{0,143} V^{0,715} / \rho^{0,36}, \quad (3-128)$$

бу ерда  $V$  - суспензия сарфи, м<sup>3</sup>/соат.

Гидроциклонларнинг асосий вазифасидан келиб чикиб, уларнинг диаметри ва конуслик бурчаги учун куйидаги тавсиялар мавжуд: классификациялаш жараёнлари учун  $D=300 \div 350$  мм,  $\alpha=20^0$ ; суспензияларни куюлтириш учун  $D=100$  мм,  $\alpha=10-15^0$ .

Эмульсия таркибидаги суюклик томчиларини ёки суспензиядаги каттик заррачаларни ажратиш олиш учун кулланиладиган центрифугаларнинг асосий ишчи кисми горизонтал ёки вертикал укка урнатилган тез айланувчи барабандир. Центрифугалар фильтрловчи ва чуқтирувчи центрифугалар ҳамда тарелкали сепараторлар гурухига булинади.

Ажратиш коэффициенти  $K_a$  кийматида кура барча центрифугалар нормал ( $K_a < 3600$ ) ва ута тез айланувчи центрифугалар ( $K_a > 3600$ ) гурухига ажратилади.

Фильтрловчи центрифугаларнинг барабани девори перфорацияланган металлдан ишланиб, унинг юзасига фильтрловчи материал копланади. Суспензия заррачалари марказдан кочма куч таъсирида материал юзасига йигилиб чуқма хосил килади, суюклик (фугат) ушбу чуқма катлами ва матодан филтрланиб утиб, барабандан узлуксиз равишда чиқарилади.

Чуқтирувчи центрифугаларнинг барабани яхлит металл девордан иборат. Барабан айланиши натижасида хосил буладиган марказдан кочма куч таъсирида зичлиги катта булган заррачалар ёки суюклик барабан девори томонга харакат-ланади ва унга ёпишиб тупланади, зичлиги кам булган фаза эса ук атрофида йигилади.

Тарелкали сепараторлар ёрдамида таркибида ута майда дисперс заррачалар тутган суспензия ва эмульсиялар ажратилади. Сепараторни асосий ишчи кисми барабан (ротор) ва конуссимон тарелкалар тупламидан иборат булади. Тарелкалар тешикли ва тешиксиз булиши мумкин.

**Чуқтирувчи центрифугалар хисоби.** Хисоблашлар жараёнида центрифугаларни чуқтириш тезлиги огирлик кучи таъсирида чуқиш тезлигидан  $K_a$  марта катта булган тиндиргичлар деб каралади.

Ушбу холатни эътиборга олган холда, жараённи моддий баланси тенгламаси (- ) асосида, центрифугаларни чуқтириш юзаси куйидагича хисобланади:

$$F = \{ [G_{\text{сп}} / (\rho_T \omega^{11} K_a \xi)] [(x_{\text{ч}} - x_{\text{сп}}) / (x_{\text{ч}} - x_{\text{т}})] \}, \quad (3-129)$$

бу ерда  $\omega^{11}$  - заррачани огирлик кучи таъсирида, сикилган холатдаги чуқиш тезлиги;  $K_a$  - ажратиш омили;  $\xi$  - ажратиш самарадорлиги коэффициенти.

Цилиндрик барабанли центрифугани чуқтириш юзаси

$$F = 0,5 \pi (D_{\text{сп}} - D_{\text{ч}}) L = \pi D_{\text{y}} L, \quad (3-130)$$

бу ерда  $L$  - барабан узунлиги;  $D_{\text{сп}}$  - барабандаги суспензия катламининг ички диаметри;  $D_{\text{ч}}$  - барабандаги чуқма катламининг ички диаметри;  $D_{\text{y}}$  - окимни уртача диаметри.

Барабанли центрифугалар учун ажратиш омиленинг уртача киймати куйидагича ифодаланади

$$K_a = 2\pi^2 n^2 D_y / g. \quad (3-131)$$

(3-131) тенглама таркибидаги  $\xi$  коэффициентни суюкликни барабан девори юзасига нисбатан сирпаниши, уярмавий оқимларни хосил булиши, шнекни ажратиш эффекти каби бир қатор омиллар таъсирида ажратиш самарадорлигининг пасайишини хисобга олади. Узлуксиз ишловчи центрифугалар учун  $\xi = 0.2 \div 0.25$ .

(3- ) ва (3- ) тенгламаларнинг ифодаларини (3- ) тенгламага киритилса, центрифугаларнинг суспензия буйича иш унумдорлигини ифодаловчи куйидаги тенглама хосил булади

$$G_{\text{сп}} = 2\pi^3 D_y L \rho_T \omega^{11} n^2 \xi / [g(x_q - x_{\text{сп}}) / (x_q - x_T)]. \quad (3-132)$$

Ушбу тенглама ёрдамида барабанли центрифугаларнинг суспензия буйича иш унумдорлигини аниқлаш ёки берилган иш унумдорлигини таъминловчи центри-фугани танлаб олиш мумкин.

Шнекли центрифугаларнинг суспензия буйича иш унумдорлигини ( $\text{м}^3/\text{соат}$ ) аниқлаш учун куйидаги тенглама тавсия этилган

$$V_{\text{ц}} = 3,5 D_6^2 (\rho - \rho_{\text{м}}) d_{\text{мин}} n_6^2 / \mu, \quad (3-133)$$

бу ерда  $D_6$  ва  $L_6$ - барабанни фугат оқиб чиқадиган қисмининг диаметри ва узунлиги;  $n_6$  - роторни айланиш частотаси,  $\text{мин}^{-1}$ ;  $d_{\text{мин}}$ - чуқаетган заррачаларнинг энг кичик диаметри, м;  $\mu$ - ковушокликни динамик коэффициентни, Па с.

Тарелкали сепараторларнинг иш унумдорлигини ( $\text{м}^3/\text{соат}$ ) аниқлаш учун куйидаги тенглама тавсия этилган

$$Q = (\beta\pi/27) z \omega^2 \text{tg}\alpha (r_{\text{max}}^3 - r_{\text{min}}^3) [(\rho_3 - \rho_{\text{сп}}) / \mu] d_3^2, \quad (3-134)$$

бу ерда  $\beta=0.5 \div 0.7$ - сепаратордаги реал жараённи назарий жараёндан фарқла-нишини хисобга олувчи коэффициент;  $z$ - тарелкалар сони;  $\alpha$ - тарелкани конуслик бурчаги;  $\omega$ - барабанни бурчак тезлиги,  $\text{с}^{-1}$ ;  $r_{\text{max}}$  ва  $r_{\text{min}}$ - тарелкани максимал ва минимал радиуслари, м;  $\rho_3$  ва  $\rho_{\text{сп}}$ - дисперс заррача ва суюкликни зичликлари,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $\mu$ - суюкликни динамик ковушоклиги, Па с;  $d_3$ - суспензия таркибидан ажратилади-ган энг кичик заррачанинг эквивалент диаметри, м.

Центрифуга ва сепараторларнинг иш унумдорлиги ва зарурий истеъмол қувватини аниқлаш услублари [8,9,11], уларнинг турларига кура, махсус адабиётларда кенг ёритилган.

### 3.6.2. Масала ечиш намуналари

**1- масала.**  $20^0\text{С}$  хароратли сувда чуқаетган кварц заррачасининг зичлиги  $2650 \text{ кг}/\text{м}^3$ . Стокс тенгламасини кулланилиш чегараси буйича заррачанинг энг катта диаметрини хисобланг.

**Масалани ечим.** Стокс тенгламаси ламинар режимда чуқтириш жараён-ларини ифодалайди. Ушбу тенглама  $Ar < 3.6$ ,  $L_y < 2 \cdot 10^{-3}$  ва  $Re < 0.2$  булган ҳолатларда кулланилади. Шунинг учун заррачани энг катта диаметрини  $Ar=3,6$  чегарада куйидагича аниқлаймиз

$$d_{\text{max}} = \sqrt{Ar \mu_c^2 / (\rho_3 - \rho_c) \rho_c g} = \sqrt{3.6 * 1^2 10^{-6} / (2650 - 1000) 1000 * 9.81} = 60 * 10^{-6} \text{ м} = 60 \text{ мкм},$$

бу ерда  $\mu_c = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Па с}$  - сувни ковушоклиги;  $\rho = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$  - сувни зичлиги;  $g = 9.81 \text{ м}/\text{с}^2$ .

**2- масала.**  $20^0\text{С}$  сувда улчами  $d_3 = 1 \text{ мм}$  ва зичлиги  $7560 \text{ кг}/\text{м}^3$  булган киррали заррачанинг чуқиш тезлигини аниқланг.

**Масалани ечим.** Ногеометрик шаклдаги киррали заррачани чуқиш тезлигини Ляшенко критерийси  $Lu$  ёрдамида аниқлаймиз. Бунинг учун дастлаб Архимед критерийсининг  $Ar$  кийматини хисоблаймиз.

$$Ar = d_3^3 (\rho_3 - \rho_c) \rho_c g / \mu_c^2 = 1 \cdot 10^{-9} (7560 - 1000) 1000 \cdot 9,81 / 1 \cdot 10^{-6} = 6,44 \cdot 10^4.$$

$R_e$  ва  $Lu$  критерийларининг  $Ag$  критерийсидан боғлиқлик графигидан ушбу заррача учун  $Lu = 3,1 \cdot 10^2$  эканлигини аниқлаймиз.

Заррачани чуқиш тезлиги

$$\omega_q = \sqrt[3]{L_y \mu_c (\rho_3 - \rho_c) g / \rho_c^2} = \sqrt[3]{3,1 \cdot 10^2 \cdot 1 \cdot 10^{-3} (7560 - 1000) 9,81 / 1000^2} = 0,27$$

м/сек.

**3- масала.** Тиндиргични чуқма буйича суткалик иш унумдорлиги  $G_q = 24200$  кг. Сувли суспензияни куюлтириш сохасидаги концентрацияси  $n = (\text{чуқма} : \text{суюқлик}) 1:1,5$ . Каттик фазанинг нисбий зичлиги 2,6. Куюлтириш сохасида суспензияни булиш вақти 16 соат булса, тиндиргич баландлигини аниқланг.

**Масалани ечими.** Суспензияни куюлтириш сохасидаги нисбий зичлигини ( $\rho_k / \rho_c$ ) куйидагича аниқлаймиз

$$\Delta_c = \rho_k / \rho_c = \Delta_k (n+1) / (\Delta_k n + 1) = 2,6(1,5+1) / (2,6 \cdot 1,5+1) = 1,32.$$

Ушбу сохадаги суспензиянинг массавий концентрацияси

$$x = 1(1+1,5) = 0,4 \text{ кг к.ф./кг сусп.}$$

1 м<sup>3</sup> куюлтирилган суспензия таркибидаги каттик фаза микдори

$$q_k = \rho_k x = 1320 \cdot 0,4 = 530 \text{ кг.}$$

1 м<sup>2</sup> юзага бир суткада чуқаётган каттик заррача микдори

$$G_1 = 4G / (\pi D^2) = 4 \cdot 24200 / (\pi \cdot 10^2) = 308 \text{ кг/(м}^2 \text{ сут).}$$

1 м<sup>2</sup> тиндириш юзасидан 16 соат мобайнида куюлтириш сохасига утаётган каттик фаза микдори

$$m = G_1 / (16:24) = 308 / (16:24) = 205 \text{ кг.}$$

Тиндириш сохасининг баландлигини ҳисоблаймиз

$$h_2 = m / q_k = 205 / 530 = 0,387 \text{ м.}$$

Куйилиш патрубканинг баландлигини  $0,45 \div 0,75$  м чегараларда қабул қилинади. Суюқ суспензиялар учун (чуқма : суспензия = 10)  $h_1 = 0,6$  м деб қабул қиламиз. Курилманинг тарокли аралаштиргич жойлашган қисмини баландлиги  $h_3 = 0,146 (D/2) = 0,146 \cdot 5 = 0,73$  м.

Шундай қилиб, тиндиргични умумий баландлиги

$$H = h_1 + h_2 + h_3 = 0,6 + 0,387 + 0,73 = 1,72 \text{ м.}$$

**4-масала.** Даврий ишловчи центрифуга барабанининг ички диаметри  $D_{и} = 1200$  мм, баландлиги  $H_б = 550$  мм, деворини калинлиги  $\delta = 10$  мм ва огирлиги  $M_б = 120$  кг. Барабан деворига вертикал йуналишда  $n_0 = 12$  та тешик уйилган. Хар бир тешик диаметри  $d_0 = 5$  мм. Барабанга учта белбоғ (халка) кийдирилган, хар бир халка кесими  $b \times h = 15 \times 30$  мм<sup>2</sup>. Барабан материали - пулат, уни узилишга вактинчалик қаршилиги  $\sigma_y = 4500$  кгс/см<sup>2</sup>.

Барабанга  $M_{сп} = 400$  кг суспензия юкланади, ҳосил буладиган катлам калин-лиги  $\delta_k = 200$  кг. Мустаҳкамлик коэффициентини  $m \leq 5$ .

Центрифуганинг айланишлар частотаси учун рухсат этилган юкори чегарани аниқланг.

**Масалани ечими.** Барабан материалининг узилиш қучланиши буйича мустаҳкамлик чегараси

$$K_z = \sigma_y \cdot 9,81 \cdot 10^4 / m = 4500 \cdot 9,81 \cdot 10^4 / 5 = 8,829 \cdot 10^7 \text{ Па ёки } 900 \text{ кгс/см}^2.$$

Барабан девори ва халкаларнинг кесим юзаси (тешиқлар майдони чегириб ташлагандан сунг) куйидагича аниқланади

$$f = \delta (H_б - n_0 \cdot d_0 + 3 b h) = \pi \cdot 1,0 (55 - 12 \cdot 0,5 + 3 \cdot 1,5 \cdot 3,0) = 62,5 \text{ см}^2 \approx 6,25 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2.$$

Марказдан қочма қучнинг максимал қиймати куйидагича аниқланади

$$C_{max} = K_z \cdot 2f = 8,829 \cdot 10^7 \cdot 2 \cdot 6,25 \cdot 10^{-3} = 1,104 \cdot 10^6 \text{ Н.}$$

Барабаннинг ярим халкасмон деворини огирлик марказидан то айланиш укигача булган масофа

$$R_6 = 4[(R_2^3 - R_1^3)/(R_2^2 - R_1^2)]/3\pi = 4[(0.61^3 - 0.6^3)/(0.61^2 - 0.6^2)]/3\pi = [4(0.227 - 0.216)/(0.3721 - 0.36)]/3\pi = 4 \cdot (0.011/0.0121)/3\pi = 0.386 \text{ м,}$$

бу ерда  $R_1=0.6$  м - барабанни ишчи диаметри;  $R_2=0.61$  - барабанни ташки диаметри.

Барабан деворини айланиши туфайли юзага келувчи марказдан кочма куч киймати (Н)

$$C_1 = 0.011 \cdot M_6 / 2 \cdot R_6 \cdot n^2 = 0.011 \cdot 60 \cdot 0.386 n^2 = 0.2548 n^2.$$

Суспензия катлами кесим юзасининг огирлик марказидан то айланиш укигача булган масофа куйидагича аникланади

$$R_{cp} = 4[(R_1^3 - R_m^3)/(R_1^2 - R_m^2)]/3\pi = 4[(0.6^3 - 0.4^3)/(0.6^2 - 0.4^2)]/3\pi = 4[(0.215 - 0.064)/(0.36 - 0.16)]/3\pi = 0.323 \text{ м.}$$

Суспензия катламининг айланиши туфайли юзага келувчи марказдан кочма куч киймати (Н)

$$C_2 = 0.011 \cdot M_m / 2 \cdot R_m \cdot n^2 = 0.011 \cdot 200 \cdot 0.323 n^2 = 0.7106 n^2.$$

Марказдан кочма кучнинг умумий киймати (Н)

$$C = C_1 + C_2 = 0.2548 n^2 + 0.7106 n^2 = 0.9654 n^2.$$

Марказдан кочма кучнинг максимал рухсат этилган чегараси  $C_{max} = 1.104 \cdot 10^6$  Н эканлигини хисобга олиб, центрифугани айланишлар частотасини юкори чегарасини хисоблаймиз

$$n_6 = \sqrt{C_{max} / C} = \sqrt{1.1 \cdot 10^6 / 0.9654} = \sqrt{1.139424 \cdot 10^6} = 1067.44 \text{ мин}^{-1} = 17.8 \text{ с}^{-1}.$$

**5-масала.** АОГ-800 русумли чуқтирувчи центрифуганинг суспензия буйича иш унумдорлигини куйидаги маълумотлар асосида хисобланг. Суспензия харорати  $30^\circ\text{C}$ , унинг таркибидаги магний оксиди гидрати заррачаларининг энг кичик диаметри  $d=3$  мкм ва зичлиги  $\rho=2525$  кг/м<sup>3</sup>. Центрифуганинг техник характерис-тикалари: барабан диаметри 800 мм; барабан узунлиги  $L=400$  мм; курилма борти диаметри  $D_0=570$  мм; барабанни айланишлар частотаси  $1200$  мин<sup>-1</sup>. Центрифугани ишчи цикли  $\tau_{ц}=20$  минутга тенг: шундан  $\tau_e=18$  минут - центрифугага суспензия бериш ва  $\tau_4=2$  мин - чуқмани бушатиш учун сарфланади.

**Масалани ечим.**  $30^\circ\text{C}$  хароратдаги сувни динамик ковшоклик коэффиценти  $\mu_c = 0.804 \cdot 10^{-3}$  Па с, унинг зичлиги  $\rho_c = 996$  кг/м<sup>3</sup>.

Заррачаларни чуқиш тезлигини Стокс тенгламасидан аниклаймиз

$$\omega_4 = d^2(\rho - \rho_c)g / (18\mu) = (3 \cdot 10^{-6})^2(2525 - 996) \cdot 9.81 / (18 \cdot 0.804 \cdot 10^{-3}) = 9 \cdot 10^{-12} \cdot 1529 \cdot 9.81 / (14.472 \cdot 10^{-3}) = 134995.41 \cdot 10^{-12} / (14.472 \cdot 10^{-3}) = 9328.041 \cdot 10^{-9} = 0.93 \cdot 10^{-5} \text{ м / сек.}$$

Марказдан кочма куч таъсирида заррачаларнинг чуқиш тезлиги

$$\omega = \omega_4 \cdot R_0 n^2 / 900 = 0.93 \cdot 10^{-5} \cdot 0.285 \cdot 1200^2 / 900 = 424.08 \cdot 10^{-5} = 4.24 \cdot 10^{-3} \text{ м/с,}$$

бу ерда  $R_0 = D_0/2 = 0.570/2 = 0.285$  м - борт радиуси.

Чуқтириш режимини аниклаймиз

$$Re = \omega d \rho_c / \mu_c = 4.24 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 996 / 0.804 \cdot 10^{-3} = 15757.611 \cdot 10^{-6} = 1.6 \cdot 10^{-2}.$$

Центрифугани хақикий ва лойихавий иш унумдорликларини нисбатини ифодаловчи коэффиценти  $\eta = 0.5$  деб кабул килиб, унинг иш унумдорлигини куйидаги тенглама буйича хисоблаймиз

$$V = 25.3 \eta L n^2 R_0^2 \omega_4 \cdot k = 25.3 \cdot 0.5 \cdot 0.4 \cdot 1200^2 \cdot 0.285^2 \cdot 0.93 \cdot 10^{-5} \cdot 0.9 = 4.6 \text{ м}^3/\text{соат.}$$

бу ерда  $k = \tau_{ц} / \tau_4 = 18/20 = 0.9$  - суспензия бериш вақтини (центрифугалаш вақтини) центрифуганинг умумий иш циклиги нисбати.

## Мустакил ечиш учун масалалар

Таркибида 10 % (массавий) каттик фаза тутган сувли суспензиянинг зичлигини хисобланг. Каттик фазанинг нисбий зичлиги 3 га тенг.

Жавоб: 1070 кг/м<sup>3</sup>.

2. Агар суспензия харорати 15 °С дан 50 °С гача кутарилса, тиндиргичнинг иш унумдорлиги кандай узгаришини хисобланг. Хар икки холат учун  $Re < 0.2$ .

Жавоб: ≈2 маротаба.

3. 15 °С хароратдаги сувда 0.25 м/сек тезлик билан чукаётган киррали кургошин заррачаларининг улчамини аникланг. Заррачаларни зичлиги 7500 кг/м<sup>3</sup>.

Жавоб: 0.93 мм.

4. 25 °С хароратдаги сувда чюзинчок шаклдаги кумир заррачалари ( $\rho=1400$  кг/м<sup>3</sup>) ва сланецни пластинкасимон заррачаларининг ( $\rho=2200$  кг/м<sup>3</sup>) чукиш тезликларини аникланг. Барча заррачаларнинг эквивалент диаметри 2 мм.

Жавоб: 0.08 м/сек ва 0.11 м/сек.

5. Зичлиги 2600 кг/м<sup>3</sup> ва диаметри 10 мкм булган шарсимон кварц заррачаларини хавода ва сувда кандай тезлик билан чукишини хисобланг. Мухитлар хароратини 15 °С деб кабул килинг.

Жавоб:  $7.86 \cdot 10^{-3}$  м/с ва  $7.65 \cdot 10^{-5}$  м/с.

6. Центрифуга барабанининг баландлиги 0.5 м, унга юкланган суспензия микдори 400 кг. Барабан деворига курсатиладиган босим киймати 5 кгс/см<sup>2</sup>. Центрифуганинг айланишлар частотасини аникланг.

Жавоб: 600 мин<sup>-1</sup>.

7. Центрифуга барабанининг ички диаметри 1000 мм, унинг юзасидаги чукма катламини калинлиги 100 мм, барабанны айланишлар сони 500 мин<sup>-1</sup>. Суюкликни зичлиги 1100 кг/м<sup>3</sup>. Курилма барабанининг деворидаги бирлик босим кийматини аникланг.

Жавоб: 137.5 кПа.

8. Центрифуга диаметри 1000 мм ва унинг айланишлар частотаси 600 мин<sup>-1</sup>. Бир хил улчамдаги заррачалар центрифугада тиндиргичга нисбатан неча маротаба тезрок чукишини аникланг. Хар икки холат учун чуктириш режимини ламинар деб кабул килинг.

Жавоб: 200 марта.

9. 50 °С хароратдаги сувли суспензияни тиндирувчи НОГШ-600 русумли шнекли центрифуганинг иш унумдорлигини аникланг. Суспензия таркибидаги гипс заррачаларининг энг кичик диаметри 2 мкм. Центрифуганинг техник курсаткичлари куйидагича: барабанны айланишлар частотаси 1400 мин<sup>-1</sup>, чуктириш зонасининг узунлиги 350 мм, тукиш патрубканинг диаметри 480 мм.

Жавоб: 5.07 м<sup>3</sup>/соат.

## 11 - амалий машғулот

### Суюкликлардан майда заррачаларни марказдан қочма куч таъсирида ажратувчи центрифуга ва сеператорларни хисоблаш

Эмульсиядаги суюклик томчиларини ва суспензиядаги каттик модда заррачаларини марказдан қочма кучлар майдонида ажратиш центрифугаларда олиб борилади.

Центрифугалаш жараёнидаги марказдан қочма кучлар куйидаги тенглама билан топилади.

$$C = \frac{M \cdot n^2}{R} = M \cdot \omega^2 \cdot R = 40Mn^2R \quad (3.1.)$$

Бу ерда  $M$  - центрифугага барабанидан аралашманинг массаси, кг;  
 $n$  – центрифугани айланишлари сони, С<sup>-1</sup>

Центрифугаларни иш унимдорлиги  $V$  (суспензиянинг хажмий сарфи бўйича) аппарат конструкциясига қараб туриб турлича топилади.

а) АОГ типдаги пичокли чўктириш центрифугасининг иш унимдорлиги (ламинар режимида);

$$V = 25.3 \xi L \cdot n^2 R_0^2 \omega_4 \cdot R \quad (3.2.)$$

б) НОГШ типдаги узлуксиз ишлайдиган шнекли чўктириш центрифугасининг иш унимдорлиги:

$$V = 35 \frac{D_{ok}^2 L_{ok} (\rho - \rho_M) \cdot d^2 \cdot n^2}{\mu} \quad (3.3.)$$

Бу ерда  $R$  – центрифугалаш даврини центрифуганинг умумий ишлаш вақтига нисбати.

$L$  – барабан узунлиги, м;  $R_0$  суспензия қатламининг ички радиуси, м;  $D_{ok}, L_{ok}$  – чиқиб кетиш окмасининг диаметри ва узунлиги, м;  $d$  – энг кичик чиқаётган заррачанинг диаметри, м;  $\mu$  – мухитнинг қовушқоқлиги,  $\rho$  – музитнинг зичлиги,  $\rho_M$  – материалнинг зичлиги.

### Мисолларни ишлаш намунаси

3.1. Магний гидроксид сувли суспензиясининг температураси  $30^\circ\text{C}$ , ундаги заррачаларнинг зичлиги  $\rho = 2525 \text{ кг/м}^3$  ва энг кичик заррача диаметри 3 мкм. АОГ-800 маркали чўктирувчи автоматик центрифуга қуйидаги курсаткичларга эга: Барабан диаметри 800 мм, ён деворининг устки қисми 570 мм ва узунлиги 400 мм. Айланиш частотаси 1200 айл/мин. Центрифуга ишлаш цикли 20 мин, шундан 18 мин-суспензия узатишга, 2 мин эса чўкмани олиб ташлашга сарфланади. Юқорида қайд этилган шароитда центрифуганинг иш унимдорлиги ҳисоблансин.

Ечиш: Иш унимдорлиги қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$V_q = 25,3 \cdot \eta \cdot L \cdot n^2 \cdot R_0^2 \cdot w \cdot k$$

Заррачалар чўкиш тезлигини Стокс формуласидан топиш мумкин:

$$w_q = \frac{g \cdot d^2 \cdot (\rho_k - \rho)}{18 \cdot \mu} = \frac{9,1 \cdot (3 \cdot 10^{-6})^2 \cdot (2625 - 1000)}{18 \cdot 0,8 \cdot 10^{-3}} =$$

$$= 0,935 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$$

$30^\circ\text{C}$  температурада сув динамик қовушқоқлигининг коэффициенти  $\mu = 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ .

Марказдан қочма куч таъсиридаги чўкиш тезлиги қуйидагича ҳисобланади:

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

Чўкиш режимини текшираимиз:

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

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

Сўнгра,  $k$  ни аниқлаймиз:

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

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

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

3.2. Сеператорнинг иш унумдорлиги 1000 л/соат ёки  $2,78 \times 10^{-7} \text{ м}^3/\text{соат}$ . Тарелкалар сони 50та ва улар орасидаги масофа 0,4 м. Барабанинг айланиш частотаси 8500 айл/мин. Тарелкалар радиуси  $R_{ки} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ ,  $R_{кз} = 10^{-1} \text{ м}$  Сеперация жараёнининг температураси  $45^\circ\text{C}$ .

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

**Ечиш:**

Ёғ шарчаларининг суюқлик ичидан сузиб чиқиш тезлигини қуйидаги формуладан топиш мумкин.

$R_{ка}$  учун

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

$$\omega_{cm} = \frac{2}{9} \cdot 3,14^2 \cdot \left(\frac{8500}{60}\right)^2 \cdot 3 \cdot 10^{-2} \cdot (2,3 \cdot 10^{-6})^2 \cdot 2900 \cdot 45 =$$

$$= 1,64 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$$

$R_{ки}$  учун

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

Суюқлик оқимининг тезлиги эса, ушбу формуладан аниқланади.

$$\omega_{\eta} = \frac{M}{2 \cdot \pi \cdot r_1 \cdot h \cdot z}$$

$R_{ки}$  учун

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

$R_{ка}$  учун

$$w_{cm} = 2,2 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}$$

### Масала № 1

1 жадвалда келтирилган шартларга асосланиб, АОГ – 800 маркали центрифуганинг иш унимдорлиги топилсин. Аралашма – магний оксидининг сувдаги суспензияси. Заррачаларнинг зичлиги -  $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$ . Суспензия харорати  $t_M - 30^\circ\text{C}$  - Заррачанинг энг кичик диаметри  $d$ , центрифуга барабанинг диаметри –  $D$ , узунлиги  $L$ , ички диаметри  $D_0$ , айланишлар сони  $n$ , центрифугани ишлаш цикли  $t_1$ , мин; ундан  $t_2$  мин – суспензия бериш вакти;  $t_3$  мин - чўкмани чиқариш вакти;  $\xi = 0,45$   $t_3 = 2$  мин.

#### 1 масалага вариантлар.

#### 1-жадвал

№	$D$ мкм	$D$ мм	$L$ мм	$D_0$ мм	$n$ айл/мин	$t_1$ мин	$t_2$ мин
5-1	9	700	350	560	1300	24	21
5-2	8	650	325	470	1350	25	22
5-3	7	600	300	450	1400	26	22
5-4	6	650	325	540	1450	27	22
5-5	5	700	350	510	1300	23	20
5-6	4	750	375	550	1250	22	19
5-7	3	800	400	570	1200	20	18
5-8	10	850	425	590	1150	21	19
5-9	11	900	450	625	1250	19	17
5-10	12	1000	500	810	1400	18	16

### Масала №2

2-жадвалда келтирилган шартлар асосида, НОГШ-230 маркали центрифуга қандай энг кичик диаметрдаги заррачаларни тозалаш мумкинлиги топилсин. Каолиннинг сувли суспензиясини иш унимдорлиги  $V$ , температураси  $t_M$ , Каолиннинг зичлиги  $\rho$ .

Чиқиб кетиш оқмасининг ўлчамлари -  $D_{ок}$ ,  $L_{ок}$ . Барабанинг айланишлар сони -  $n$ .

#### 2 - масалага вариантлар

#### 2-жадвал

№	$V$ м <sup>3</sup> /соат	$t_M$ °C	$\rho$ кг/м <sup>3</sup>	$D_{ок}$ мм	$L_{ок}$ мм	$n$ айл/мин
6-1	3,0	35	2200	180	164	1600
6-2	4,0	40	2100	190	175	1650
6-3	5,0	42	2150	200	185	1700
6-4	6,0	44	2050	210	195	1750
6-5	7,0	45	2025	220	200	1800
6-6	3,5	48	2000	230	205	1850
6-7	4,5	50	2225	240	210	1950
6-8	5,5	20	2250	250	220	1900
6-9	6,5	25	2275	260	230	1950
6-10	7,5	30	2300	270	200	2000

3. Центрифуга барабанининг ички диаметри 1 м га тенг, 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.

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



5. Узлукли ишлайдиган центрифуганинг диаметри 0,8 м ва баландлиги 0,4 м, барабани 1700 айл/мин частота билан айланиб суспензия центрифугаланмоқда. Қурилмага 15 кг суспензия берилмоқда ва унинг зичлиги 1480 кг/м<sup>3</sup>. Юқоридаги шарт-шароитларда центрифуганинг ажратиш коэффициентлари ва филтрлаш босимини аниқланг.

6. Филтрловчи центрифуга барабининг диаметри 0,45 м ва баландлиги 0,3 м. Барабан минутига 2000 айланиш қилмоқда ва натижада ҳосил бўлаётган суюқлик халқасининг диаметри 0,32 м. Суспензия зичлиги 1380 кг/м<sup>3</sup>, уни қайта ишлаш циклининг вақти 10 мин. Филтрловчи центрифуганинг ажратиш коэффициентлари ва ўртача иш унумдорлиги ҳисоблансин.

7. Қуйидаги маълумотларга асосланиб НИИОГАЗ типидagi циклон танлансин: чанг ҳаво сарфи 500 м<sup>3</sup>/соат (0<sup>0</sup>С ва 760 мм. сим. уст.), температураси 50<sup>0</sup> С, зичлиги 1200 кг/м<sup>3</sup> ва энг кичик заррачалар диаметри 15 мкм. Циклоннинг гидравлик қаршилиги ҳам аниқлансин.

## 12 - амалий машғулот.

### Оғирлик кучи таъсирида чўктириб тозалаш жараёнини ҳисоблаш.

Чўктириш усули суспензия, эмульсия ва чангли газларни ажратиш учун ишлатилади. Чўктириш тезлиги кичик бўлгани сабабли, бу усул асосан турли жинсли системаларни бирламчи ажратиш учун қўлланилади.

Шарсимон заррачани қўзғалмас чегарасиз мухитда чўкиш жараёнини критериялар шаклида ёзиш учун Архимед  $Ar$ , Ляшенко  $Ly$  ва Рейнольдс  $Re$  критерияларидан фойдаланиш мумкин.

Тинг, яъни ламинар чўкиш режимида ( $Ar < 36 : Ly < 2 \cdot 10^{-3}, Re < 0,2$ ) Шарсимон заррачанинг чўкиш тезлиги Стокс тенгламаси ёрдамида топилади:

$$\omega_c = \frac{d^2(\rho - \rho_M) \cdot g}{18 \cdot \mu} \quad (1.1)$$

Бу ерда  $d$ -заррачанинг диаметри,  $M$ ;  $\rho$  ва  $\rho_M$ -заррача ва мухитнинг зичликлари, кг./м<sup>3</sup>  $\mu$  - мухитнинг қовушқоқлиги (махсус жадваллардан олинади).

$$Re = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu} = \frac{w \cdot d}{\nu} \quad (1.2) \quad \text{-Рейнольдс критерияси}$$

$$Ly = \frac{w^3 \cdot \rho^2}{\mu(\rho - \rho_M) \cdot g} \quad (1.3) \quad \text{-Лященко критерияси}$$

$$Ar = \frac{d^3 \cdot (\rho \cdot \rho_M) \cdot \rho_M \cdot g}{\mu^2} \quad (1.4) \quad \text{-Архимед критерияси}$$

### Мисолларни ишлаш намунаси.

1-мисол. Донадор материал ювилганда, зичлиги  $1750 \text{ кг/м}^3$  ва ўлчами  $0,4 \text{ мм}$ . бўлган қаттиқ заррачалар  $0,4 \text{ м}$  қалинликдаги сув қатламидан ўтиб идиш тубига чўкиши учун чўктириш қурилмасининг узунлиги қандай бўлиши керак? Сувнинг температураси  $20^{\circ}\text{C}$ , оқимнинг тезлиги  $10 \text{ м/с}$ .

Ечиш: Чўктириш тезлиги  $w_{\text{ч}} = \frac{g \cdot d^2 \cdot (\rho_{\text{к}} - \rho)}{18 \cdot \mu}$

формуладан аниқланади.

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

Заррачаларнинг чўкиши учун керакли вақт эса

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

Чўктириш қурилмасининг узунлиги  $l$  қуйидаги формуладан ҳисоблаб топилади:

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

### Синов масалалар

#### Масала № 1

1 – жадвалда кўрсатилган шартларга асосланиб, кварц кумининг шарсимон заррасининг сувдаги ва хаводаги чўкиш тезлигини аниқлаш. Кварцнинг зичлиги  $\rho = 2600 \text{ кг/м}^3$   $t_{\text{с}}$  ва  $t_{\text{х}}$  - суюқликнинг ва хавонинг ҳароратлари;  $d$  - заррачанинг диаметри.

#### 1 – масала вариантлари.

1-жадвал

№	$d, \text{ мкм}$	$t_{\text{с}}, ^{\circ}\text{C}$	$t_{\text{х}}, ^{\circ}\text{C}$
1-1	8	10	20
1-2	9	20	120
1-3	10	30	170
1-4	11	40	300
1-5	12	50	400
1-6	13	45	500
1-7	14	35	200
1-8	15	25	150
1-9	16	15	100
1-10	17	5	0

#### Масала № 2

2-жадвалдан келтирилган шартларга асосланиб, чанг чўктириш камерасида зарраларни чўкиш етарли бўлган полкалар орасидаги масофа топинг. Бошланғич маълумотлар  $d$  – заррача диаметри,  $V$  – газнинг сарфи,  $L$  – камера узунлиги,  $B$  –

камеранинг эни,  $H$  – камеранинг умумий узунлиги,  $t_r = 500$  °C газнинг камерадаги температураси,  $\rho_3$  - заррачаларнинг зичлиги,  $\rho_r$  - газнинг зичлиги;  $\rho_r = 10 \text{ кг/м}^3$ ;  $\rho_3 = 4000 \text{ кг/м}^3$ .

Масалага эслатма: Масалани ечиш учун (2) даги (1.2) ва (1.3) тенгламалардан фойдаланиш мумкин.

## 2-масалани вариантлари

2-жадвал

№	$d$	$V$	$L$	$B$	$H$
2№2	10	0,5	3,5	3,4	4
2-2	11	0,6	3,6	3,3	4,1
2-3	12	0,45	3,7	3,2	4,2
2-4	13	0,--	3,8	3,1	4,3
2-5	14	0,7	3,9	3,0	4,4
2-6	15	0,8	4	2,9	4,5
2-7	16	0,6	4,1	2,8	4,2
2-8	8	0,65	4,2	2,7	4,7
2-9	9	0,75	4,3	2,6	4,8
2-10	10	0,9	4,4	2,5	4,9

3. Бир хил тезликда чўктириладиган турли зичликка эга қўрғошин ( $\rho=7800 \text{ кг/м}^3$ ) ва кварц ( $\rho=2600 \text{ кг/м}^3$ ) заррачалар диаметрларининг нисбатларини куйидаги ҳолатлар учун аниқланг: а) ҳавода; б) сувда. Чўктириш  $Re < 0,2$  бўлган шароитда олиб борилмоқда деб ҳисоблансин.

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

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

6. Таркибида  $20\%$  (массавий) қаттиқ фазали, нисбий солиштира оғирлиги  $1,12$  га тенг бўлган  $10 \text{ м}^3$  суспензия филтрлангандан сўнг, филтрда қанча микдорда хўл чўкма йиғилади? Чўкманинг намлиги  $25\%$ .

7. Таркибида  $20\%$  қаттиқ фаза бор сувли суспензия филтрлангандан сўнг  $15 \text{ м}^3$  филтрат йиғиб олинади. Чўкманинг намлиги  $30\%$ . Қуруқ модда ҳисобида қанча чўкма олиниши ҳисоблансин.

## 13 – амалий машғулот

### Суспензияларни филтрлаш жараёнини ҳисоблаш

3.7.1. Назарий қисм. Суспензияларни филтрловчи тусиклар орқали утказиш йули билан тозалаш жараёни филтрлаш дейилади. Филтрлаш жараёнида аралашманинг айрим майда заррачалари филтрловчи материал говакларини тулдириши мумкин. Шунга кура куйидаги икки филтрлаш услублари мавжуд:

- чўкма катлами ҳосил қилиш йули билан филтрлаш;
- филтрловчи материал говакларини тулдириш орқали филтрлаш.

Суспензия таркибидан ажратиб олинadиган қаттиқ заррачаларнинг уртача диаметри  $d_2$  филтрловчи материал говаклари улчамидан  $d_n$  катта булган холларда (3.7.1- расм, а- схема) филтр тусик юзасида чўкма ҳосил булади. Бундай усулда филтрлаш суспензия таркибидаги заррачаларни массавий концентрацияси  $1\%$  дан ортиқ булганда кулланилади.

Агар суспензиядаги каттик заррачаларнинг уртача улчами филтрловчи материал говаклари улчамларидан кичик булса, у холда заррачалар говаклар ичига кириб, уларни тулдиради. (3.7.1- расм, в- схема). Говакларни тулиб бориши билан суюклик фазасини утиши кийинлашади. Бу эса филтрлаш курилмасининг иш унумдорлигини пасайтиради. Шу сабабдан филтрловчи материал даврий равишда, тоза суюкликни тескари йуналишдаги окими билан ювиб тозаланади.

Реал шароитларда филтрлаш жараёнлари бир пайтни узида говакларни майда заррачалар билан тулиши ва филтрловчи юзада чукма катламини хосил йули билан амалга оширилади.

Суспензия таркибидаги смолалар, шилимшик ва коллоид моддалар жараёни секинлаштиради. Шунинг учун филтрлаш жараёни суспензия заррачаларидан каттарок улчамга эга булган ёрдамчи моддалар иштирокида амалга оширилади.

Филтрловчи материаллар сифатида майда тешикли турлар, ипли газламалар, сочилувчан материаллар (кум, шагал, писта кумир, бентонитлар), керамика, жун ва синтетик материаллар ва бошқалар ишлатилади.

Активланган кумир, перлит, диатомит, кизельгир, фиброфло ва аксанит иккиламчи филтрловчи материал булиб хисобланади. Улар чукма билан аралашиб, унинг говаклигини оширади. Натижада чукманинг гидравлик каршилиги камаяди. Бу материаллар абсорбциялаш хусусиятига эга булганлиги учун филтрат тиник булади.

Саноатда чукма хосил килиш йули билан филтрлаш усули (3.7.2- расм) кенг тарқалган. Жараён мобайнида хосил булган чукмалар, филтрланувчи суюклик хоссасига кура, сикилувчан (босим остида деформацияланувчи) ва сикилмайдиган булиши мумкин. Филтрловчи материаллар тузилишига кура сикилувчан (бикир) ва сикилмас булиши мумкин.

Филтрлаш жараёнининг харакатлантирувчи кучи вазифасини филтр-тусикдан олдинги ва ундан кейинги босимлар фарки бажаради. Марказдан кочма кучлар таъсирида филтрлаш жараёнида эса бу куч суюкликни филтрловчи юзага курсатадиган босими туфайли юзага келади.

Жараёни харакатлантирувчи кучнинг турига кура босимлар фарки таъсирида филтрлаш ва марказдан кочма кучлар таъсирида филтрлаш (центрифугалаш) усуллари мавжуд.

Филтр-тусикнинг хар иккала томонидаги босимлар фарки саноат корхоналарида куйидаги усуллар билан хосил килиниши мумкин:

- филтр-тусик юзасига курсатиладиган ортикча босим хосил килиш;
- суспензия устунинг массасидан фойдаланиш ( $\Delta P=0.05\text{МПа}$ );
- филтр-тусик остида сийракланиш (вакуум) хосил килиш ( $\Delta P=0.05\div 0.09\text{МПа}$ );
- филтрланувчи суюкликни марказдан кочма типдаги насослар ёрдамида курилмага хайдаш ( $\Delta P=0.5\text{МПа}$ );
- филтрланувчи суюклик сатхига сикилган хаво бериш ( $\Delta P=0.05\div 0.3\text{МПа}$ ).

Филтрлаш жараёни уч хил режимда олиб борилади:

- доимий узгармас босимлар фарки билан ( $\Delta P=\text{const}$ ) филтрлаш;
- доимий филтрлаш тезлиги билан ( $dV/d\tau=\text{const}$ ) филтрлаш;
- босимлар фарки ва филтрлаш тезлиги бир вакнинг узида узгариб турган холатда филтрлаш.

Филтрлаш жараёни турли хил суюкликларни тозалаш ёки улар таркибидан тайёр махсулотни ажратиб олиш максатида амалга оширилади.

Филтрловчи материалнинг бирлик юзасидан  $F$  вақт бирлиги  $dt$  ичида утган суюклик (филтрат) хажми  $dV$  филтрлаш тезлиги  $\omega$  ( $\text{м}^3/\text{м}^2\text{с}$ ,  $\text{м}/\text{с}$ ) дейилади.

$$\omega = dV / (Fd\tau). \quad (3-135)$$

Фильтрловчи материал ва чукма говакларининг улчами ута кичиклиги хамда суюкликни говаклар оркали утиш тезлиги кичик булганлиги учун фильтрлаш жараёни асосан ламинар режимда амалга оширилади. Бу пайтда жараён тезлиги фильтр-тусикни хар иккала томонидаги босимлар фаркига  $\Delta P$  тугри, суюкликни ковшоклиги  $\mu$ , чукма ва фильтрловчи материалнинг гидравлик каршиликларга ( $R_q$ ,  $R_{ф.м.}$ ) тескари мутаносибликда булади.

$$\omega = \Delta P / [\mu (R_q + R_{ф.м.})]. \quad (3-136)$$

(3-135) ва (3-136) тенгламаларни узаро тенглаштирсак фильтрлаш жараёнининг асосий дифференциал тенгламасига эга буламыз

$$dV / (Fd\tau) = \Delta P / [\mu (R_q + R_{ф.м.})]. \quad (3-137)$$

Фильтратни материал говаклари буйлаб утишига тускинлик килувчи гидравлик каршилик  $\Delta P$  (Па) Гаген-Пуазейл тенгламаси буйича аникланади

$$\Delta P = 32L\mu \omega / d^2, \quad (3-138)$$

бу ерда  $\Delta P$ - босимлар фарки, Па;  $L$ - чукма ва фильтр-тусик каналларининг узунлиги, м;  $\mu$ - фильтрлатни ковшоклиги, Па с;  $\omega$ - каналлардаги фильтрлат тезлиги, м/с;  $d$ - каналлар диаметри, м.

Амалий жихатдан фильтрловчи тусикнинг гидравлик каршилиги деярли узгармайди  $R_{ф.м.} = \text{const}$ . Чукманинг гидравлик каршилиги жараён бошланишидан олдин нулга тенг булади ( $\tau = 0$ ,  $R_q = 0$ ) ва жараён якунида максимал кийматга эга булади. Жараён юкори босимлар фарки остида кечиши сабабли, чукма хосил булишига огирлик кучи таъсирида чукиш таъсирини хисобга олинмайди. Шунинг учун чукма хажми  $V_q$  фильтрлат хажмига  $V_{ф}$  тугри мутаносибликда булади.

$$V_q = x_0 V_{ф}, \quad (3-139)$$

бу ерда  $x_0$ - суспензия таркибидаги каттик фаза концентрацияси ва чукманинг структурасидан боглик булган мутаносиблик коэффициентини.

$x_0$  киймати тажрибалар асосида аникланади ва  $1\text{ м}^3$  фильтрлат йигиб олиш пайтида хосил булган чукма хажми деб талкин этилади.

Фильтр-тусик юзасида хосил булган  $h_q$  баландликдаги чукма катламининг хажмини куйидагича ифодалаш мумкин

$$V_q = h_q F. \quad (3-140)$$

У холда, (3-139) ва (3-140) тенгламаларни тенглаштириш асосида, чукма катламининг баландлигини аниклаймыз.

$$h_q = x_0 V / F. \quad (3-141)$$

Чукма катламининг суюклик окимида курсатадиган каршилиги куйидагича ифодаланади

$$R_q = r_0 h_q, \quad (3-142)$$

бу ерда  $r_0$ - чукма катламини хажм жихатидан олинган солиштирма каршилиги,  $\text{м}^{-2}$ .

(3-141) тенгламадаги  $h_q$  ифодасини (3-142) тенгламага киритиб, чукма катламини каршилигининг фильтрлат хажмига богликлигини ифодаловчи тенгламага эга буламыз

$$R_q = r_0 x_0 V / F. \quad (3-143)$$

$R_q$  якуний ифодасини (3-143) хисобга олиб, жараённинг дифференциал тенгламасини (3- ) куйидагича ёзиш мумкин

$$dV / (Fd\tau) = \Delta P / [\mu (r_0 x_0 V / F + R_{ф.м.})]. \quad (3-144)$$

Ушбу дифференциал тенгламани ечиш асосида жараённинг бир катор хусусий холатлари учун фильтрлаш тенгламаларини келтириб чиқариш мумкин булади.

(3-144) ифода асосида узгармас босимлар фарқи таъсирида чуқма катлами ҳосил қилиш йули билан филтрлаш жараёни учун қуйидаги ҳисоблаш тенламаси ҳосил қилинади

$$V^2 + 2R_{\phi.m.}FV/(r_0 x_0) = 2\Delta P F^2 \tau / (\mu r_0 x_0) . \quad (3-145)$$

Ушбу тенгламадан қуринадики,  $\Delta P = \text{const}$  бўлганда филтрат ҳажми ва жараён давомийлиги ортиб бориши билан филтрлаш тезлиги камайиб боради. (14-11) тенгламанинг филтрлаш даврига (вақтига)  $\tau$  нисбатан ечими қуйидаги қуринашда бўлади

$$\tau = \frac{\mu x_0 r_0}{2\Delta P} \left( \frac{V}{F} \right)^2 + \frac{R_{\phi.m.}}{\Delta P} \frac{V}{F} \quad (3-146)$$

ёки  $x_0 V = h_q F$  эканлигини ҳисобга олиб

$$\tau = \frac{\mu r_0}{2\Delta P x_0} h_q^2 \frac{R_{\phi.m.}}{2\Delta P x_0} h_q . \quad (3-147)$$

Шундай қилиб, филтрлаш давомийлиги олинган филтрат ҳажмининг квадратига мутаносиб бўлади.

Филтрлаш тезлиги узгармас  $\omega = \text{const}$  бўлган ҳолат учун  $dV/d\tau = V/\tau$ . Филтрлашнинг ушбу режими учун жараёни дифференциал тенламаси (3-14) қуйидаги қуринашда бўлади

$$V^2 \mu x_0 r_0 + R_{\phi.m.} V F \mu = \Delta P F^2 \tau . \quad (3-148)$$

ёки

$$V^2 + \frac{R_{\phi.m.} F}{r_0 x_0} V = \frac{\Delta P F^2}{\mu r_0 x_0} \tau . \quad (3-149)$$

Ушбу тенгламадан

$$\Delta P = \mu x_0 r_0 (V/F)^2 \frac{1}{\tau} + \mu F R_{\phi.m.} \left( \frac{V}{F} \right) \frac{1}{\tau} \quad (3-150)$$

Филтрат тезлиги  $\omega = V/(F\tau)$  эканлигини ҳисобга олган ҳолда юқоридаги (3-150) тенгламани қуйидагича ёзамиз

$$\Delta P = \mu x_0 r_0 \omega^2 + \mu R_{\phi.m.} \omega . \quad (3-151)$$

Ушбу тенгламадан қуришиб турибдики,  $\omega = \text{const}$  бўлганда филтрлаш давомийлигини ортиб бориши билан босимлар фарқи  $\Delta P$  ҳам қурайиб боради

$$\tau = \frac{\mu x_0 r_0}{\Delta P} \left( \frac{V}{F} \right)^2 + \frac{R_{\phi.m.}}{\Delta P} \left( \frac{V}{F} \right) . \quad (3-152)$$

Филтрлаш тезлиги ва босимлар фарқи узгармас бўлган ҳолат филтрларни тоза суюқлик билан ювиш жараёнида қузилади. Бу пайтда  $dV/d\tau = V/\tau$  ва  $h_q = x_0 V/F = \text{const}$ . Жараёни асосий тенламаси (3-14) мазкур ҳолат учун қуйидаги шаклга эга бўлади

$$V/(F\tau) = \Delta P / [\mu(r_0 x_0 + R_{\phi.m.})] . \quad (3-153)$$

Ушбу тенгламадан филтр ювиладиган суюқлик ҳажмини жараён давомийлиги боғлиқлиги аниқланади

$$V = \Delta P F \tau / [\mu(r_0 x_0 + R_{\phi.m.})] . \quad (3-154)$$

Юқорида келтирилган (3-14), (14-152) ва (3-154) тенгламалар буйича ҳисоблашларни бажариш учун  $r_0$ ,  $R_{\phi.m.}$  ва  $x_0$  катталикларнинг қийматларини тажрибалар асосида аниқлаш лозим. Ушбу катталиклар филтрлаш жараёни доимийлари деб қурилади.

Филтрлар доимийларини аниқлаш услубларидан бирини қуриб чиқамиз. Бунинг учун (3-1) тенгламани

$$V^2 + 2R_{\phi.m.}FV/(r_0 x_0) = 2\Delta P F^2 \tau / (\mu r_0 x_0)$$

чап ва унғ томонларини узаро алмаштирамиз

$$2\Delta P F^2 \tau / (\mu r_0 x_0) = V^2 + 2R_{\phi.m.}FV/(r_0 x_0) . \quad (3-155)$$

Ушбу (3-155) тенглама таркибидаги барча хадларни  $2\Delta PF^2 V / (\mu r_0 x_0)$  ифодага булсак

$$\frac{2\Delta PF^2 \tau}{\mu r_0 x_0} \frac{\mu r_0 x_0}{2\Delta PF^2 V} = \frac{\tau}{V};$$

$$V^2 \frac{\mu r_0 x_0}{2\Delta PF^2 V} = V \frac{\mu r_0 x_0}{2\Delta PF^2} = MV; M = \frac{\mu r_0 x_0}{2\Delta PF^2}; \quad (3-156)$$

$$\frac{2R_{\phi.m.} FV}{r_0 x_0} \frac{\mu r_0 x_0}{2\Delta PF^2 V} = \frac{R_{\phi.m.} \mu}{\Delta PF} = N. \quad (3-157)$$

Босимлар фарки ва филтрланаётган суспензия харорати узгармас булган холларда  $M = \text{const}$  ва  $N = \text{const}$ . Шунинг учун (3-157) тенгламани

$$\tau / V = MV + N \quad (3-158)$$

шаклида ёзишимиз мумкин. Ушбу тенглама  $\tau/V - V$  уртасидаги тугри чизикли боғланишни ифодалайди (3.7.3- расм). Тугри чизикни киялик бурчаги тангенси  $\text{tg } \alpha = M$ , ордината укидан ажратиладиган кесма узунлиги эса  $N$  га тенг булади. Ушбу чизикни куриш учун абциссалар укига тажрибалар мобайнида улчанган филтрат хажмлари  $V_1, V_2, \dots, V_n$ , ординаталар укига эса тегишли  $\tau_1/V_1, \tau_2/V_2, \dots, \tau_n/V_n$  кийматлари белгиланади.

Шундан сунг, курилган график асосида  $N$  ва  $M$  доимийларининг кийматлари аникланади.  $N$  ва  $M$  кийматлари буйича, (3- ) ва (3- ) тенгламалар асосида, чуқманинг солиштирма каршилиги  $r_0$  ва филтрловчи материалнинг каршилиги  $R_{\phi.m.}$  аникланади.  $x_0$  киймати чуқма ва филтратнинг улчанган хажмлари нисбатидан топилади  $x_0 = V_{\phi}/V$ .

Марказдан кочма куч таъсирида филтрлаш усули филтрловчи центрифугаларда амалга оширилади. Центрифугалардаги кечаётган жараёнлар чуқма хосил булиши, чуқма катламининг зичлашуви ва уни механик сикилиш даврларига ажратилади.

Ички радиуси  $R_2$  ва баландлиги  $H$  булган барабандаги (3.7.4- расм) жараённи куриб чикамиз. Халкасимон суспензия катламидан  $dr$  калинликдаги ихтиёрий элементар катламни ажратиб оламиз. Барабан укидан ушбу катламгача булган масофани  $r$ , суспензия катламининг ички радиусини эса  $R_1$  деб белгилаймиз.

Халкасимон катламдаги суюкликни элементар массасига  $dm = 2\pi r \rho_{\text{сн}} dr$  таъсир этувчи марказдан кочма куч киймати куйидагича ифодаланади

$$dG_{\text{ц}} = dm (\omega_r^2 / r) = dm (2\pi r n)^2 / n, \quad (3-159)$$

бу ерда  $\omega_r$ -  $r$  радиусдаги суспензияни айланиш тезлиги, м/сек;  $n$ - барабанны айла-нишлар частотаси,  $\omega = \pi n / 30$ ;  $n = 30\omega / \pi$ .

Суспензия массасининг ифодасини (3-1 ) тенглама таркибига киритилса

$$dG_{\text{ц}} = 2\pi r \rho_{\text{сн}} dr (2\pi r n)^2 / n = 8\pi^3 \rho_{\text{сн}} n^2 r^2 dr. \quad (3-160)$$

Марказдан кочма куч таъсирида юзага келувчи ва барабанны  $F = 2\pi r H$  юзасига таъсир этувчи босимлар фарки

$$\Delta P = dG_{\text{ц}} / F = 8\pi^3 \rho_{\text{сн}} n^2 r^2 dr / 2\pi r H = 4\pi^2 \rho_{\text{сн}} n^2 r dr. \quad (3-161)$$

Ушбу тенгламани суспензия катламининг радиуслари  $R_1$ -  $R_2$  буйича интег-раллаб, филтрловчи материал юзасига таъсир этувчи босимлар фарки топилади

$$\Delta P = 4\pi^2 \rho_{\text{сн}} n^2 \int_{R_1}^{R_2} r dr = 4\pi^2 \rho_{\text{сн}} n^2 (R_2^2 - R_1^2) / 2 = 2\pi \rho_{\text{сн}} n^2 (R_1^2 - R_2^2). \quad (3-162)$$

Марказдан кочма куч таъсирида филтрлаш жарёни учун филтрлаш тезлиги куйидагича аникланади.

$$\tau = \Delta P / (R_{\phi.m.} + r_0 x_0) = 0.5 \rho_{\text{сн}} \omega_6^2 (R_2^2 - R_1^2) / (R_{\phi.m.} + r_0 x_0). \quad (3-163)$$

бу ерда  $\omega_6 = \pi n_6 / 30$  - барабанны бурчак тезлиги;  $R_1$  ва  $R_2$  - барабандаги халкасимон чуқманинг ички ( $R_1$ ) ва ташки ( $R_2$ ) радиуслари.

**Фильтрловчи курилмалар** ишлаш принципи, ишчи мухит ва фильтр-ловчи материалнинг турлари ҳамда ишчи босим кийматига кура гурухларга ажратилади.

Иш режимига кура даврий ва узлуксиз ишловчи фильтрлар мавжуд. Даврий ва узлуксиз режимда ишловчи фильтрларда жараён чуқма хосил килиш йули билан олиб борилади. Бундай курилмаларда мавжуд фильтрлаш усулларининг барчасини ҳам амалга ошириш мумкин.

Босимлар фарқини хосил килиш усулига кура вакуум-фильтрлар ва босим остида ишловчи фильтрлар мавжуд.

Фильтрлардаги ишчи босим гидростатик босим (суюклик устунни туфайли), насос ёки компрессор босими, вакуум ва марказдан кочма куч таъсири туфайли хосил килиниши мумкин.

Технологик мақсадларга кура суюкликларни ва газларни тозаловчи фильтрлар мавжуд.

**Нутч-фильтрлар** энг оддий тузилишга эга булган даврий ишловчи фильтрловчи курилмалар булиб, вакуум ёки ортикча босим остида ишлаши мумкин.

**Фильтр-пресслар** даврий ишловчи фильтрлар гурухига киради; тузилиши содда ва юкори босимлар (0,3÷0,5 МПа) остида ишлатиш мумкин булганлиги учун саноат корхоналарида кенг кулланилади. Курилма таянч ва кузгалувчи плиталар, рама ва дренаж плиталари, иккита горизонтал ук ва зичловчи механизмдан иборат булади.

Курилмани фильтрловчи блоки рама, дренаж плитаси ва улар оралигига салфетка шаклида жойлаштирилладиган фильтрловчи материал (бельтинг, картон) комплектидан иборат.

Фильтрловчи рама ва плиталарнинг улчамлари 315x315, 630x630, 820x820 ва 1000x1000 мм булиб, чуян, коррозияга чидамли пулат, алюминий котишмалари ва бошка материаллардан тайёрланади.

Шундай килиб, фильтр-пресснинг ишчи цикли куйидаги ёрдамчи ва асосий операциядан иборат булади: филтрани йигиб ишга тайёрлаш, суспензияни филтрлаш, чуқмани ювиш, рама ва плиталарни ажратиш, чуқмани фильтрловчи материал юзасидан тушириш.

**Даврий ишловчи филтрларни хисоблаш** ишлари икки йуналишда бажарилади:

- филтрлаш юзаси маълум булган холларда курилманинг иш унумдорлигини хисоблаш;

- курилманинг берилган иш унумдорлиги буйича зарурий филтрлаш юзасини аниклаш.

Технологик линияларни иш унумдорлиги буйича филтрловчи жихоз тури танланиб, уларнинг зарурий сони аникланади.

Филтрлаш жараёнининг цикли (минут) куйидагича хисобланади

$$T = \tau_{\phi} + \tau_{\text{юв}} + \tau_{\text{ёр}} , \quad (3-164)$$

бу ерда  $\tau_{\phi}$ - филтрация жараёни вақти;  $\tau_{\text{юв}}$ - чуқмани ювиш учун сарфланган вақт;  $\tau_{\text{ёр}}$ - ёрдамчи операциялар (йигиш, ишга тушириш ва бошқалар) вақти.

Филтрлаш жараёни вақти  $\tau_{\phi}$ , жараёни иш режимларига кура, (3- ) ва (3- ) тенгламалар буйича аникланади. Ёрдамчи операциялар учун сарфланадиган вақтлар ( $\tau_{\text{юв}}, \tau_{\text{ёр}}$ ) ишлаб чиқариш тажрибалари асосида ишлаб чиқилган тавсиялар буйича кабул килинади, масалан,  $\tau_{\text{ёр}} = (0.15 \div 0.25) \tau_{\phi}$ .

Фильтрловчи курилманинг бир суткадаги ишчи цикллари сони

$$n = (24 \cdot 3600) / (T \cdot 60) .$$

Агар филтр-пресснинг бирлик иш унумдорлиги  $v_{\phi}$  ( $\text{м}^3/\text{м}^2$ ) маълум булса,



у холда бир циклда хосил буладиган фильтрат микдори (иш унумдорлиги, м<sup>3</sup>/соат) куйидагича аникланади

$$V_{ц} = 3600 v_{ф} F / T, \quad (3-165)$$

бу ерда F- фильтрлаш юзаси, м<sup>2</sup>.

Курилманинг белгиланган иш унумдорлигини таъминлаш учун зарур булган фильтрлаш юзаси куйидагича хисобланади

$$F = V_{ц} T / (3600 v_{ф}). \quad (3-166)$$

Фильтрловчи элемент - плиталар сони

$$n = F / f = F / (ab), \quad (3-167)$$

бу ерда f- битта плитани ишчи юзаси, м<sup>2</sup>; а ва b- плитанинг эни ва буйининг улчамлари, м.

Центрифугаларни суспензия буйича иш унумдорлиги (битта цикл учун)

$$Q = \rho_{сп} V_{б} = \rho_{сп} \frac{\pi}{4} D^2 H, \quad (3-168)$$

бу ерда V<sub>б</sub>- барабаннинг ишчи хажми ёки бир циклда центрифугага юкланган суспензияни хажми, м<sup>3</sup>; ρ<sub>сп</sub> - суспензияни зичлиги, кг/м<sup>3</sup>; H- барабан баландлиги, м.

**Узлуксиз ишловчи фильтрларни хисоблаш** пайтида фильтрлаш юзаси F олдиндан маълум булади. Фильтрларни белгиланган иш унумдорлиги буйича ишчи органларни - фильтрлаш юзаларининг сурилиш тезлиги аникланади.

Узлуксиз ишловчи барабанли фильтрнинг хисобларини куриб чиқамиз. Барабанни бир маротаба айланишида унинг юзасидан ажратиб олинган фильтрат хажми V (м<sup>3</sup>) (3- ) тенгламадан аникланади

$$V = h_{ч} F_{б} / x_{б}.$$

бу ерда h<sub>ч</sub> - чуқмани минимал калинлиги, м; F<sub>б</sub> - барабанни ишчи юзаси, м<sup>2</sup>.

Аникланган фильтрат хажмининг кийматини (14-10) тенгламага куйиб, чуқма катламининг белгиланган баландлиги хосил булиши учун зарур булган вақтни τ аниқлаймиз.

Барабанли фильтрларнинг ишчи цикли (сек) куйидагича аникланади

$$T = (\tau + \tau_{ю}) z / (z_{ф} + z_{ю}), \quad (3-169)$$

бу ерда τ<sub>ю</sub> - чуқмани ювиш вақти, сек; z - барабандаги секцияларни умумий сони; z<sub>ф</sub>- фильтрлаш соҳасидаги секциялар сони; z<sub>ю</sub> - ювиш соҳасидаги секциялар сони.

Фильтрлаш вақтига асосан барабанни суспензияга ботирилиш даражаси аникланади

$$\varphi = \tau / T.$$

Барабанли вакуум-фильтрни фильтрат буйича иш унумдорлиги (м<sup>3</sup>/соат) куйидагича аникланади

$$Q = 3600 V / T.$$

### 3.7.2. Масала ечиш намуналари

**1- масала.** 1 м<sup>2</sup> юзали фильтрлаш курилмасини синаш пайтида 2.25 мин мобайнида 1 дм<sup>3</sup>, 14.5 минут давомида эса 3 дм<sup>3</sup> фильтрат ажратиб олинди. Ушбу курилмада 10 дм<sup>3</sup> фильтратни йигиб олиш учун канча вақт зарур булишини хисобланг.

**Масалани ечими.** Фильтрлаш тенгламасини куйидагича ёзамиз

$$V^2 + 2VC = K \tau,$$

бу ерда V- филтрат хажми; K ва C- филтрлаш доимийлари;  $\tau$ - филтрлаш вакти.

Фильтрлаш доимийларини аниқлаш учун тажрибалар натижаларига асосланган холда, куйидаги икки номаълумли 2 та тенгламалар системасини тузамиз

$$1^2 \begin{cases} 2 \cdot 1 \cdot C = K \cdot 2.25; \\ 3^2 + 2 \cdot 3 \cdot C = K \cdot 14.5. \end{cases}$$

Ушбу системани ечимига асосан  $K = 0.77 \text{ дм}^6/(\text{м}^4 \text{ мин})$  ва  $C = 0.37 \text{ дм}^3/\text{м}^2$  эканлигини аниқлаймиз.

Зарурий микдордаги ( $10 \text{ дм}^3$ ) филтратни йигиб олиш учун жараён тенгламасига K, C ва  $V = 10 \text{ дм}^3$  кийматларни куйсак, у холда

$$10^2 + 2 \cdot 10 \cdot 0.37 = 0.37 \tau.$$

Ушбу тенгламининг ечими:  $\tau = 140 \text{ мин}$ .

**2-масала.** Фильтрат йуналиши буйича харакатланаётган ювувчи сув микдори  $V_{ю} = 2,4 \text{ дм}^3/\text{м}^2$ . Юкоридаги масала шартлари буйича чуқмани ювиш муддатини аниқланг.

Методик курсатма: ювувчи сув ва филтратнинг ковушкокликларини дина-мик коэффициентлари ( $\mu$ ) уртасидаги фаркни хисобга олманг. Чуқмани ювиш тезлигини жараён якунидаги филтрлаш тезлигига тенг деб кабул килинг.

**Масалани ечими.** Юкоридаги масалани ечиш пайтида аниқланган маълумотлардан фойдаланиб жараён якунидаги филтрлаш тезлигини хисоблаймиз

$$dV/d\tau = K/[2(V+C)] = 0.77/[2(10+0.37)] = 0.037 \text{ дм}^3/(\text{м}^2 \text{ мин}).$$

Ювиш даври

$$\tau_{ю} = V_{ю}/(dV/d\tau) = 2.4/0.037 = 65 \text{ минут}.$$

**3- масала.** Фильтрлаш жараёнида  $2 \text{ м}^3$  филтрат ва  $0.001 \text{ м}^3$  чуқма йигиб олинган. Жараённи харакатга келтирувчи кучи  $\Delta P = 0.2 \text{ МПа}$ . Тажрибалар асосида филтрлаш доимийлари  $C = 1.4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{м}^2$ ,  $K = 5.56 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{сек}$  ва филтрат ковуш-коклиги  $\mu = 2 \cdot 10^{-3}$  Па·с эканлиги аниқланган. Чуқма ва филтрловчи материал каршилигини аниқланг.

**Масалани ечими.**  $1 \text{ м}^3$  филтрат йигиб олиш пайтида хосил булган чуқма хажми

$$x_0 = V_ч / V = 0.001/2 = 0.0005 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Чуқма катламининг каршилиги

$$r_0 = 2\Delta P/(K\mu x_0) = 2 \cdot 0.2 \cdot 10^6 / (5.56 \cdot 10^{-7} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-4}) = 7.19 \cdot 10^{17} \text{ м}^{-2}.$$

Фильтрловчи материалнинг каршилиги

$$R_{фм} = C r_0 x_0 = 1.4 \cdot 10^{-3} \cdot 7.19 \cdot 10^{17} \cdot 5 \cdot 10^{-4} = 5.03 \cdot 10^{11} \text{ м}^{-1}.$$

**4- масала.** Зичлиги  $1080 \text{ кг}/\text{м}^3$  булган 6 тн микдордаги суюкликни уч соат мобайнида филтрлаш учун кулланиладиган рамали филтър-пресснинг ишчи юзасини аниқланг. Суюкликни лаборатория шароитида филтърлаш пайтида жараён доимийлари  $C = 1.4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{м}^2$  ва  $K = 20 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{соат}$  эканлиги аниқланган.

**Масалани ечими.** Суюклик хажми

$$V = G/\rho = 6000/1080 = 5.6 \text{ м}^3.$$

$\Delta P = \text{const}$  булган холат учун филтърлаш жараёнининг асосий тенгламасини (3-1) куйидагича ифодалаш мумкин

$$V^2 + 2CFV = 2KF^2\tau.$$

Масаладаги дастлабки маълумотлар асосида ушбу тенглама куйидаги курунишга эга булади:

$$5.6^2 + 2 \cdot 1.4 \cdot 10^{-3} \cdot 5.6 F = 20 \cdot 10^{-4} \cdot F \cdot 3$$

ёки

$$F^2 - 2.6 F = 0.5 \cdot 10^4.$$

Ушбу тенгламадан

$$F = 1.3 + \sqrt{1.3^2 + 0.5 \cdot 10^4} = 72 \text{ м}^2.$$

### 3.7.3. Мустакил ечиш учун масалалар

1. Нисбий солиштирма огирлиги 1.12 булган суспензия уз таркибида 20 % (массавий) каттик фаза тутади. 10 м<sup>3</sup> микдордаги ушбу суспензияни филтрлаш жараёнида канча чуқма хосил булишини хисобланг. Чуқманинг намлиги 25 % .

Жавоб: 2990 кг.

2. Таркибида 20 % (массавий) каттик фаза тутган сувли суспензияни филтрлаш натижасида 15 м<sup>3</sup> филтрат йигиб олинган. Чуқманинг намлиги 30 % . Хосил булган чуқма микдорини (курук моддалар хисобида) хисобланг.

Жавоб: 4200 кг.

3. Куйидаги холларда филтрловчи курилманинг иш унумдорлиги кандай узгаришини курсатинг, агар:

- филтрлаш юзаси икки маротаба купайтирилса;
- суспензия таркибидаги каттик заррачалар концентрацияси икки марта купайтирилса;
- чуқма катлами бир жинсли ва сикилмас булган холат учун филтрлаш босими икки маротаба орттирилса;
- суспензияни киздириш йули билан унинг ковшоклигини икки маротаба камайтирилса.

4. Нисбий солиштирма огирлиги 1.12 булган суспензия таркибида 20 % (массавий) каттик заррачалар мавжуд. 10 м<sup>3</sup> хажмдаги ушбу суспензияни филтрлаш натижасида канча нам чуқма йигиб олиш мумкинлигини хисобланг

Жавоб: 2990 кг.

5. Филтр-пресс улчамлари 620x620 мм ва калинлиги 25 мм булган 26 дона рамадан ташкил топган. Филтрлаш жараёнида рамалар 2 соатда тулади. Ювувчи сувнинг микдори филтрат хажмининг 10 % -га тенг. Ювиш ва филтрлаш жараён-ларида босим бир хил ва доимий кийматга эга. Чуқма бир жинсли ва сикилмайди, унинг хажми филтрат хажмининг 5% -ни ташкил этди. Чуқманинг ювиш жараёни вақти канча эканлигини аниқланг.

Методик курсатма: жараёни хисоблаш учун  $V^2 + 2 VC = Kt$  тенгламасидан фойдаланинг ва  $C=0$  деб кабул килинг.

Жавоб: 96 минут.

6. 20 м<sup>3</sup> суюкликни филтр-пресс ёрдамида филтрлаш учун 2.5 соат вақт зарур булади. Чуқмани ювиш учун тахминан 2 м<sup>3</sup> сув сарфланади. Ювиш тезлиги филтрлаш тезлигидан (охирги моментдаги) турт маротаба кичик. Филтрловчи материал каршиилигини хисобга олманг. Ювувчи сув ва филтрат ковшокликла-рининг динамик коэффицентлари бир хил кийматга эга.

Жавоб: 120 минут.

7. Агар ковшоклик коэффиенти филтрат учун  $\mu = 1.5 \cdot 10^3$  Па с ва сув учун  $\mu = 1 \cdot 10^3$  Па с булса юкоридаги масала шартлари буйича чуқмани ювиш даври канчага узгаришини хисобланг.

Жавоб: 80 м

8. Бир суткада 50 тонна суспензияни филтрлаш учун зарур булган даврий ишловчи центрифугалар сонини аниқланг. Центрифуга барабани улчамлари:  $D_8 = 1200$  мм,  $H = 500$  мм. Суспензия таркибидаги каттик моддалар концентрацияси 40% (массавий). Суюклик фазасини нисбий зичлиги 1,1, каттик фазаники эса – 1,8.

Фильтрлаш циклининг давомийлиги 25 минут. Бир суткадаги ишчи соатлар сони 20. Барабанны тулдирилиш даражаси 0.5. Жавоб: 3 та.

9. Фильтрловчи центрифугани айланишлар частотаси икки марта оширилса, унинг иш унумдорлиги кандай узгаришини курсатинг. Чукма бир жинсли ва сикил-масдир. Фильтрловчи материал каршилигини ҳисобга олманг.

#### 14 - амалий машғулот

##### Чангли газларни фильтрлаш жараёнини ҳисоблаш

Фильтрлаш жараёнида суспензия ва чангли газлар ғоваксимон фильтр тўсиклар оркали ўтказиб тозаланади. Харакатланувчи кучларга қараб фильтрлаш қуйидаги турларга бўлинади.

1. Босимлар фарқи таъсирида фильтрлаш.
2. Марказдан қочма кучлар таъсирида фильтрлаш.

Фильтрлаш тезлиги вақт бирлиги ичидаги фильтратнинг ҳажмини кўрсатиш.

Фильтрлаш вакум  $\tau$  билан  $1\text{ м}^3$  юзадан шу вақт ичида  $\Delta\rho = \text{const}$  шароитида ўтган фильтрат ҳажми  $V$  қуйидаги тенглама билан боғланади.

$$V^2 + 2VC = K \cdot \tau \quad (2.1.)$$

Фильтрлаш тезлиги  $[m^3 / (m^2 C)]$  эса қуйидаги тенгламадан топилади:

$$\frac{dV}{d\tau} = \frac{K}{2(V + C)} \quad (2.2.)$$

Бу ерда  $K$  – фильтрлаш константаси:

$$K = \frac{2 \cdot \Delta P}{\mu \cdot C \cdot r} \quad (2.3.)$$

$C$  – Қуруқ фильтрланган модда массаси.

##### Мисолларни ишлаш намунаси.

2.1. Чангли газдаги чўкманинг қалинлиги 50 мм ва фильтрпресснинг юзаси  $F=0,1\text{ м}^2$  бўлганда, температураси  $20^0\text{C}$  ли таркибида 13,9% кальций карбонат бор чангни фильтрлашда олинган маълумотлар қуйидаги келтирилган жадвалда берилган:

Атмосфера босимидан юқори босимда		Олинган Фильтрат,	Тажриба бошидан ўтган вақт
Па	кг г/см <sup>2</sup>	дм <sup>3</sup>	с
$3,43 \times 10^4$	0,35	2,92	146
		7,80	888
$10,3 \times 10^4$	1,05	2,45	50
		9,80	660

Фильтрлаш жараёнининг  $K$  ( $\text{м}^2/\text{соат}$ ) ва  $C$  ( $\text{м}^3/\text{м}^2$ ) константаларини аниқланг

**Ечиш:**

Фильтрлаш жараёнини константлари сон қийматларини топиш учун қуйидаги формуладан фойдаланилади:

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

Агарда, босим  $3,43 \times 10^4$  Па ( $0,35$  кг х к/см<sup>2</sup>) бўлса, тажрибалар қуйидаги натижалар беради:

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

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

Олинган параметрларининг сон қийматларини (2.1) тенгламага қўйиб қуйидаги натижаларга эга бўламиз:

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

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

Тенгламалар системасини ечиб,  $K = 278 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>/соат ва  $C = 4,7 \cdot 10^3$  м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup> тенглигини топамиз. Худди шу йўл билан босим  $10,3 \times 10^4$  Па ( $1,05$  кгк/см<sup>2</sup>) учун фильтрлаш жараёни константалари К ва С ҳисобланади. Чунончи, бу босим учун  $K = 560 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>/соат ва  $C = 3,78 \cdot 10^3$  м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup> га тенгдир.

2.2 Температураси 50<sup>0</sup>С бўлган писта ёғи 6000 кг/м<sup>2</sup> босимда 8 соат мобайнида юзаси F=35 м<sup>2</sup> ли фильтрпрессдан ўтказилаётган бўлса, фильтрланган ёғ миқдори топилсин.

Ечиш: Фильтрпресснинг иш унумдорлиги ушбу формуладан ҳисобланади:

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

бу ерда  $k=0,00015$ -фильтрлаш коэффициенти,  $\mu=0,0212$  Па с.

Унда,

$$V = 0,0015 \cdot 35 \cdot \sqrt{\frac{58860}{0,0212}} \cdot 8 = 25 \text{ м}^2$$

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

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

## Синов масалалар

### Масала № 1

1- жадвалда келтирилган шартларга асосланиб, хажми V бўлган суюқликни S юзали филтрдан ўтгандаги фильтрлаш вақтини топинг. Фильтрни текшириш даврида қуйидаги натижалар олинган: 1м<sup>2</sup> юзадан V<sub>1</sub> хажми τ<sub>1</sub> вақтида V<sub>2</sub> хажм τ вақтида ўтди.

### 1-масала вариантлари

1-жадвал

№	V <sub>эм</sub> <sup>2</sup>	S <sub>м</sub> <sup>2</sup>	V <sub>1эм</sub> <sup>3</sup>	V <sub>эм</sub> <sup>3</sup>	τ <sub>1</sub> мин	τ <sub>2</sub> мин
3-1	20	2,0	1,0	3,0	3,0	12
3-2	30	2,2	1,0	3,0	2,0	14
3-3	40	2,4	1,5	4,0	2,5	15

3-4	50	2,6	2,0	5,0	3,0	14
3-5	55	2,8	1,5	6,0	4,0	15
3-6	60	3,0	1,0	3,5	5,0	16
3-7	45	3,2	1,2	4,0	2,0	8
3-8	35	3,4	1,5	5,0	3,0	10
3-9	25	3,6	1,7	5,5	2,5	14
3-10	65	3,8	2,0	6,0	3,0	17

2. 2.2 намунада ечиб кўрсатилган масала шартлари асосида ишлаётган фильтрпрессда фильтрлаш жараёни 25<sup>0</sup>С температураси олиб борилганда иш унумдорлиги қанчагача ўзгаради?

3. Температураси 40<sup>0</sup>С бўлган 20 м<sup>3</sup> пахта ёғи бор. Ушбу миқдордаги ёғни 29430 Па босимда 4 соат мобайнида фильтрлаш учун неча дона типик фильтрпресслар керак?

4. 30<sup>0</sup>С температура ва 14750 Па босимда зиғир ёғи фильтрлаш юзаси 5 м<sup>2</sup> бўлган лаборатория фильтрпрессидида фильтрланмоқда. Фильтрпресс 30 минут ишлаганда 480 л ёғ олинди. Жараённинг фильтрлаш коэффициенти аниқлансин.

5. 50<sup>0</sup>С температура ва 20000 Па босимда пахта ёғи фильтрлаш юзаси 7,6 м<sup>2</sup> бўлган фильтрпрессда фильтрланмоқда. Агарди, 90 мин вақт ичида 3 м<sup>2</sup> ёғни фильтрлаш зарур бўлса, жараённинг босими қанча бўлиши керак?

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

7. Агар, фильтрлаш жараёнининг тезлиги  $w=0,00012 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \times \text{с})$  бўлса, фильтрнинг иш унумдорлиги 4м<sup>2</sup>/соат бўлиши учун 0,4х0,4 м ўлчамли пластинкалардан неча дона керак бўлади?

8. Ювиш интенсивлиги 10дм<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>мин); чўкма қатлам қалинлиги 25 мм; ювиш суви филтратидидаги тузнинг бошланғич концентрацияси 40 г/дм<sup>2</sup>; фильтрлаш вақти 1 соат 10 минут бўлса, ювиш тезлиги константасини аниқланг.

## 15 – амалий машғулот

### Турли жинсли газ системаларини ажратиш жараёни ва қурилмаларини хисоблаш

**3.8.1. Назарий қисм.** “Газ - каттик жисм” ва “газ - суюклик” фазаларидан иборат турли жинсли газ системаларини ажратиш пайтида аэрозол бирикмалар таркибидан дисперс фазанинг каттик заррачалари ёки суюклик томчилари ажратиб олинади. Ушбу жараёнлар атмосфера ҳавосининг ифлосланишини олдини олиш ва газ ташламалари таркибида йукотилаётган маҳсулот заррачаларини тутиб қолиш мақсадларида амалга оширилади.

Сочилувчан хом-ашёларни янчиш, элаш ва ташиш, маҳсулотларни қуритиш каби бир қатор технологик жараёнлар тегишли тартибда тозаланган ҳаво иштирокида олиб борилади. Бундай жараёнларни амалга ошириш пайтида куплаб қанг ҳосил бўлади. Технологик жихозларнинг аспирация тармоқларидан чиқаётган ҳавони тозалаш туфайли анчагина миқдордаги маҳсулотни йукотилиши бартараф этилади. Шу тариқа хом-ашёдан тайёр маҳсулот чиқиш фойдаси купаяди ва ишлаб чиқариш самарадорлиги ортади.

Саноатда газли аралашмаларни тозалаш учун куйидаги усуллардан фойдаланилади:  
- оғирлик кучи таъсирида чуқуририш;

- марказдан кочма, электростатик ва бошка кучлар майдонида чуқтириш;
- филтрлаш;
- газларни ювиш.

Газ тозалаш курилмалари сифатида чанг чуқтириш камералари, циклонлар, уюрмали чанг ушлагичлар, скрубберлар, филтрлар, ротацион курилмалар ва электрофилтрлар ишлатилади.

Мухандислик амалиётида газларни тозалаш жараёнлари икки ва ундан ортик боскичларда амалга оширилади. бирламчи боскичда чангли хаво таркибидаги катта заррачалар огирлик кучи таъсирида, чанг чуқтириш камераларида ажратилади. сунгра, иккиламчи боскичда, майда заррачалар самарадор курилмаларда тутиб қолинади.

Чанг тозалаш учун кулланиладиган курилмаларнинг самарадорлиги газ аралашмаларининг тозаланиш даражаси  $\eta$  (%) киймати билан тавсифланади

$$\eta = \frac{G_6 - G_T}{G_6} 100 = \frac{V_6 x_6 - V_T x_T}{V_6 x_6} 100, \quad (3-170)$$

бу ерда  $G_6$  ва  $G_T$  - дастлабки ва тозаланган газ аралашмаси таркибидаги каттик жисм заррачаларининг миқдорий сарфлари, кг/сек;  $V_6$  ва  $V_T$  - бирламчи ва тозаланган газ аралашмасининг хажмий сарфлари, м<sup>3</sup>/сек;  $x_6$  ва  $x_T$  - чангли ва тозаланган аралашмалардаги заррачалар концентрацияси, кг/м<sup>3</sup>.

**Огирлик кучи таъсирида чангли газларни тозалаш** учун чанг чуқтириш камералари ва инерцион чанг ушлагичлардан фойдаланилади.

Чанг чуқтириш курилмаларида газ аралашмаси таркибидан 50÷100 мкм улчамли каттик заррачалар огирлик кучи таъсирида чуқтирилади Чанг чуқтириш камераларининг мавжуд конструктив схемалари 3.8.1-1 расмда тасвирланган.

Инерцион чанг ушлагичларда (3.8.2-расм) газларни тозаланиш даражаси чанг чуқтириш камераларига нисбатан анча юкори булади.

Бундай ҳолатда чанг заррачалари (30<d<100 мкм) газ окимидан ажралиб, курилманинг тубига чуқади.

Инерцион чанг ушлаш курилмаларида газни тозаланиш даражаси 65÷85% булади.

Газ аралашмалари таркибидан каттик заррачаларни **марказдан кочма куч майдонида ажратиб олиш** учун циклонлардан кенг фойдаланилади.

Циклонлар цилиндрик ва конуссимон қисмлардан иборат булиб, 400 г/м<sup>2</sup> гача булган концентрацияли чанг аралашмаларини марказдан кочма куч таъсирида ажратишга мулжалланган. Аралашма курилмага 20÷25 м/сек тезликда берилади,

НИИОГАЗ циклонларида чанг киритувчи туртбурчак кесим юзали патрубк курилма корпусига уринма шаклида қия қилиб жойлаштирилган. Ушбу циклонларнинг қуйидаги учта тури қулланилади: қиялик бурчаги -24° ( ЦН-24), 15° ( ЦН-15) ва 11° (ЦН-11).

ЦН-24 русумли циклонлар газ окимидаги катта улчамли чанглари тутади, уларнинг иш унумдорлиги юкори, гидравлик қаршилиги эса кичик.

ЦН-15 русумли циклонларнинг гидравлик қаршилиги кичик, газни юкори даражада тозаланишини таъминлайди.

ЦН-11 циклонлари энг самарали ва универсал чанг туткич сифатида тавсия этилган.

Газ окими таркибидаги абразив ва ёпишувчан заррачалар вентиляторларни ишдан чиқариши мумкинлигини эътиборга олиб, газ тозалаш тармогига дастлаб циклон, сунгра эса вентилятор урнатилади.

Циклонга кираётган газ таркибидаги сув буглари конденсацияга учрамаслиги учун газнинг харорати унинг шудринг нуктасидан  $10\div 25^{\circ}\text{C}$  юкори булиши лозим .

НИИОГАЗ циклонларининг диаметри  $100\div 1000$  мм булади. Мазкур циклон-ларда газни тозаланиш даражаси каттик заррачалар улчамидан боглик булади. Мисол учун, 5 мкм диаметрли заррачалар учун тозаланиш даражаси  $30\div 85\%$ , 10 мкм улчамдаги заррачалар учун  $70\div 85\%$  ва 20 мкм катталиқдаги заррачалар учун эса  $95\div 99\%$  ни ташкил этади.

Циклонларда газ аралашмаларининг тозаланиш даражаси ажратиш коэффиценти  $K_a$  киймати билан тавсифланади

$$K_a = \omega^2 / (R g), \quad (3-171)$$

бу ерда  $\omega$ - газ окимининг тезлиги, м/сек; R- циклоннинг цилиндрик кисмини радиуси, м;  $g = 9.81$  м/сек<sup>2</sup>.

Ушбу (3-171) тенгликдан куринадики, газларнинг тозаланиш даражасини ошириш учун газ окимининг тезланишини купайтириш ёки циклон радиусини кичрайтириш лозим. Газ тезлиги орттирилса, циклонда кучли турбулент оким хосил булади. Бу пайтда газ таркибидаги заррачаларни чукиш шароити бузилади, уларни тозаланиш даражаси пасаяди ва курилманинг гидравлик каршилиги ортади. Циклон радиусини оптимал чегараларда белгиланган улчамлардан кичиклашуви натижасида унинг иш унумдорлиги камаяди. Шунинг учун катта хажмдаги газларни тозалаш зарурурияти пайдо булса, у холда битта катта диаметрли циклон урнига бир нечта кичик диаметрли циклонлар батареялари - мультициклонлар ишлатилади.

**Циклонлар хисоби.** Циклоннинг гидравлик каршилиги газ окимининг тезлик босимига тенг булади

$$\Delta P_{\text{ц}} = \varphi \rho \omega_{\text{ф}}^2 / 2, \quad (3-172)$$

бу ерда  $\omega_{\text{ф}}$ - циклоннинг цилиндрик кисмини кундаланг кесим юзасига нисбатан газнинг фиктив тезлиги,  $\omega_{\text{ф}} = 2.5\div 4$  м/сек;  $\rho$ - газ аралашмасининг зичлиги, кг/м<sup>3</sup>;  $\varphi$ - циклонни каршилиқ коэффиценти. Масалан, ЦН-24 русумли циклон учун  $\varphi = 60$ , ЦН - 15 циклони учун  $\varphi = 160$ , ЦН-11 циклони учун эса  $\varphi = 250$ .

Газнинг фиктив тезлиги, агар  $\Delta P$  ва  $\varphi$  кийматлари берилган булса, куйидаги тенглама буйича хисобланади

$$\omega_{\text{ф}} = \sqrt{2\Delta P / (\varphi \rho)}. \quad (3-173)$$

Агар циклондан утаётган газ сарфи  $V$  (м<sup>3</sup>/сек) маълум булса, унинг диаметри куйидагича хисобланади

$$D = \sqrt{4V / (\pi \omega_{\text{ф}})}. \quad (3-174)$$

Циклонларнинг барча улчамлари унинг диаметрига нисбатан стандартлаштирилган.

**Газларни фильтрлаб тозалаш.** Улчамлари 10 мкм дан кичик, узун толали ва енгил (зичлиги кам) заррачалардан иборат газ аралашмаларини циклонларда тозалаш кийинлиги сабабли фильтрлардан фойдаланилади.

Газларни фильтрлаб тозалаш курилмаларининг ишлаш принциплари суспензияларни фильтрловчи курилмаларнинг ишлаш принципларига айнан ухшаш булади. Газларни тозалаш пайтида фильтрловчи материал тешикларини тулдириш усулидан кенг фойдаланилади. Газларни тозалаш учун мухандислик амалиётида пахта, жун васинтетик толалардан тайёрланган юмшок тукума материаллар, металл симли турлар ва прессланган керамик заррачалардан иборат говак тусиклар кулланилади. Фильтрловчи материаллар дисперс заррачаларни улчами, газ аралашмасининг харорати, унинг кимёвий хусусиятлари ва технологик курилманинг гидрав-лик каршиликларини хисобга олиб танланади. Курук ва мутадил хароратли газларни фильтрлаб тозалаш учун енгли фильтрлардан (3.8.5-расм) кенг фойдаланилади.



**Газларни фильтрлаб тозаловчи курилмаларни хисоблаш** пайтида уларнинг умумий ишчи юзалари ( $m^2$ ) аникланади.

$$F_{\text{ум}} = V/\omega, \quad (3-175)$$

бу ерда  $V$ - чангли газ аралашмасининг хажмий сарфи,  $m^3/\text{сек}$ ;  $\omega$  - фильтрлаш тезлиги,  $m^3/(m^2 \text{ сек})$ , одатда  $\omega = 1 \cdot 10^{-2}$ ;

Битта фильтрловчи элементнинг ишчи юзаси ( $m^2$ )

$$F_1 = \pi d H, \quad (3-176)$$

бу ерда  $H$  – элементнинг баландлиги (ишчи узунлиги),  $m$ ;  $d$  – элемент диаметри,  $m$ .

Фильтрловчи элементларнинг зарурий сони

$$n = F_{\text{ум}} / f_1. \quad (3-177)$$

Фильтрловчи курилмаларни ишлатиш даврида фильтрловчи элементларни бир қисми  $n_0$  тозалаш учун учирилади. Ушбу ҳолатни эътиборга олиб, курилманинг ишчи юзаси куйидаги ифода буйича қайта хисобланади

$$F_{\text{ум}} = f_1 n/(n-n_0). \quad (3-178)$$

**Электр майдони таъсирида чанг чуқтириш.** Газ аралашмалари таркибидан ута майда дисперс каттик заррачалар ва суюклик томчиларини электр майдонида чуқтириш мавжуд ажратиш усулларига нисбатан бир қатор афзалликларга эга. Мазкур усулда газ аралашмаларини ажратиш электрофильтрлар ёрдамида амалга оширилади.

Электрофильтрлар воситасида газ таркибидан паст концентрацияли ута майда, жумладан, субмикронли ( $d \geq 0.005$  мкм) заррачаларни ва томчиларни тула тозалаш мумкин. Бундай курилмаларда газ ажратиш даражаси 99.9% булиб, уларнинг гидравлик қаршилиги 100÷150 Па. Чангли газларни ажратиш жараёнида ишчи ҳарорат  $-20^{\circ}\text{C}$  дан то  $+500^{\circ}\text{C}$  гача булиши мумкин. Шу билан бирга электрофильтрни улчамлари катта, унда тозаланаётган газни портлаш ва ут олиш ҳавфи бор. Электрофильтрларни газ сарфи ута катта бўлганда ( $10^6$   $m^3/\text{соат}$ ) ишлатиш мақсадга мувофиқ.

Электрофильтрлар (-) зарядланган нурланувчи ва (+) зарядланган чуқтирувчи электродлардан иборат булади. Нурланувчи электрод сим шаклида, чуқтирувчи электрод эса труба ёки пластина шаклида тайёрланади. Электродлар орасидаги масофа 100÷200 мм булиб, улар уртасида юқори қучланишли электр майдони эса 35÷70 кВ ҳосил булади.

**Электрофильтрлар ҳисоби.** Электрофильтрларни хисоблаш услуги тозаланётган газни электр майдонидаги оптимал тезлигига оид амалий маълумотларга асосланган. Ушбу ҳолатдан келиб чиқиб, газ сарфининг берилган қийматлари буйича электрофильтрнинг ишчи (актив) қесим юзаси аникланади. Курилманинг тузилишини ишлаб чиқариш тажрибаларига асосланган ҳолда, газ окимининг максимал тозаланиш даражасини таъминлаш шартларидан келиб чиқиб, танланади.

Электрофильтрни хисобланган актив қесим юзаси қийматлари ва танланган турларига асосан уларни зарурий сони аникланади. Шундан сунг, нурланувчи электродлар узунлиги  $L$  хисоблаб топилади.

### Электрофильтрдаги ток қучи

$$J = i L, \quad (3-179)$$

бу ерда  $i$ - ток зичлиги.

Зарядли заррачага электр майдони

$$F = n e_0 E_x \quad (3-180)$$

қуч билан таъсир қилади. Бу ерда  $n$ - заррача олган заряд;  $e_0$  – элементар заряд қатталиги;  $E_x$ - катод уқидан  $x$  масофадаги электр майдони потенциалининг градиенти.

Электр майдони потенциалининг градиенти куйидаги эмприк тенглама буйича хисобланиши мумкин

$$E_x = 31 + 9.54 \sqrt{\Delta\rho_x / r}, \quad (3-181)$$

бу ерда  $\Delta\rho_x = \rho_t/\rho_{25}$ ;  $\rho_r$  хавонинг ишчи мухитдаги зичлиги;  $\rho_{25}$  хавони  $25^\circ\text{C}$  хароратда ва  $0.1\text{ МПа}$  босимдаги зичлиги;  $r$  - катод радиуси.

Электрофилтлда чукаётган заррачани харакатланиш режими ламинар булади. Шунинг учун Стокс тенгламаси асосида, огирлик кучини электр кучига алмаштириб, заррачанинг электр майдонида чукиш тезлигини аниқлаймиз

$$\omega_{\text{ч}} = n e_0 E_x / (3\pi d \mu) . \quad (3-182)$$

Заррачани чукиш вакти

$$\tau_{\text{ч}} = \quad , \quad (3-183)$$

бу ерда  $R$  – катод укидан то анод юзасигача булган масофа.

Электрофилтлдаги газни тозаланиш даражаси куйидагича хисобланади

$$\eta = (1 - e^{-\omega_{\text{ч}} f}) 100 \% , \quad (3-184)$$

бу ерда  $f = F_3/V$ ;  $F_3$  - чуқтирувчи электродларни ишчи юзаси,  $\text{м}^2$ ;  $V$  - газни хажмий сарфи,  $\text{м}^3/\text{сек}$ .

### 3.8.2. Масала ечиш наъмуналари

**1- масала.** Узунлиги  $16\text{ м}$  ва баландлиги  $2\text{ м}$  булган квадрат кесим юзали камерада чукаётган каттик заррачаларнинг энг кичик улчамини аниқланг. Камера-даги газни харакатланиш тезлиги  $0.5\text{ м/с}$ , кинематик ковушкокклиги  $0.03 \cdot 10^{-3}\text{ Па с}$  ва зичлиги  $0.8\text{ кг/м}^3$ . Заррачаларнинг зичлиги  $4000\text{ кг/м}^3$ .

**Масалани ечим.** Газни камерада булиш вакти

$$\tau = L/v = 16/0.5 = 32\text{ сек.}$$

Ушбу вақт ичида чукиб улгурадиган заррачаларнинг хақиқий чукиш тезлиги

$$v_{\text{ч}}' = H/\tau = 2/32 = 0.062\text{ м/сек.}$$

Заррачаларни назарий чукиш тезлиги

$$v_{\text{ч}} = 2 v_{\text{ч}}' = 0.124\text{ м/сек.}$$

Лященко критерийсининг кийматини хисоблаймиз

$$Lu = v_{\text{ч}}^3 \rho_r^2 / (\mu_x \rho_3 g) = 0.124^3 \cdot 0.8^2 / (0.03 \cdot 10^{-3} \cdot 4000 \cdot 9.81) = 1.035 \cdot 10^{-3}.$$

$Lu$  критерийсини ушбу киймати буйича  $Re = 0.14$  эканлигини аниқлаймиз.  $Re$  критерийси ифодасидан чукиш тезлиги  $0.124\text{ м/сек}$  булган шарсимон заррачалар-нинг энг кичик диаметрини хисоблаймиз

$$d = Re \mu_r / (v_{\text{ч}} \rho_r) = 0.14 \cdot 0.03 \cdot 10^{-3} / (0.124 \cdot 0.8) = 4.24 \cdot 10^{-5}\text{ м} \approx 43\text{ мкм.}$$

**2- масала.** Пуркаб куритиш минорасидан чикаётган хаво таркибидан курук махсулот заррачаларини ажратиб олишга мулжалланган циклонни хисобланг. Хисоблаш учун куйидаги маълумотлар берилган: хавонинг харорати  $100^\circ\text{C}$ , сарфи  $2000\text{ кг/соат}$ , заррачаларнинг энг кичик улчами  $80\text{ мкм}$ .

**Масалани ечим.** Мазкур улчамли заррачаларни тутиб колиш учун газ тозалаш даражаси юкори ва кичик гидравлик каршилиқка эга булган ЦН-15 русумли циклонни танлаймиз. Ушбу типдаги циклонлар учун  $\Delta P/\rho_r = 740\text{ деб кабул киламиз}$ . Циклонни каршилиқ коэффициенти  $\zeta_0 = 160$ .

Иссик хавонинг зичлигини хисоблаймиз

$$\rho_r = \rho_0 (T_0/T) = 1.293 \cdot 273.15 / (273.15 + 100) = 0.95\text{ кг/м}^3.$$

Циклоннинг цилиндрик кисмидаги хавонинг фиктив тезлиги

$$\omega_{\text{ц}} = \sqrt{2(\Delta P/\rho_r)} = \sqrt{2 \cdot 740/160} = 3.04\text{ м/сек.}$$

Циклонни диаметри куйидаги тенглама асосида хисобланади

$$D = \sqrt{4G/(\pi \rho_r \omega_{\text{ц}})} = \sqrt{4 \cdot 2000 / (3600\pi \cdot 0.95 \cdot 3.04)} = 0.496\text{ м} \approx 0.5\text{ м.}$$

Циклоннинг гидравлик каршилиги

$$\Delta P = \zeta_0 (\rho_r \omega_{\text{ц}}^2 / 2) = 160 (0.95 \cdot 3.04^2 / 2) = 703\text{ Па.}$$

### 3.8.3. Мустакил ечиш учун масалалар

1. Куйидаги маълумотлар асосида НИИОГАЗ типидagi циклон танланг: чангли газ сарфи  $5100 \text{ м}^3/\text{соат}$ , унинг харорати  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ . Чанг заррачаларининг энг кичик улчами  $15 \text{ мкм}$ , зичлиги  $1200 \text{ кг}/\text{м}^3$ . Циклоннинг гидравлик каршилигини хам хисобланг.

Жавоб: ЦН-15;  $\Delta P=0.81 \text{ кПа}$ .

2. Чанг чуқтириш камерасининг узунлиги  $4.6 \text{ м}$ , кенглиги  $1.7 \text{ м}$  ва баландлиги  $4 \text{ м}$ . Чанг чуқтириш полкаларининг орасидаги тиркишни баландлиги  $100 \text{ мм}$ . Камерага берилаётган чанг сарфи  $2000 \text{ м}^3/\text{соат}$ , унинг зичлиги  $1.6 \text{ кг}/\text{м}^3$ , харорати  $400 \text{ }^\circ\text{C}$  ва динамик ковушкоклиги  $0.03 \cdot 10^{-4} \text{ Па с}$ . Чанг заррачаларининг зичлиги  $3700 \text{ кг}/\text{м}^3$ . Камерада тутиб қолинадиган заррачаларнинг энг кичик улчамини аниқланг.

Заррачани хакикий чуқиш тезлиги назарий хисобларда аниқланган чуқиш тезлиги-дан икки марта кичик деб қабул қилинг.

Жавоб:  $11.4 \text{ мкм}$ .

3. Юкоридаги 2-масала шартлари буйича чанг чуқтириш камерасининг тахмонлари орасидаги тиркишлар кенглиги канча булганда улар юзасига улчами  $15 \text{ мкм}$  дан катта бўлган колчедан чанги заррачалари чуқиб қолиши мумкинлигини хисобланг

Жавоб:  $226 \text{ мм}$

4. Диаметри  $10^{-4} \text{ м}$  ва зичлиги  $1500 \text{ кг}/\text{м}^3$  булган крахмал доначалари  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  ли хаво мухитида эркин чуқмокда. Заррачаларнинг хакикий чуқиш тезлиги (назарий хисобланган максимал тезликнинг  $90 \%$  -ига тенг) ва вақтини хисобланг.

5. Куйидаги маълумотлар асосида чанг чуқтириш камерасининг ишчи юзасини хисобланг: заррачаларни энг кичик улчами  $200 \text{ мкм}$ ; чанг сарфи  $1800 \text{ кг}/\text{соат}$ , унинг ковушкоклик коэффиценти  $0,03 \cdot 10^{-3} \text{ Па с}$  ва зичлиги  $0,8 \text{ кг}/\text{м}^3$ ; заррачаларнинг зичлиги  $800 \text{ кг}/\text{м}^3$ .

Жавоб:  $2,77 \text{ м}^2$ .

6. Ўлчами  $3 \text{ мм}$  ва зичлиги  $2000 \text{ кг}/\text{м}^3$  булган махсулот кристалларини пневматик куруткичнинг вертикал кувури буйлаб сурилиши учун зарур булган хаво тезлигини хисобланг. Хавонинг харорати  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ . Хаво тезлиги заррачаларнинг шопирилиш тезлигидан  $25 \%$  га катта булиши керак.

Жавоб:  $16,8 \text{ м}/\text{сек}$ .

## 16 – амалий машғулот

### Мавхум кайнаш жараёнлари ва қурилмаларини хисоблаш

**3.9.1. Назарий қисм.** Мавхум кайнаш ҳолати “каттик жисм - газ” ёки “каттик жисм - суюқлик” системаларида кузатилади. Ушбу жараён пайтида газ (суюқлик) окимидаги заррачалар муаллақ ҳолатда булиб, бир-бирига нисбатан бетартиб равишда эркин ҳаракат қилади. Шунинг учун ушбу ҳолат адабиётларда мавхум кайнаш катлами, донадор катламини кайнаши ёки муаллақ катлам ҳолати деб хам юритилади.

Мавхум кайнаш катлами донадор материаллар катлампдан юкорига йуналган газ (суюқлик) окимини утказиш йули билан ҳосил қилинади. Бу пайтда оким тезлиги заррачаларни муаллақ ҳолатда тутиб туриши лозим.

Мавхум кайнаш жараёнида каттик заррачалар ва газ (суюқлик) фазалари уртасидаги узлуксиз контакт юза катта булади. Бу пайтда барча заррачаларни контакт юзаси мухит окими билан ювилиб туради. Шу сабабли жараёни харорати ва концентрацияси тез ростланади. Натижада амалга ошириладиган жараён тезлашиб, жихозни иш унумдорлиги кескин ортади. Мавхум кайнаш катламининг гидравлик каршилиги нисбатан кичик булганлиги учун технологик жараёнга сарфланадиган энергия микдори кам.

Заррачаларни улчами, солиштирма юзаси, улар оралигидаги бушлик хажм улуши ва материал катламининг гидравлик каршилиги каби катталиклар донадор махсулот

катламини тавсифлаш учун фойдаланилади.

Донадор материал заррачаларининг орасидаги бушлик хажм улуши  $\varepsilon$  куйидагича аникланади

$$\varepsilon = (V - V_3) / V = V_6 / V, \quad (3-185)$$

бу ерда  $V$ - махсулот катламининг умумий хажми;  $V_3$ - катламдаги донадор заррачалар эгаллаган хажм;  $V_6$ - катламдаги заррачалар оралигидаги бушлик (эркин) хажм.

Агар махсулотнинг зичлигини  $\rho_3$ , унинг эркин тукилган ҳолатдаги зичлигини  $\rho_T$  деб белгиласак, у ҳолда

$$\varepsilon = 1 - \rho_3 / \rho_T. \quad (3-186)$$

Диаметри  $d$  булган заррачаларни солиштирма юзаси куйидагича аникланади

$$f_c = 6 (1 - \varepsilon) / d. \quad (3-187)$$

Махсулот заррачалари орасида ҳосил булган каналларнинг эквивалент диаметри куйидагича ифодаланади

$$d_3 = (2/3) d \varepsilon / (1 - \varepsilon). \quad (3-188)$$

Ушбу каналларнинг узунлигини ( $L$ ) катлам баландлиги ( $H$ ) оркали ифодалаш мумкин

$$L = \varphi H,$$

бу ерда  $\varphi$  - тажрибавий коэффициент,  $\varphi > 1$ .

Донадор материал катламидаги окимнинг хакикий тезлиги

$$\omega = \omega_0 / \varepsilon.$$

$\omega$ ,  $d_3$  ва  $L$  катталикларнинг ифодаларини ҳисобга олган ҳолда, донадор материал катламининг гидравлик каршилиги тенгламаси куйидагича ёзилади

$$\Delta P = 3 \lambda \varphi H (1 - \varepsilon) \omega_0^2 K_{III} / (4d \varepsilon^3). \quad (3-189)$$

бу ерда  $\lambda$ - катламнинг каршилиқ коэффициенти;  $K_{III}$ - заррачалар учун шакл коэффициенти.

Ушбу тенгламадан окимнинг турли режимлари учун эмпирик ҳисоблаш тенгламалари ишлаб чиқилади.

Суюклик ва газларни донадор катламдаги ламинар режими учун

$$\Delta P = 72 (1 - \varepsilon)^2 \varphi \omega_0 \mu H / (\varepsilon^3 d^2). \quad (3-190)$$

Агар катламдаги оким режими турбулент булса, у ҳолда катламнинг гидравлик каршилиги

$$\Delta P = [150(1 - \varepsilon)^2 \mu \omega_0 / (\varepsilon^3 d^2) + 1.75(1 - \varepsilon) \rho \omega_0^2 / (\varepsilon d)] HK_{III}. \quad (3-191)$$

**Мавхум кайнаш катламининг гидродинамикаси.** Мавхум кайнаш катлами куйидагича ҳосил қилинади. Ихтиёрий шаклдаги вертикал идиш (масалан, цилиндрсимон) тубига сим тур урнатилиб, унинг юзасига маълум бир қалинликда сочилувчан донадор каттик материал заррачалари тукилади. Шундан сунг аппарат тубидан юкорига, тур оркали ҳаво (ёки суюклик) окими юборилади.

Дастлаб ҳаво окимининг тезлиги (сарфи) кичик булганда тур устидаги материал катлами кузгалмас булади. Ҳавонинг тезлиги маълум бир қийматларга эга булганда, катламдаги материални огирлиги газ окимининг гидродинамик босимига тенг булиб қолади. Натижада гидродинамик мувозвнат юзага келиб, заррачалар бир-бирига нисбатан турли йуналишлар буйича силжий бошлайди.

Газ тезлиги янада оширилса, заррачалар ҳаракати тезлашади, катлам кенгайди ва у худди кайнаётгандек булиб қуринади. Катламни бундай ҳолати **мавхум кайнаш ҳолати** дейилади.

Материал катламининг узгармас ҳолатдан мавхум кайнаш ҳолатига утиш жараёнига тугри келувчи ҳаво (суюклик) тезлиги **мавхум кайнашнинг бошланиш тезлиги ёки биринчи критик тезлик  $\omega_{кр1}$**  деб юритилади.

Келгусида, ҳаво тезлиги янада оширилса, гидродинамик босим кучлари материални

огирлик кучларидан ортиб кетади. Натижада материал доналари хаво окими билан аппаратдан учиб чикиб кетиши мумкин. Ушбу ҳолатга мос келувчи оким тезлиги материалларни учиб чикиб кетиш тезлиги ёки **иккинчи критик тезлик  $\omega_{кр2}$**  деб юритилади.

Газ (суюқлик) окими тезлигига кура донадор материал катламининг асосий ҳолатларини таҳлил қиламиз.

1. Оким тезлиги  $\omega_0 < \omega_{кр1}$  булганда донадор материал катлами кузгалмас ҳолатда булади (3.9.1- расм, а- схема). Бу пайтда катламни гидравлик қаршилиги ортиб боради (3.9.2- расм, а- схема, АВС чизик), унинг бушлик ҳажми ва баландлиги деярли узгармайди (3.9.2- расм, б- схема, АВС чизик).

2. Оким тезлиги  $\omega_0 = \omega_{кр1}$  булган ҳолатда курилмада мавҳум кайнаш катлами юзага келади (3.9.1- расм, б- схема; 3.9.2- расм, а- ва б- схемалардаги С нукта). Бу пайтда мавҳум кайнаш катламининг гидравлик қаршилиги  $\Delta P$

$$\Delta P = G/F, \quad (3-192)$$

бу ерда G- катламдаги заррачаларнинг огирлиги; F- курилманинг кундаланг кесим юзаси.

Донадор катламдаги заррачалар огирлигини қуйидагича ифодалаш мумкин

$$G = FH(1-\varepsilon)(\rho_3-\rho)g, \quad (3-193)$$

бу ерда H- заррачалар катламининг баландлиги;  $\rho_3$  ва  $\rho$ - каттик заррачалар ва ишчи муҳитнинг зичликлари; g- эркин тушиш тезланиши.

(3-19) тенгламага асосан

$$\Delta P = H(1-\varepsilon)(\rho_3-\rho)g. \quad (3-194)$$

Мавҳум кайнаш ҳолатида махсулот катламидаги заррачалар турли йуналишлар бўйлаб силжиб, интенсив аралаша бошлайди (3.9.1- расм, б- схема). Катламни эркин юзасида тулкинланиш ва чайкалишлар кузатилади. Бу пайтдаги катлам ҳолатининг манзараси худди кайнаётгандек қуринади.

Мавҳум кайнаш ҳолатида заррачалар катламининг баландлиги усади, ундаги бушлик ҳажм улуши эса ортади (3.9.2- расм, а- схемадаги ВС чизик). Ушбу тасвирдаги ВС чизик каттик заррачалар уртасидаги торшишиш кучларининг таъсирини ифодалайди.

3.  $\omega_{кр1} < \omega_0 < \omega_{кр2}$  чегараларда оким тезлигини ортиши туфайли заррачалар янала интенсиврок аралашади, катлам баландлиги (3.9.2-расм, б- схемадаги ВС чизик) ва ундаги бушлик ҳажм улуши ҳам ортиб боради. Бу пайтда катламнинг гидравлик қаршилиги деярли узгармайди (3.9.2- расм, а- схемадаги СД чизик).

4. Оким тезлиги  $\omega_0 \geq \omega_{кр2}$  булганда мавҳум кайнаш катлами бузилади. Катламдаги заррачаларни оким билан бирга курилмадан учиб чикиб кетиш ҳолатлари кузатилади. Заррачаларни массавий равишда курилмадан учиб чикиб кетиш ҳолати пневмотранспорт (гидротранспорт) жараёнларига монанд булади. Ушбу услубдан техникада сочилувчан материалларни қувурлар бўйлаб узатишда фойдаланилади. Каттик заррачаларни курилмадан чикиб кетиш тезлиги  $\omega_{кр2}$  эркин шопирилиш  $\omega_{ш}$  тезлиги деб ҳам юритилади.  $\omega_0 = \omega_{ш}$  булган ҳолатда каттик заррачалар катламининг бушлик ҳажми жуда катта булади ( $\varepsilon \approx 1$ ). Бу пайтда заррачаларни огирлиги окимнинг кутариш кучи билан мувозанатда булиши сабабли улар бир-биридан боглик булмаган ҳолатда ҳаракатланиб, эркин учиб юради, чукмайди ва оким билан курилмадан чикиб ҳам кетмайди (3.9.2- расм, а- ва б- схемалардаги Д нукта). Шунинг учун заррачаларни ушбу ҳолатдаги тезлигини чуқиш жараёни учун тавсия этилган

$$Ar = \zeta(3/4)Re^2 \quad \text{ва} \quad Re = Ar/(18+0.61\sqrt{Ar}) \quad (3-195)$$

тенгламалар ёрдамида аниқлаш мумкин.

Шундай қилиб, ишчи муҳит тезлигига кура мавҳум кайнаш катламининг уч хил режимлари мавжуд:

- филтрлаш режими  $\omega_0 < \omega_{кр1}$ ;

- мавхум кайнаш катлами  $\omega_0 > \omega_{кр1}$ ;
- пневмотранспорт режими  $\omega_0 > \omega_{кр2}$ .

5. Мавхум кайнаш жараёнидан сунг оким тезлигини пасайиши пайтида катламнинг гидравлик каршилиги ВА чизик буйича эмас, аксинча СЕ чизиги билан (3.9.2- расм, а-схема) тавсифланади. Ушбу гистерезис куйидагича тушунтирилади: мавхум кайнаш катламида булган заррачалар катламининг эркин бушлик хажми жараёндан аввалги холатга нисбатан катта булади. Шунинг учун жараён сунгида хосил булган катламнинг гидравлик каршилиги ҳам кичик булади. Мавхум кайнаш катлами иккинчи бор такрорланса ушбу гистерезис холати кузатилмайди.

Шундай килиб, мавхум кайнаш катламидаги окимнинг ишчи тезлиги  $\omega_{кр1} < \omega_0 < \omega_{кр2}$  чегараларда булиши керак.

Мавхум кайнаш жараёни катламдаги заррачаларни аралашиш интенсивлигини курсатувчи мавхум кайнаш сони  $K_{\omega}$  билан тавсифланади

$$K_{\omega} = \omega_0 / \omega_{кр1} , \quad (3-196)$$

бу ерда  $\omega_0$ - курилманинг кундаланг кесимига нисбатан олинган окимни ишчи тезлиги.

Хар бир жараён тури учун  $K_{\omega}$  кийматларининг оптимал чегаралари тажрибалар утказиш йули билан аникланади. Одатда,  $K_{\omega}=2$  булган холларда заррачаларни интенсив аралашувига эришиш мумкинлиги аникланган.

Мавхум кайнаш катламининг структураси ишчи мухитни туридан (газ ёки суюклик) боглик булади. Техникада мавхум кайнаш катлами асосан газ окимида ташкил этилади.

$\omega_{кр1}$  -  $\omega_{кр2}$  тезликлар оралигида донатор материалларнинг мавхум кайнаш холати бир жинсли ёки турли жинсли булиши мумкин.

Бир жинсли мавхум кайнаш катламида (3.9.3- расм, а- схема) материал заррачалари катлам баландлиги буйича бир хилда таркалган булади. Аксинча холларда, заррачалар катлам буйича нотекис холатда таркалган булади. Бу пайтда заррачаларни холати турли жинсли мавхум кайнаш катлами куринишида (3.9.3- расм, б- схема) булади.

Саноат курилмаларида турли жинсли катламни хосил булиш даражаси курилма ва заррачаларни шакли, улчами ва юзасига, заррачалар ва оким зичликларининг нисбатига, окимни тезлигига ва газ таркатувчи турнинг турига боглик булади.

$K_{\omega}$  сони кийматининг ортиши билан катламни турли жинслилик даражаси ортади. Бу пайтда катламдаги газ окими нафакат узлуксиз оким, балки пуфакча шаклида ҳам харакатланиши мумкин (3.9.3- расм, в- схема). Харакатдаги газ пуфакчалари катламдаги заррачаларнинг аралашувини тезлаштиради. Келгусида, газ сарфининг ортиши билан пуфакчалар улчами курилма диаметригача катталашуви мумкин. Бу пайтда газ пуфакчаси устидаги заррачалар катламининг поршенли харакати кузатилади (3.9.3- расм, г- схема). Бу пуфакчалар катламдан чикиш пайтида ёрилиб, катлам баландлигини тулкинланишига ва ундаги маълум бир кисм заррачаларни юкорига иткитилишига сабаб булади. Шу тарика заррачаларни газ окими билан курилмадан чикиб кетиш эхтимоли ортади. Поршенли кайнаш режимида газ окими ва материал заррачалари уртасидаги контакт юзанинг бир хиллиги бузилиб, каттик фазани вертикал йуналишда аралашуви ёмонлашади, газ окими ва заррачалар уртасидаги контакт юза кискаради.

Поршенли режим курилманинг диаметри кичик, заррачаларни улчамлари катта ва газ окими тез булган холларда кузатилиши мумкин.

Ута кичик улчамли (масалан, кукусимон), намлиги юкори ва зичлашувчанлик хусусиятига эга материал заррачаларига мавхум кайнаш катламида ишлов берилса, каналли катлам холати (3.9.3- расм, д- схема) кузатилиши мумкин. Бу пайтда газ окимининг асосий кисми хосил булган каналлар оркали, катламдаги махсулот заррачалари билан узаро контактга киришмасдан, эркин утиб кетади. Газ окими тезлигини ортиши билан бу каналлар тула йуколиши ёки газ таркатувчи тур устидаги катламдагина кисман

сакланиб қолиши мумкин.

Конуссимон тубли курилмаларда каналли мавхум кайнаш катлами фавворали катламга айланади (3.9.3- расм, е- схема). Бундай режимда курилманинг уки буйлаб харакатланаётган газ оқими каттик материал заррачаларини фаввора шаклида юкорига отади.

Шарсимон ва унга яқин булган шакллардаги заррачалар катламини мавхум кайнаш холатига келтирувчи оқимнинг биринчи критик тезлиги аналитик услубда,  $Re_{кр}$  критерийсининг критик қиймати бўйича, аниқланиши мумкин

$$Re_{кр} = Ar / (1400 + 5.22\sqrt{Ar}), \quad (3-197)$$

бу ерда  $Re_{кр1} = \omega_{кр1} d \rho_3 / \mu$ ;  $Ar = (d^3 \rho^2 g / \mu^2) (\rho_3 - \rho_M)$ ;  $d$ - заррачаларнинг уртача диаметри;  $\mu$ - ишчи мухитнинг динамик ковушқоклиги.

$Re_{кр}$  критерийсининг сон қийматидан  $\omega_{кр1}$  аниқланади. Шундан сунг, (3-189) тенгламадан  $K_{\omega}$  қийматлари учун оқимни ишчи тезлиги  $\omega_0$  хисобланади.  $\omega_0$  қийматлари бўйича курилманинг диаметри аниқланади

$$D = \sqrt{4Q / (\pi \omega_0)}. \quad (3-198)$$

Махсулот заррачаларини катламда булиш вақти

$$\tau_{урт} = m / G, \quad (3-199)$$

бу ерда  $m$ - катламдаги каттик материалнинг массаси, кг;  $G$ - материал сарфи, кг/сек.

Маида донатор материалнинг мавхум кайнаш катламини гидравлик каршилиги куйидаги тенглама асосида аниқланади

$$\Delta P = 150 (1-\varepsilon)^2 \mu H \omega_0 (K_{ш} \varepsilon^3 d^2). \quad (3-200)$$

Мавхум кайнаш катламидан махсулот заррачаларининг учиб чиқиш тезлиги  $\omega_{кр2}$  ҳам (3.9-197) тенгламадан аниқланиши мумкин. Бунинг учун  $Re_{кр}$  ифодасидаги  $\omega_{кр1}$  урнига  $\omega_{кр2}$  қуйилади.

### 3.9.2. Масала ечиш намунаси

**1-масала.** Куйидаги маълумотлар асосида мавхум кайнаш катламли курилманинг улчамлари ва гидравлик каршилигини хисобланг. Махсулотни курилмада булиш вақти 10 мин, усқунани иш унумдорлиги 2500 кг/соат. Хавонинг харорати 150<sup>0</sup>С, сарфи 4300 м<sup>3</sup>/соат ва уни курилмадаги ишчи тезлиги 0.358 м/сек. Махсулотни зичлиги 1100 кг/м<sup>3</sup>, уни туқилган холатдаги эркин зичлиги 650 кг/м<sup>3</sup>. Газ таркатувчи панжара (тур)ни утқазиш юзаси  $\varphi=0.015$ , унинг тешиклари диаметри 0.8 мм ва калинлиги 2 мм.

Мавхум кайнаш сони  $K_{\omega}=1.6$  деб қабул қилинг.

**Масалани ечим.** Ишчи хавонинг зичлигини куйидаги тенглама ёрдамида хисоблаймиз

$$\rho_t = \rho_0 T_0 / T = 1.293 \cdot 273.15 / (273.15 + 150) = 0.835 \text{ кг/м}^3.$$

Курилманинг кундаланг кесим юзасини хисоблаймиз

$$F = V / \omega_0 = 4300 / (3600 \cdot 0.358) = 3.34 \text{ м}^2.$$

Курилманинг диаметри

$$D = \sqrt{4F / \pi} = \sqrt{4 \cdot 3.34 / \pi} = 2.06 \text{ м}.$$

Курилмадаги махсулот микдори

$$m = G \tau_0 / 60 = 2500 \cdot 10 / 60 = 417 \text{ кг}.$$

Курилмадаги махсулотнинг кузгалмас катламини хажми

$$V = m / \rho_H = 417 / 650 = 0.642 \text{ м}^3.$$

Кузгалмас катлам баландлиги

$$h_0 = V/F = 0.642/3.34 = 0.192 \text{ м.}$$

Кузгалмас катламдаги бушлик хажм улуши

$$\varepsilon_0 = 1 - \rho_T / \rho = 1 - 650/1100 = 0.41.$$

$K_{\omega}=1.6$  булганда мавхум кайнаш катламининг баландлигини хисоблаймиз

$$h = [(1 - \varepsilon_0)/(1 - \varepsilon)]h_0 = [(1 - 0.41)/(1 - 0.47)] 0.192 = 0.214 \text{ м,}$$

бу ерда  $\varepsilon = 0.47$  – мавхум кайнаш катламининг бушлик хажми, хисобланган киймат.

Махсулот катламининг каршилиги

$$\Delta P_K = \rho(1 - \varepsilon_0)gh_0 = 1100(1 - 0.41)9.81 \cdot 0.192 = 1200 \text{ Па.}$$

Газ таркатувчи тур тешиклари оркали утаётган хавонинг тезлиги

$$\omega = \omega_0 / \varphi = 0.358/0.015 = 23.9 \text{ м/сек.}$$

Газ таркатувчи турнинг каршилиги куйидаги тенглама асосида аникланади

$$\Delta P_T = 0.503 \omega^2 \rho_X(1 - \varphi)/C^2,$$

бу ерда  $\rho_X=0,835 \text{ кг/м}^3$  - хавонинг ишчи хароратдаги зичлиги;  $C$ - турнинг каршилик коэффиценти,  $d_0/\delta = 0.8/2 = 0.4$  булганда  $C=0,63$ .

$$\Delta P_T = 0.503 \cdot 23.9^2 \cdot 0,835(1 - 0,015)/0.63^2 = 605 \text{ Па.}$$

Курилманинг умумий гидравлик каршилиги

$$\Delta P_{\text{кур}} = \Delta P_K + \Delta P_T = 1200 + 605 = 1805 \text{ Па.}$$

**2-масала.** Кварц куми заррачаларининг зичлиги  $\rho_3=2640 \text{ кг/м}^3$ . Мавхум кайнаш катламли курилмадаги хаво окимининг тезлиги  $\omega_X=1 \text{ м/с}$ , унинг харорати эса  $20^\circ\text{C}$ . Мавхум кайнаш катламига утувчи шарсимон заррачаларнинг диаметрини хисобланг.

**Масалани ечмими:** Хавонинг  $20^\circ\text{C}$  даги ковушкоклиги  $\mu_X=0,018 \cdot 10^{-3} \text{ Па с}$ , унинг зичлиги

$$\rho_{20} = \rho_0 \cdot T_0 / (T_0 + t) = 1,293 \cdot 273,15 / (273,15 + 20) = 1,205 \text{ кг/м}^3,$$

бу ерда  $T_0=273,15^\circ\text{C}$ ;  $\rho_0=1,293 \text{ кг/м}^3$ .

Дастлаб Лященко критерийсининг критик кийматини хисоблаймиз

$$Lu_{\text{кр}} = \omega_{\text{кр}}^3 \rho_X^2 / (\mu_X g \rho) = 1,0^3 \cdot 1,205^3 / (0,018 \cdot 10^{-3} \cdot 9,81 \cdot 2640) = 3,14.$$

$Lu=3,14$  булганда 3.9- расмдан Архимед критерийсининг киймати  $A_r = 9 \cdot 10^5$  эканлигини топамиз.

$A_r$  критерийсининг киймати буйича мавхум кайнаш холатига утувчи заррачани аникловчи диаметри

$$d_3 = \sqrt[3]{Ar \mu_X^2 / (\rho_3 \cdot \rho_X \cdot g)} = \sqrt[3]{9 \cdot 10^5 (0,018 \cdot 10^{-6})^2 / (2640 \cdot 1,205 \cdot 9,81)} = 0,0021 \text{ м} = 2,1 \text{ мм.}$$

**3- масала.** Мавхум кайнаш катламидаги каттик материал массаси  $M=1000 \text{ кг}$ . Катлам оркали ишлов берилиб утаётган материал сарфи  $G=400 \text{ кг/соат}$ . Заррачаларнинг канча кисми (улуши) материал катламида булиш вактининг уртача киймати ( $\tau_0$ ) дан купрок вакт  $\tau$  мобайнида ушланиб колиши мумкинлигини аникланг.

**Масалани ечими.** Материални катламда булиш вакти уртача киймати  $\tau_0=M/G=1000 \cdot 3600/4000=900 \text{ секунд}$ .

$\tau \geq \tau_0$  вакт мобайнида катламда ушланиб колиши мумкин булган заррача-ларнинг улуши куйидагича хисобланади

$$x_\tau = e^{-\tau/\tau_0} = e^{-900/900} = e^{-1} = 0,368 \text{ ёки } 36,8 \text{ \%}.$$

Катламда 900 секунддан кам вактда буладиган материал улуши



$$1-x_{\tau} = 1 - 0.368 = 0,632 \text{ ёки } 63,2 \% \text{ ни ташкил этади.}$$

### 3.9.3. Мустақил ечиш учун масалалар

1. Куйидаги шароитларда грануллиланган алюмосликагель заррачаларининг мавхум кайнаш ҳолатига утиши учун зарур булган ҳаво тезлигини аниқланг: ҳаво ҳарорати  $100^{\circ}\text{C}$ ; алюмосликагелни «туюлган» зичлиги  $968 \text{ кг/м}^3$ ; заррачалар диаметри 1,2 мм.

Агар кузгалмас катлам калинлиги 400 мм булса, мавхум кайнаш катламининг гидравлик қаршилиги қанча булишини ҳисобланг. Жавоб: 0,28 м/с; 2279 Па.

2. Агар ҳаво тезлиги унинг критик тезлигида 1,7 марта ортик булса, юкорида-ги 1-масала шартлари бўйича, мавхум кайнаш катламининг баландлиги ва заррачалар орасидаги бушлик ҳажм улушини (говаклигини) аниқланг.

Жавоб: 0,48 м/с; 462 мм.

3. Курилмадаги ҳаво тезлиги 0,2 м/сек булганда мавхум кайнаш ҳолатига утиши мумкин булган грануллиланган кумир заррачаларининг энг катта диаметрини аниқланг. Ҳавонинг ишчи ҳарорати  $180^{\circ}\text{C}$ .

Агар ҳаво тезлиги 0,4 м/сек гача оширилса, заррачаларни катламдаги ҳажмий концентрацияси қанча булишини ҳам ҳисобланг. Кумирни уйма (туюладиган) зичлиги  $660 \text{ кг/м}^3$ . Жавоб: 1,3 мм ; 50 % .

4. Мавхум кайнаш ҳолатида куририлаётган махсултни эквивалент диаметри 6 мм, зичлиги  $1080 \text{ кг/м}^3$ . Махсулотни кузгалмас ҳолатдаги баландлиги 0.3 м, унинг говаклиги 0,4. Ҳавонинг ишчи ҳарорати  $130^{\circ}$ , уни ушбу ҳароратдаги ковшоклик коэффициенти  $\mu = 0,023 \text{ Па с}$ . Ҳавони мавхум кайнаш катламидаги тезлиги унинг биринчи критик тезлигига нисбатан 1,6 марта юкори. Мавхум кайнаш катламининг баландлигини аниқланг.

## IV боб. Иссиқлик алмашиниш жараёнлари ва қурилмалари

### 17 – амалий машғулот

#### Иссиқлик алмашиниш жараёнларини ҳисоблаш

Кимё, қурилиш материаллари, озиқ – овқат ва бошқа саноатларда материалларни иссиқлик ёрдамида ишлов бериш жуда кенг тарқалган жараёнлардан биридир. Технологик жараённинг мақсади ва характериға қараб материалнинг температураси бир меъёрда ушлаб турилади иситилади, совитилади ёки музлатилади, буғлар конденсацияланади. Бу жараёнларнинг ифодаловчи муҳим кўрсаткич бўлиб иссиқлик ўтказиш коэффициенти ҳисобланади ва қурилмаларни лойҳалашда унинг ўлчамларини ва жараённинг интенсивлиги аниқлашга ёрдам беради.

#### Ҳисоблаш формулалари ва асосий боғлиқлар

1. Иссиқлик ўтказишнинг асосий тенгламаси,

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

бу ерда  $Q$  – иссиқлик миқдори, Вт;  $K$  – иссиқлик ўтказиш коэф фициенти, Вт/( $\text{м}^2\text{К}$ );  $F$  – мухитларни ажратувчи девор юзаси,  $\text{м}^2$ ;  $\Delta t_{\text{yp}}$  - иссиқ ва мухитлар температуралари ўртасидаги фарқи,  $^{\circ}\text{C}$ .

2. Иссиқлик алмашиниш қурилмасининг иссиқлик баланси

2.1. Иссиқлик ташувчи агентларнинг агрегат ҳолати ўзгарганда:

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

2.2. Иссиқлик ташувчи муҳитларнинг бирортасининг агрегат ҳолати ўзгарганда:

$$Q = D \cdot r + D \cdot c_{\text{конд}} (t_{\text{б}} - \theta_{\text{конд}}) = G_2 \cdot c_2 \cdot (t_2 - t_1) + Q_{\text{йўк}} \quad (4.3)$$

бу ерда  $G_1$  ва  $G_2$  – иссиқ ва совуқ агентларнинг сарфи, кг/с;  $c_1$  ва  $c_2$  – иссиқ, совуқ ва иситувчи буғ конденсатининг иссиқлик сиғими, Ж/(кг·К);  $t_1$ ,  $t_2$  – иссиқ (индекс “1”) ва совуқ (индекс “2”) агентларнинг бошланғич ва охири температуралари;  $D$  – иситувчи буғ сарфи кг/с;  $r$  – буғ бўлиш иссиқлиги, Ж/кг;  $\theta$  – қурилмадан чиқаётган конденсат температураси, °С;

Агарда қурилмадан чиқаётган конденсат температураси  $t_{\text{б}}$  бўлса,  $\theta_{\text{конд}} = t_{\text{б}}$ ;  $Q_{\text{йўк}}$  – иссиқликнинг атроф муҳитга йўқотилиш сарфи; иссиқлик қопламаси бор қурилмалар учун  $Q_{\text{йўк}} = 0,05 \cdot Q$ .

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

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

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

$$r_{\text{д}} = \frac{\delta_{\text{д}}}{\lambda_{\text{д}}} + r_{\text{и1}} + r_{\text{и2}} \quad (4.5)$$

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

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

К ва  $K_1$  лар ўртасида қуйдаги боғлиқлик бор.

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

(4.4)-(4.6) формулаларда  $\alpha_1$  – иссиқлик ташувчи муҳитдан девор юзасига бериш коэффициенти, Вт/м<sup>2</sup>·К;  $\alpha_2$  – девор юзасидан совуқ муҳитга иссиқлик бериш коэффициенти, Вт/м<sup>2</sup>·К;  $\delta_{\text{д}}$  – иссиқлик ўтказиш деворининг қалинлиги, м;  $d_1$  ва  $d_2$  – трубанинг ички ва ташқи диаметрлари, м;  $\sum r_{\text{иф}}$  – девор ва ундаги ифлосликларининг термик қаршилиқлар йиғиндиси;  $r_{\text{и1}}$  ва  $r_{\text{и2}}$  – трубанинг ички ва ташқи деворларидаги ифлосликларнинг термик қаршилиги, йиғиндиси, м<sup>2</sup>·К/Вт.

Баъзи бир иссиқлик ташувчи агентларнинг  $\gamma$  тахминий қийматларги 4.1-жадвалда келтирилган.

Иссиқлик ташувчи муҳитларнинг ўртача температуралар фарқи ушбу тенгламадан топилади:

$$\Delta t_{\text{ур}} = \frac{\Delta t_{\text{ка}} - \Delta t_{\text{ки}}}{2,31g \frac{\Delta t_{\text{ка}}}{\Delta t_{\text{ки}}}} \quad (4.7)$$

$$\text{Агар } \frac{\Delta t_{ка}}{\Delta t_{ки}} < 2 \text{ бўлса, } \Delta t_{ур}$$

$$\Delta t_{ур} = \frac{\Delta t_{ка} - \Delta t_{ки}}{2} \quad (4.8)$$

бу ерда  $\Delta t_{ка}$  ва  $\Delta t_{ки}$  катта ва кичик температуралар фарқи

4.1. Иссиқлик ташувчи муҳитларнинг агрегат ҳолати ўзгарганда (4.1а,б-расмлар)

$\Delta t_{ка}$  ва  $\Delta t_{ки}$  куйдагича аниқланади.

бир хил йўналиш учун

$$\Delta t_{ка} = t_1' - t_2' \quad \Delta t_{ки} = t_1'' - t_2'' \quad (4.9)$$

карама – қарши йўналиши учун

$$\Delta t_{ка} = t_1''' - t_2' \quad \Delta t_{ки} = t_1' - t_2''$$

4.1-расм Иссиқлик алмашилиш жараёнида температураларнинг ўзгариш графиклари. А-бир йўли, агентларнинг агрегат ҳоли ўзгармайди; б-карама – қарши агентларнинг агрегат ҳоли ўзгармайди; в-карама қарши агентларнинг агрегат ҳоли ўзгаради.  $\theta_{конд} = t\delta$ ; г-худди /в/ дагидек, фарқи  $\theta_{конд} < t\delta$ .

4.2. Иссиқлик ташувчи муҳитлардан бирининг агрегат ҳолати ўзгарганда (4.1в,г-расмлар)  $\Delta t_{ка}$  ва  $\Delta t_{ки}$  куйдагича аниқланади:

$$\Delta t_{ка} = \theta_{конд} - t_2' \quad \Delta t_{ки} = t_1'' - t_2'' \quad (4.10)$$

5. Иссиқлик бериш коэффициенти  $\alpha$  критериял тенгламалардан топилади.

Конвектив иссиқлик алмашилишнинг критериял тенгламаси умумий ҳолда куйдаги кўриниш эга.

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

Бу ердаги, асосий ўхшашлик критериялари ушбу формулалардан 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 критериясини куйдаги тенгламадан аниқланади:

$$Ku = \frac{\beta r \cdot \Delta t}{c \cdot \Delta t_{\text{б}y}} \quad (4.18)$$

(4.11-4.18) формулаларга кирувчи параметрлар:

$d$  – аниқловчи геометрик ўлчам, м;  $\lambda$  - иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти, Вт/(м.К);  $c$  – солиштирма иссиқлик кигими, Ж/(кг.К);  $\mu$  - динамик қовушоқлик коэффициенти, Па.с;  $v$  – кинематик қовушоқлик коэффициенти, м<sup>2</sup>/с;  $g$  – эркин тушиш тезланиш, м<sup>2</sup>/с<sup>2</sup>;  $w$  – иссиқлиташувчи муҳит тезлиги, м/с;  $\beta$  - хажмий кенгайиш коэффициенти, 1/К;  $\Delta t$  – иссиқлик бериш юзаси ва муҳит орасидаги (ёки тескараси) температуралар фарқи, °С;  $\Delta t_{\text{б}ик}$  – иссиқлик бериш юзаси ва буғ орасидаги температура фарқи, °С.

Ушбу катталиқлар ҳар бир суюқлик учун ўртача температурада топилади:

$$\Delta t_{yp} = \frac{t' - t''}{2} \quad (4.19)$$

Температуралар фарқи одатда тегишли ҳисоботлар ўтказиш учун олдиндан берилади ва ундан сўнг кетма – кет яқинлашиш усули ёрдамида аниқроқ қиймати топилади.  $\Delta t$  ва  $\Delta t_d$  катталиқлари солиштирма иссиқлик оқимларнинг баланси тенгламасидан ҳисобланиб топилади:

$$\alpha_1 \cdot (t_{ypm} - t_o) = \frac{\bar{\alpha}_o}{\lambda_o} \cdot (t_{o1} - t_{o2}) = \alpha_2 \cdot (t_{o2} - t_{yp}) = K \cdot \Delta t_{yp} \quad (4.20)$$

бу ерда  $\Delta t_{yp1}$  ва  $t_{yp2}$  - иссиқ ва совуқ муҳитларнинг ўртача температураси; бўғли иссиқлик алмашиниш қурилмалари учун  $t_{yp1} = t_6$ ;  $t_{d1}$  ва  $t_{d2}$  – иссиқ ва совуқ муҳит томонидаги девор юзаларининг температураси.

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

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

$S$ -оқимнинг кўндаланг кесим юзаси, м<sup>2</sup>;

$\Pi$ -оқим кесимининг тўлопериметри, м<sup>2</sup>;

Думалоқ кўндаланг кесимли труба ичидаги оқим учун  $d_3 = d_{\text{ич}2}$ .

5.1. Иссиқлик ташувчи муҳитларнинг агрегат ҳолати ўзгармаганда иссиқлик беришнинг критериял тенгламалари.

а) тўғри труба ва каналарда иссиқлик бериш ( $Re \geq 10000$ )

$$Nu = 0,021 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \cdot \left( \frac{Pr}{Pr_o} \right)^{0,25} \cdot \varepsilon_1 \quad (4.22)$$

б) Ўтиш соҳаси яни  $2320 \leq Re \leq 10000$  бўлганда, иссиқлик бериш ушбу формуладан аниқланади:

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

Иссиқлик бериш коэффициенти  $\alpha$  ни қуйдагича ҳисоблаш мумкин.

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

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

$\varepsilon_{yt}$  – ўтиш соҳаси учун  $Re$  га боғлиқ тузатиш коэффициенти  
4-2 жадвалдан олинади.

4-2 жадвал

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

Тўғри труба ва каналларда ламинар режимда ( $Re \leq 2320$ ) иссиқлик бериш қуйдаги ҳисоблаш тенгламасидан аниқланади:

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

ёки

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

6. Иссиқлик алмашиниш жараёнини интенсифлашнинг энг самарадор усуллардан бири, ушбу трубаларга дискрга дискрегат жойлашган кўндаланг каналлар қилишдир (4.2-расм)

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

Газларни совитиш ва иситиш жараёнида иссиқлик алмашиниш интенсифлиги қуйдаги формуладан ҳисоблаб топиш мумкин:

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

$$\frac{Nu}{N_{тек}} = \left( 1 + \frac{\lg Re - 4,6}{35} \right) \cdot \left\{ 3 - 2 \exp \left[ \frac{-18,2 \cdot \left( 1 - \frac{d}{D} \right)^{1,13}}{(t/D)^{0,326}} \right] \right. \quad (4.26)$$

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

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

Газларни иситиш пайтида,

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

Газларни совитиш пайтида

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

Суюқликлар учун ўртача иссиқлик алмашиниш коэффициентининг интенсифлиги ( $t/D=0,5$  ва  $d/D=0,94$ )

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

бу ерда

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

7. Иссиқлик алмашиниш қурилмасининг (4.3-расм) иссиқлик ўтказиш юзаси ушбу формула топилади:

$$\Gamma = n \cdot d_{\text{yp}} \cdot l \cdot n \quad (4.32)$$

бу ерда –  $n$  – трубалар сони, м;  $l$  – труба узунлиги, м;

8. Суюқлик сарфи тенгламаси.

8.1. Ҳажмий сарф  $V_c$  қуйдаги формула бўйича ҳисобланади:

$$V_c = w \cdot S \quad (4.33)$$

Бу ерда  $S$  – трубанинг кўндаланг кесими ва у ушбу тенглама ёрдамида ҳисобланади:

$$S = \frac{n \cdot d_2^2}{4 \cdot m} \cdot n \quad (4.34)$$

формуладги  $m$  – кожух трубади қурилманинг йўллари сони.

8.2. Массивий сарф қуйдаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$G = V_c \cdot \rho = w \cdot S \cdot \rho = w \cdot \frac{n \cdot d_2^2 \cdot n}{4 \cdot m} \cdot \rho \quad (4.35)$$

бу ерда  $\rho$  – иссиқлик ташувчи муҳитининг зичлиги, кг/м<sup>3</sup>

9. Иссиқлик ўтказувчанлик.

9.1. Бир қаватли текис девордан ўтаётган иссиқлик оқимининг иссиқлик ўтказувчанлик тенгламаси қуйдагичадир:

$$q = \frac{Q}{F} = \frac{t_u - t_c}{r} = \frac{\lambda}{\delta} \cdot (t_u - t_c) \quad (4.36)$$

бу ерда  $q$  – иссиқлик оқимининг зичлиги, Вт/м<sup>2</sup>;  $Q$  – иссиқлик оқими, Вт;  $F$  – девор юзаси, м<sup>2</sup>;  $t_u$  ва  $t_c$  – иссиқ ва совуқ деворлар юзасининг температураси, °С;  $r = \delta / \lambda$  – деворнинг термик қаршилиги, м<sup>2</sup>·К/Вт;  $\delta$  – девор қалинлиги, м;  $\lambda$  – иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти, Вт/м·К.

9.2. Кўп қаватли текис девор орқали ўтган иссиқлик миқдори эса қуйдагича 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 деворнинг иссиқлик ўтказувчанлик тенгламаси

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} \cdot (t_u - t_c) \cdot F_{\text{yp}} = \frac{2 \cdot n \cdot (t_u - t_c)}{2,3 \cdot \lg(d_2 / d_1)} \quad (4.38)$$

бу ерда  $\delta = (d_2 - d_1) / 2$ . Цилиндрсимон деворнинг ўртача юзаси қуйдаги формуладан топилади:

$$F_{\text{yp}} = \eta \cdot d_{\text{yp}} \cdot L = \frac{n \cdot (t_u - t_c) \cdot L}{2,3 \cdot \lg(d_2 / d_1)} \quad (4.39)$$

$D_1$  va  $d_2$  – трубаинг ичкива ташқи диаметрлари, м;  $L$  – труба узунлиги, м. Агарда  $d_2 / d_1 < 2$  бўлса,  $F_{yp}$  ни (4.3) формуладан эмас, балки юқори аниқликка эга ушбу формуладан топса бўлади:

$$F_{yp} = \frac{\eta \cdot (d_1 + d_2) \cdot L}{2} \quad (4.40)$$

9.4. Кўп қаватли цилиндрсимон девордан ўтаётган иссиқлик миқдори қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$Q = \frac{2 \cdot \eta \cdot L \cdot (t_u - t_c)}{\frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{d_2}{d_1} + \dots} = \frac{2 \eta \cdot L \cdot (t_u - t_c)}{\sum \frac{1}{\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}} \quad (4.41)$$

9.5. Температура  $30^\circ\text{C}$  агрофида бўлганда, тажрибавий маълумотлар йўқ бўлса, суюқликларнинг иссиқлик ўтказувчанлиги ушбу формула ёрдамида ҳисоблаш мумкин:

$$\lambda_{yp} = A \cdot c \cdot \rho \sqrt{\frac{\rho}{M}} \quad (4.42)$$

$c$  – суюқликнинг солиштирма иссиқлик сифими,  $\text{Ж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ ;  $\rho$  – суюқлик зичлиги,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $M$  – суюқлик моляр массаси,  $\text{кг}/\text{кмоль}$ ;  $A$  – суюқликнинг ассоцияланиш даражасига боғлиқ коэффициент,  $\text{м}^3 \cdot \text{кмоль}^{-3} \cdot \text{с}^{-1}$  (сув учун  $A=3,5 \cdot 10^{-6}$  бензол учун  $A=4,22 \cdot 10^{-6}$ ).

Исталган температурадаги суюқликнинг иссиқлик ўтказувчанлиги қуйидаги формуладан топилади:

$$\lambda_1 = \lambda_{90} \cdot [1 - \varepsilon \cdot (t - 30)] \quad (4.43)$$

бу ерда  $\varepsilon$  – температуравий коэффициент.

Баъзи суюқликлар учун  $10^\circ\text{C}$  қийматлари:

Анилин	-1,4	Пропан 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	-1,0	Этил спирти	-1,4

Сувли эритмаларнинг температурадаги иссиқлик ўтказувчанлиги:

$$\lambda_{\varepsilon m} = \lambda_{330} \cdot \frac{\lambda_{\varepsilon 1}}{\lambda_{\varepsilon 30}} \quad (4.44)$$

бу ерда  $\lambda_{\varepsilon}$  ва  $\delta_{\varepsilon}$  – эритма ва сувнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентлари.

9.6. Газларнинг паст босимлардаги иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентини ушбу формуладан ҳисоблаш мумкин:

$$\lambda = B \cdot c_0 \cdot \mu \quad (4.45)$$

бу ерда  $B$  – газнинг динамик қовушоклиги,  $\text{Пас}$ ;  $B=0,25 \cdot (9k-5)$ ,  $k=c_p/c_v$  – адиабата кўрсаткич;  $c_p$  ва  $c$  – газнинг ўзгармас босим ва хажимдаги солиштирма иссиқлик сифими,  $\text{Ж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ ; Бир атомли газлар учун  $B=1,72$ .

## МИСОЛЛАРНИ ИШЛАШ НАМУНАСИ

1. Сув спиртининг 75%ли буғи ректификация колоннасининг конденсаторида конденсацияланмоқда. Совитувчи сув  $10^{\circ}\text{C}$  температура курилмага кириб,  $50^{\circ}\text{C}$  га исимокда. Конденсаторнинг диаметри  $35 \times 1,5$  мм ва узунлиги 1,3 бўлган  $121$  та  $400 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . Конденсацияланаётган буғнинг сарфи топилсин.

**Ечиш:**

Ҳисоблаш куйдаги 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 топилади. Буғнинг концентрацияси 75% бўлганда конденсацияланиш температураси  $t = 82,8^{\circ}\text{C}$ , буғланиш иссиқлиги  $r = 1210 \text{ кЖ}/\text{кг}$ , зичлиги эса  $\rho = 1,145 \text{ кг}/\text{м}^3$

3. Ўртача температуралар фарқи куйдагича аниқланади:

$$82,8 \Rightarrow 82,8$$

$$10 \Rightarrow 50$$

Дастлаб

$$\Delta t_{ка} = 82,8 - 10 = 72,8^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{ку} = 82,8 - 50 = 32,8^{\circ}\text{C}$$

$\Delta t_{ка} / \Delta t_{ки} > 2$  бўлгани учун,  $\Delta t_{ур}$  (4.7) формула орқали ҳисобланади:

$$\Delta t_{ур} = \frac{72,8 - 32,8}{\ln 72,8 / 32,8} = 50,6^{\circ}\text{C}$$

4. Конденсаторнинг иссиқлик юқламаси (4.1) формула ёрдамида аниқланади:

$$Q = 400 \cdot 16,5 \cdot 50,6 = 334177,2 \text{ Вт}$$

5.  $\theta_{конд} = t_б$  деб қабул қили, конденсацияланаётган буғнинг массавий сарфи (4.3) формуладан топилади:

$$D = \frac{Q}{r} = \frac{334177,2}{1210000} = 0,276 \text{ кг} / \text{с} = 994 \text{ кг} / \text{соат}$$

6. Буғнинг ҳажмий сарфи эса (4.35) тенгламадан топилади

$$V = \frac{G}{\rho} = \frac{994}{1,145} = 868,12 \text{ м}^3 / \text{соат}$$

2. Кожух-трубали иссиқлик алмашиниш курилмасининг диаметри  $d = 25 \times 2$  мм ли 13 та трубадан ясалган. Кожухнинг ички диаметри 273 мм. Курилмада соатига 10 т сув  $10^{\circ}\text{C}$  дан  $70^{\circ}\text{C}$  бўшлиқдан ўтаётган пайтидаги иссиқлик бериш коэффициентлари топилсин.

**Ечиш:**

Ҳисоблаш куйдаги кетма-кетликда олиб борилади:

1. Иловадаги 4-жадвалдан  $t_{ур} = 40^{\circ}\text{C}$  да сувнинг физик харақатеристикалари аниқланади:

$\rho_2 = 992 \text{ кг}/\text{м}^3$ ;  $c_2 = 4,18 \text{ кЖ}/\text{кг}$ ;  $\lambda = 0,634 \text{ Вт}/\text{м}\cdot\text{К}$ ;  $\mu = 657 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с}$ ; Прандтл критерий  $\text{Pr} = 4,31$ .

2. Труба ичида оқаетган сувнинг тезлиги ушбу формула бўйича ҳисобланади:

$$w = \frac{4 \cdot G}{\eta \cdot d_{ин}^2 \cdot n \cdot 3600 \cdot \rho} = \frac{4 \cdot 10000}{3,14 \cdot 0,021^2 \cdot 13 \cdot 992 \cdot 3600} = 0,62 \text{ м} / \text{с}$$



3. Рейнольдс критерийси (4.14) формуладан топилади:

$$Re = \frac{0,62 \cdot 0,021 \cdot 992}{657 \cdot 10^{-6}} = 19658,8$$

5.  $Re >$  бўлгани учун,  $\varepsilon = 1$  ва  $(Pr/Pr_d) = 1$  деб қабул қилиб, Нуссельт  $Nu$  қиймати (4.22) тенглама орқали аниқланади:

$$Nu = 0,021 \cdot 19658,8^{0,6} \cdot 4,31^{0,43} = 107,12$$

унда иссиқлик бериш коэффициентини қуйдаги формуладан ҳисобланади:

$$\alpha_2 = \frac{107,12 \cdot 0,634}{0,021} = 3234 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}$$

6. Сувнинг трубаларларо бўшлиқнинг қўндаланг кесим юзаси:

$$w = \frac{10000}{0,052 \cdot 992 \cdot 3600} = 0,054 \text{ м} / \text{с}$$

бу ерда  $S = 0,052 \text{ м}^2$  – трубалараро бўшлиқнинг қўндаланг кесим юзаси:

$$S = 0,785 \cdot (d_{\text{ич}}^2 - d_{\text{м}}^2)$$

$d_{\text{ич}}$  ва  $d_{\text{м}}$  – трубаинг ички ва ташқи диаметрлари, м.

8. Трубалараро бўшлиқнинг эквивалент диаметрини (4.21) формуладан топиш мумкин:

$$d_s = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot (0,273^2 - 13 \cdot 0,025)}{4 \cdot 3,14 \cdot (0,273^2 + 13 \cdot 0,025^2)} = 0,11 \text{ м} / \text{с}$$

9. Рейнольдс критерийси эса (4.14) формула бўйича ҳисобланади:

$$Re = \frac{0,054 \cdot 0,11 \cdot 992}{657 \cdot 10^{-6}} = 8968,7$$

10. Рейнольдс сони  $2300 < Re < 10000$  бўлгани учун  $Nu$  (4.23) формула ёрдамида аниқланади:

$$Nu = 0,008 \cdot 968,7^{0,9} \cdot 4,31^{0,43} = 54,12$$

иссиқлик бериш коэффициенти эса,

$$\alpha = \frac{54,12 \cdot 0,634}{0,0978} = 350,8 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}$$

11.  $\varepsilon = 1$  ва  $(Pr/Pr_g) = 1$  инobatга олиб, турбулент ҳаракат режими учун (4.22) ва (4.23а) формулалар ёрдамида, иссиқлик бериш коэффициенти ҳисобланади.

$$Nu = 0,021 \cdot 8968,7^{0,8} \cdot 4,31^{0,43} = 57,1$$

$$\alpha_{2T} = 370,6 \cdot 0,975 = 361,3 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}$$

12. Агар  $Re = 8968,7$  бўлса  $\varepsilon = 0,975$  (10-жадвалга қаралсин), унда ўтиш соҳаси учун иссиқлик бериш коэффициенти қуйдагича топилади:

$$\alpha_{2T} = \frac{57,1 \cdot 0,634}{0,0978} = 370,6 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}$$

Улар орасидаги фарқ 2,9% ни ташкил этади.

3. Диаметр 1,8 м ва баландлиги 2,6 м ўлчамларга эга бўлган цилиндрик резервуарнинг 80% қувватланган суюқлик билан тўлдирилган. Ушбу суюқлик 15 °С дан 57 °С гача иситиш учун муҳитга исроф бўлиши ҳисобга олинмасин.

**Ечиш :**

Резервуарнинг тўла ҳажмини ушбу формулада ҳисоблаш мумкин:

$$V = \left( \frac{\eta \cdot D^2}{4} \right) \cdot H$$

Резервуардаги вино ҳажми,

$$V_g = \varphi \cdot V$$

формуладан аниқланади. Унинг миқдори эса,

$$M = V_g \cdot \rho$$

бу ерда  $\rho = 1010 \text{ кг/м}^3$ . Унда,

$$M = \varphi \cdot \left( \frac{\eta \cdot D^2}{4} \right) \cdot H \cdot \rho = 0,8 \left( \frac{3,14 \cdot 1,8^2}{4} \right) \cdot 2,6 \cdot 1010 = 5346 \text{ кЖ}$$

Иситиш учун зарур иссиқлик миқдори.

$$Q = M \cdot c_g \cdot \Delta t_g = 5346 \cdot 3700 \cdot 42 = 830750$$

$$\Delta t_g = t_g - t_{1g} = 57 - 15 = 42^\circ \text{C}$$

#### Мустақил ечиш учун масалалар

1. Тўғри бурчакли кесимли клломолдан ҳаво оқими ўтмоқда. Кесимнинг ўлчамлари 80мм ва 60мм деворнинг температураси 300°С, ʼавонинг температураси 200°С, ʼаво оқимининг тезлиги 8м/сек, ʼавонинг босими 1бар. Девордан ʼавога берилаётган иссиқлик узатиш коэффицентини аниқланг.

2. 1000м<sup>3</sup> ʼажмга эга бўлган водород тўлдирилган шар 1 бар босим ва 27°С да қанча массали юкни кўтара олади?

3. Буғ турбинасининг қуввати 500К Вт ва ф.и.к. 20%. Турбинанинг нормал ишлаши учун ёниш иссиқлиги 30000кЖ/кг бўлган ёқилғидан соатига қанча ёқиш керак?

4. Иссиқлик бериш қобилияти 28000кЖ/кг бўлган кўмирдан қозонли электр станцияда 200 т ёқилган. Агар электр станциянинг ф.и.к. 20% бўлса, унинг қуввати ва қанча энергия беришини ʼисобланг.

5. Иккита паралел юзалар ўртасига экран жойлаштирилган. Уларнинг нурланиши коэффицентлари  $C_1=C_2=4,8 \text{ Вт/м}^2$ , К, температуралари эса  $T_1=600^\circ\text{К}$ ,  $T_2=300^\circ\text{К}$ . Юзалар ўртасидаги иссиқлик алмашинувини экрангача ва экран қўйилгандан кейингисини аниқланг. (агар  $C_{\text{экр}}=C_1=C_2$ ).

6. Пралел юзалар ўртасига сирланган экран жойлаштирилса нурланиш орқали иссиқлик узатиш қанчага камаяди? Агар  $C_1=C_2=5,2\text{ВТ/м}^2\text{гр}^4$ ;  $C_{\text{жр}}=0,4\text{ВТ/м}^2\text{гр}^4$ ;

7. Цехга узунлиги 2м, диаметри 1м ли, нурланиш коэффициенти  $C_1=5,2\text{ВТ/м}^2\text{гр}^4$  бўлган қиздиргич печ жойлашган. Печ жойлашган бинонинг температураси  $27^0\text{С}$ , узунлиги 10м, эни 8м ва баландлиги 4м, деворнинг нурланиш коэффициенти  $C_2=3,5\text{ ВТ/м}^2\text{гр}^4$ . Печнинг температураси  $430^0\text{К}$ . Девор ва печ ўртасидаги иссиқлик алмашинувини топинг.

8. Поршенли идеал ёнув двигатели учун қуйидагилар берилган:  $P_1=1\text{бар}$ ;  $T_1=350^0\text{К}$ ;  $\varepsilon=20$ ,  $\rho=2$ ;  $\kappa=287\text{Ж/кг}\cdot\text{град}$ ;  $\kappa=1,4$  ғавонинг иссиқлик сиғимининг ўзгармас деб олинг.

Топиш керак: ( $p=\text{const}$ ) фойдали иш, берилган ва чиқарилган иссиқлик, термик ф.и.к.

### Тавсия этиладиган адабиётлар руйхати

1. З. Салимов. Кимёвий технологиянинг асосий жараёнлари ва қурилмалари. Олий укув юртлари талабалари учун дарслик. Т.1. - Тошкент: Ўзбекистон,1994. -366 б.

2. З. Салимов. Кимёвий технологиянинг асосий жараёнлари ва қурилмалари. Т.2. Модда алмашинуш жараёнлари. Олий укув юртлари учун дарслик. - Тошкент: Ўзбекистон,1995. - 238 б.

3. Кавецкий Г.Д., Васильев Б.В. Процессы и аппараты пищевой технологии. – 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Колос,1999. -551с.

4. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. Изд. 2-е. В 2-х кн.: Часть 1. Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты. - М.: Химия,1995. - 400 с.

5. Дитнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. Изд. 2-е. В 2-х кн.: Часть 2. Массообменные процессы и аппараты. - М.: Химия,1995. -368 с.

6. Остапчук Н.В. Основы математического моделирования процессов пищевых производств: Учебное пособие. - 2-е изд., перераб. и доп. - К.: Высшая школа,1991. - 367 с.

7. Батунер Л.М., Позин М.В. Математические методы в химической технике.- М.: Химия, 1971. – 824 с.

8. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Исматуллаев П.Р. Кимё ва озик-овкат саноати жараёнлари ва қурилмалари фанидан ҳисоблар ва масалалар. –Тошкент: ТошКТИ, 1999. - 351 б.

9. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С. ва б. Кимё ва озик-овкат саноатининг асосий жараён ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойihalаш.- Тошкент: ТошКТИ, 2000. – 231 бет.

10. Павлов К.Ф., Романков П.Г. и др. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: Учебное пособие для вузов / Под ред. П.Г.Романкова. - 9-е изд., пере-раб. и доп. - Л.: Химия, 1981. - 560 с.

11. Романков П.Г., Курочкина М.И. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. - Л.: Химия, 1984. - 232 стр.

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ  
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ  
ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

« КИМЁВИЙ ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁН ВА ҚУРИЛМАЛАР »  
КАФЕДРАСИ

« АСОСИЙ ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁН ВА ҚУРИЛМАЛАР »

фанидан лаборатория ишларини бажариш учун

*УСЛУБИЙ ҚЎЛЛАНМА*

Услубий Кенгаши  
томонидан тасдиқланган.

Мазкур услубий қўлланма «ТМЖ» кафедрасининг 2014 йил 12 - сентябрдаги 1-сонли йигилишида муҳокама килинди ва институт илмий-услубий Кенгашига кўриб чиқиш учун тавсия этилди.

Мазкур услубий қўлланма ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ услубий Кенгашининг 2017 йил “ 23 ” сентябр 1 - сон мажлисида муҳокама этилди ва маъқулланди ва институт илмий - услубий Кенгашига кўриб чиқиш учун тавсия этилди.

Муаллифлар :

Доцент	Мухамедбаев А.А.
Катта ўқитувчи:	Пиримов Т.Ж.
Катта ўқитувчи:	Шералиева О.А.

Ушбу услубий қўлланма 5320300 - «Технологик машиналар ва жихозлар», 5111000 - Касбий таълими ( 5111038 - “Технологик машиналар ва жихозлар”) таълим йўналишлари учун тасдиқланган ўқув режасига ва “Асосий технологик жараён ва қурилмалар” фанининг намунавий ўқув дастурига мувофиқ ишлаб чиқилди.

Услубий қўлланма «Асосий технологик жараён ва қурилмалар » фанидан 5320300 - «Технологик машиналар ва жихозлар» , 5111000 - Касбий таълими ( 5111038 - “Технологик машиналар ва жихозлар”) йўналишлари бўйича таълим олаётган талабалар учун мўлжалланган бўлиб, йўналишнинг давлат таълим стандарти талабларига асосан ёзилди.

Хар бир лаборатория ишида уни мукамал ўзлаштириш учун лаборатория ишини ташкил этиш, хавфсизлик техникаси қоидалари ишнинг мақсади ҳисобот таркиби, ҳисоблаш формулалари, ишни бажариш тартиби, назорат саволлари ва адабиётлар келтирилган.

Мазкур услубий қўлланма материаллари “Кимёвий технология” йўналиши бўйича таълим олаётган талабалар ҳам фойдалишлари мумкин.

Такризчи:

доц. Азизов Д. Х.

## К И Р И Ш

Кимёвий ва қурилиш материаллари ишлаб чиқариш корхоналарини техник ва технологик жихатдан янгилаш ва модернизациялаш ҳозирги давр талабидир. Ушбу корхоналарда турли технологик жараёнлар амалга оширилади. Бундай жараёнларга қуйидагилар киради: суюқлик ва қаттиқ материалларни узатиш, қаттиқ моддаларни майдалаш ва саралаш, газларни сиқиш ва узатиш, моддаларни иситиш ва совитиш, суюқликларни аралаштириш, ҳар хил жинсли аралашмаларни ажратиш, эритмаларни буғлатиш, нам материалларни қуритиш, экстракциялаш ва бошқалар. Бу технологик жараёнлар турли ишлаб чиқаришларда ишлаш принциплари бир хил бўлган машина ва ускуналарда олиб борилади.

Кимёвий ва қурилиш материаллари ишлаб чиқариш жараёнларининг турли тармоқлари учун умумий бўлган жараён ва *қурилмалар* асосий жараёнлар ва қурилмалар деб юритилади. Масалан, суюқлик аралашмаларини ажратишда кенг ишлатиладиган хайдаш жараёнини кўрамиз. Хайдаш жараёни кислород ишлаб чиқаришда суюқ хавони ажратиш, нитрат кислота ишлаб чиқаришда сув ва нитрат кислотани ажратиш, синтетик каучук ишлаб чиқаришда мураккаб органик маҳсулотларни ажратиш ва бошқа бир қатор ишлаб чиқаришда кенг ишлатилади. Асосий қурилмалар қаторига, масалан, тарелкали ва насадкали колонналар киради. Бундай колонналар ёки қурилмалар хайдаш (суюқ аралашмаларни иссиқлик таъсирида ажратиш), абсорбциялаш (газ ва буғ аралашмаларидан бирор компонентини ютувчи суюқлик ёрдамида ажратиш), экстракциялаш (суюқ аралашмаларни эритувчи ёрдамида ажратиш) каби жараёнларни амалга оширишда ишлатилади.

« Асосий технологик жараён ва қурилмалар » фани кимё ва қурилиш материаллари ишлаб чиқариш саноатининг турли тармоқларида ишлатиладиган ва ташқи кўринишдан ҳар хил бўлган жараёнлар ва қурилмаларнинг ўхшашликларини аниқлашга асосланади. Ўзлаштирилиши керак бўлган жараён аввал лаборатория шароитида, кичик ўлчамдаги қурилмаларда (моделларда) ўрганилади. Сўнгра олинган илмий -тадқиқот натижалари катта ўлчамдаги саноат қурилмаларига кўчирилади. Ушбу фан асосида технологик жараёнлар ва ускуналарни ҳисоблаш ва таҳлил қилиш, уларни оптимал параметрларини аниқлаш, қурилмаларни лойихалаш ва ҳисоблаш мумкин.

## ЛАБОРАТОРИЯ ИШИНИ ТАШКИЛ ЭТИШ

Лаборатория машғулотлари кафедра ва унинг корхоналардаги филиалларида, мавжуд технологик жихозлардан фойдаланган холда ўтказилади.

Барча лаборатория машғулотлари кичик гуруҳларда, интерфаол усулларда олиб борилади. Машғулотларни олиб бориш режаси қуйидагича бўлиши мумкин:

А) Тажриба машғулотлари мавзусига оид билимларни текшириш ва чуқурлаштириш. В) Лаборатория ускунасининг тузилиши, ишлаш принципи ва синов ўтказиш методикаси билан талабаларни таништириш. С) Лаборатория ускунасида синов ўтказиш. Жихознинг конструктив элементлари ўлчамларини аниқлаш. Д) Синов натижаларини кичик гуруҳларда таҳлил қилиш. Е) Тажриба машғулотлари бўйича ҳисобот тузишга оид кўрсатмалар бериш. Ж) Дарсни яқунлаш.

Талабалар лаборатория ишларига уйда асосий дарсликлар, маъруза матнлари ва услубий қўлланмалар асосида тайёргарлик кўрадилар.

Талабалар ишни бошлашдан аввал ўқитувчига иш тартибини ва лозим бўлса, шу ишга оид назарий билимларини гапириб берадилар, яъни назорат саволларига жавоб беради. Қониқарли жавоб бергач, у айна иш учун керакли реактив ва жихозларнинг (асбоб) аниқ номи ҳамда миқдори кўрсатилган рўйхатни ўқитувчига кўрсатади. Ўқитувчи рўйхатни кўриб чиқиб, имзо чеккач ишни бажаришга рухсат беради. Талабалар рўйхатга биноан, иш учун керакли реактив ва жихозларни (асбоб) лаборантдан олади. Рўйхат иш охиригача лаборантда сақланади ва жихозлар (асбоб) лаборантга топширилади.

Иш столида ортиқча нарсалар бўлмаслиги, унинг юзасида тоза зарур жихозларгина терилган бўлиши керак. Нихоят, яна бир марта иш тартиби билан танишиб чиқилгач, тажрибани бошлашга рухсат берилади.

Лаборатори журнали учун алоҳида дафтар тугилади. Бу дафтар талабалар ишининг энг яхши кўрсаткичи бўлади. Иш натижалари тажриба давомида бевосита лаборатория журналига ўз вақтида қайд қилиб борилиши лозим. Лаборатория журналини юритиш тартиби қуйидагича:

- хар бир машғулот янги бетдан бошлаб ёзилади. Унда қуйидагилар қайд қилинади:
- машғулот ўтказилган кун, соат ва ишнинг тартиб рақами;
- машғулот мавзуси;
- иш бажарилаётган жихозларнинг тасвири (схемаси);
- тажриба бажаришнинг қисқача баёни (ушбу баён услубий кўрсатмадан кўчирилади);
- катталикларни ҳисоблаш формулалари;
- олинган тажриба натижаларини қайд этиш;
- тажриба натижаларини ҳисоблаш;
- олинган тажриба натижалари асосида график қуриш;

- хулоса.

Тажриба тугагач, фойдаланилган жихоз ва асбобларни, материалларни ўз жойига қўйиш, шиша идиш ва асбобларни тозалаб ювиб, лаборантга топшириш лозим. Фойдаланилган жихозлар баъзи сабабларга кўра тозаланмай қолса, уни группа навбатчиси лаборант билан махсус жойга йиғиб қўйиши керак.

## **ЛАБОРАТОРИЯ ИШЛАРИНИ БАЖАРИШДА ХАВФСИЗЛИК ТЕХНИКАСИ ҚОИДАЛАРИ**

Лаборатория тажрибаларида эътиборсизлик билан ишлаш оқибатидагина кутилмаган ходисалар содир бўлади. Уларнинг келиб чиқиш сабаблари асосан меъёридан ортиқ қиздириш натижасида идишдан суюқлик отилиб чиқиши, шиша идиш ва таёқчаларни тоза ювмаслик, уларнинг синиши, системада суюқликнинг бир идишдан иккинчи идишга ўтиб кетиши ва бошқалар.

Кўнгилсиз ходисаларни олдини олиш учун қуйидаги хавфсизлик техникаси қоидаларига қатъий амал қилиш керак:

- иш бажариш тартибини пухта ўзлаштирмасдан ва тажриба ўтказиш учун асбобларнинг тўғри йиғилганлигига ишонч ҳосил қилмасдан тажрибани бошламаслик керак;

- органик ва ноорганик бирикмаларни бевосита хидлаш, ушлаш, таомини татиш мутлақо мумкин эмас;

- симоб билан ишлаганда жуда эҳтиёт бўлиш керак. Тажриба давомида термометр синса ёки симоб тўкилса, уни тезда махсус усуллар билан йиғиб олиш ва симоб тўкилган жойга олтингугурт сепиш лозим;

- ёнувчан ва учувчан суюқликларни тажриба столида ортиқча миқдорда сақламаслик, уларни электр плита ёки газ горелкасида узокда сақлаш керак. Умуман, қиздириш мақсадларида усти берк иситгич асбоблардан фойдаланиш лозим. Ёнгин чиққан тақдирда аввало ўт чиқишга сабаб бўлган манба (газ горелкаси, электр розетка ва шунга ўхшашлар) ўчирилади, сўнгра қум сепилади ёки ёпқич ёпилади. Аланга ёйилиб кетиш эҳтимоли бўлса ўт ўчиргичдан фойдаланиш керак;

- реакция олиб борилаётганда моддалар қиздирилаётган идишларга энгашиб қарамаслик керак;

- концентрланган кислотани суюлтириш зарур бўлса, сувни кислотага эмас, балки кислотани оз-оздан сувга, идиш девори бўйлаб қуйиш керак. Концентрланган кислота ва ишқорларни химиявий пипеткаларда ўлчаб қатой ман этилади, уларни фақат томизгич ёрдамида ўлчаб олиш лозим. Кислоталар сақланадиган идишларни, албатта, эҳтиётлик билан, тўкилмайдиган ёки сачрамайдиган қилиб ушлаш керак;

- портловчи аралашмалар ҳосил қилиш хавфи бор газлар билан ишлашда реактивлар нисбатига алоҳида эътибор бериш керак;



- талаба шуни ёдда тутиши керакки, реакция учун ишлатилаётган бирикмалар кучли таъсир этувчи реагентлардир (концентрланган кислота, ишқор ва хоказо). Эҳтиётсизлик кийим-кечакни, терини, кўзни жарохатлаш мумкин. Шунинг учун лабораторияда ножўя ҳаракат қилмаслик, иш столида фақат зарур буюмларнигина сақлаш керак.

- тажрибалар тугагач, газ, сув ва электр асбобларини ўчириш керак, талаба лабораторияда ўз иш жойини хамма вақт тартибли ва озода сақлаши лозим.

### **КЎНГИЛСИЗ ХОДИСАЛАР РЎЙ БЕРГАНДА БИРИНЧИ ТИББИЙ ЁРДАМ КЎРСАТИШ**

Кўнгилсиз ходисалар лабораторияда ишлаш тартиби пухта ўрганилганда рўй бермайди. Борди-ю, бирон ходиса юз бергудек бўлса, унинг олдини олиш ва дастлабки тиббий ёрдам кўрсатишни билиш мақсадга мувофиқдир. Бунинг учун қуйидагиларга риоя қилиш керак:

- Ёнғин чиқиб, тери бир оз куйса, куйган жойни аввало калий перманганатнинг кучсиз эритмаси билан ювиб, сўнгра ош тузининг тўйинган эритмаси шимдирилган пахта қўйиб боғлаш керак.

- Кўзга кислота сачраса, кўзни аввал сув, сўнгра 3% ли сода эритмаси ва ниҳоят, борат кислотанинг тўйинган эритмаси билан ювиш керак.

- Метал, шиша синиғи билан жарохатланганда, аввало, жарохатни метал заррачалари ва шиша синиқларидан тозалаш, сўнг йод суртиб, жарохатни стерилланган бинт билан боғлаш керак. Кўп қон кетиш хавфи бўлса, жарохатланган жойдан юқорироғини эластик қисқич билан боғланади. Қон тўхташи билан қисқич олиб ташланади.

- Тасодифан оғиз орқали реактивлар билан захарланиб қолинса кўп сув ичиш керак. Йод билан захарланганда сода, кофе, чой ичиш керак. Металларнинг тузлари билан захарланганда тухум ютиш, қатиқ ёки сут ичиш лозим.

- Лаборатория дори қутчасида қуйидаги дори - дармонлар бўлиши шарт: бинт, тиббий пахта, куйганга қўйиладиган малхам дори, йод эритмаси, спирт, канақунжут мойи, калий перманганат, темир (III)-хлорид, мочевина, таннин, борат ва сирка кислота эритмалари, новшадил спирт, ок стрептоцид, глицерин, лейкопластир, коллодий, пипетка, вазелин, пинцет, резина жгут, компресс қоғоз ва бошқалар.

- Майдалагичлар, чанг ушлагичлар, иссиқлик алмаштиргичлар, модда алмашиниш қурилмалари, экстрактор, буғлатиш, центрифуга, аралаштиргич ва шунга ўхшаш жихозлар билан ишлашда шу қурилмаларнинг йўриқнома қоидаларига риоя қилиш зарур. Бундай аппаратларни назоратсиз қолдириш ёки уларни назорат қилиб туришни бошқаларга топшириш мумкин эмас.

## 1-ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

### СУЮҚЛИКЛАРНИНГ ОҚИМ РЕЖИМИНИ АНИҚЛАШ

**Ишдан мақсад** - суюқликнинг сарфини аниқлаш, суюқликнинг ламинар режимини аниқлаш, суюқликнинг турбулент режимини аниқлаш, ҳар хил оқим режимларида оқимни ўзгаришини аниқлаш

#### *Ишнинг назарий асослари*

Гидравлика икки асосий қисмдан: суюқликларнинг мувозанат конунларини ўрганадиган гидростатика ва суюқликларнинг ҳаракат конунларини ўрганадиган гидродинамикадан ташкил топган.

Суюқликлар оқувчанлик ўзусиятига эга. Суюқлик гўё маолум ҳажмга эга, лекин шаклга эга эмас, аммо фақат молекуляр кучлар таъсири остида шар шаклини олади.

Моддаларнинг суюқ ҳолати ўз табиатига кўра, газ ҳолат билан қаттиқ ҳолат ўртасидаги оралиқ ўринни эгаллайди.

Гидравликада суюқлик дейилганда газ ҳам, суюқлик ҳам тушунилади. Уларни бир-биридан ажратиш учун суюқликлар томчили, газлар эса эластик суюқлик деб қаралади.

Суюқлик ва газлар қуйидаги хоссалари билан бир-бирига ўхшайди:

1) Суюқликлар худди газлар каби маолум шаклга эга эмас, унинг физик хоссалари барча йўналишда бир ёил, яони изотопдир;

2) газларнинг қовушоқлиги кичик бўлиб, юқори температурада суюқликларникига яқинлашади;

3) критик температурадан юқори температурада суюқликлар билан газлар орасидаги фарқ йўқолади.

Гидравликада назарий тадқиқотлар натижаларини соддалаштириш мақсадида идеал суюқлик моделидан фойдаланилади.

Идеал суюқлик деб, босим ва температура таъсирида ўз ҳажмини ўзгартирмайдиган ёки сиқилмайдиган, ўзгармас зичликка эга бўлган ва ички ишқаланиши бўлмаган суюқликларга айтилади. Ҳар қандай суюқликда ички ишқаланиш кучлари ва қовушоқлик бўлади. Демак, ҳақиқатда табиатда идеал суюқлик бўлмайди, яони барча суюқликлар реал суюқликлардир. Аммо баози суюқликларнинг қовушоқлиги жуда кичик бўлади. Улар температура ва босим таъсирида ўз ҳажмини шу қадар кам ўзгартирадики, бу ўзгаришни амалда ҳисобга олмасамиз ҳам бўлади. Бундай суюқликлар шартли равишда идеал суюқликлар дейилади. Эластик суюқликларнинг ҳажми температура ва босим таъсирида кескин ўзгаради.

#### ***Суюқликларнинг физик хоссалари.***

Суюқликларнинг асосий физик хоссалари зичлик, солиштирма оғирлик ва қовушоқлик билан характерланади:

Зичлик. ҳажм бирлигидаги бир жинсли жисмнинг (суюқликнинг) массаси зичлик деб аталади ва  $\rho$  билан белгиланади.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1.1)$$

бу ерда  $m$  – суюқлик массаси, кг;  $V$  – суюқликнинг ҳажми,  $m^3$ .

**Солиштирма оғирлик.** Хажм бирлигидаги суюқликнинг оғирлиги солиштирма оғирлик деб аталади ва  $\gamma$  билан белгиланади

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (1.2)$$

бу ерда  $G$  – суюқликнинг оғирлиги. СИ системасига биноан солиштирма оғирлик  $H/m^3$  да ўлчанади, масса билан оғирлик ўзаро қуйидагича боъланган:

$$m = \frac{G}{g} \quad (1.3)$$

бу ерда  $g$  - эркин тушиш тезланиши,  $m/c^2$ .

**Босим.** Суюқлик идиш деворларига, тубига ва унинг ичига туширилган бошқа жисм юзасига босим кучи билан таъсир қилади. Бирор кичик  $\Delta F$  юзага таъсир қиладиган босим **гидростатик босим** дейилади. Агар юза катталиги нолга яқинлаштирилса, бу қиймат шу нуқтанинг босими дейилади:

$$P = \lim_{\Delta F \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta F} \quad \text{Па} \quad \text{ёки} \quad \frac{H}{m^2} \quad (1.4)$$

Босимнинг йўналиши ва таъсири суюқликнинг ҳамма нуқталарида бир ўил, чунки бу куч ҳамма вақт нормал буйича йўналган бўлади. Бундан кўришиб турибдики, босимнинг катталиги юзанинг шаклига ва унинг қандай жойлашишига боғлиқ бўлади.

Босим манометр ва вакуумметрларда ўлчанади. Бу ўлчов асбоблари қурилма ичидаги тўла босим  $P_{аб}$ . (абсолют босим) билан атмосфера босими орасидаги ортикча босим  $P_{ор}$ . ни кўрсатади. Шунинг учун, тўла ёки абсолют босим иккала босимнинг йиғиндисига тенг:

$$P_{аб} = P_{мон} + P_{атм} \quad (1.5)$$

бу ерда  $P_{ман}$  - манометр билан ўлчанадиган босим. Агар жараён сийракланиш шароитида кетса, атмосфера ёки барометрик босим билан сийракланиш орасидаги айирма тўла босим дейилади:

$$P_{аб} = P_{атм} - P_{вак} \quad (1.6)$$

бу ерда  $P_{вак}$  - вакуумметр билан ўлчанадиган сийракланиш. Босимни физик ва техник атмосферада, мм.сув ва мм.симоб устунида ўлчанади.

1 физик атмосфера (1 атм) = 760 мм симоб устуни = 10,33 м сув устуни = 1,033 кг·к/см<sup>3</sup> = 101300 кг·к/м<sup>3</sup>;

1 техник атмосфера (1 атм) = 736,6 мм симоб устуни = 10 м сув устуни  
 = 1 кг·к/см<sup>3</sup> = 10000 кг·к/м<sup>3</sup> = 98100 Н/м<sup>2</sup>.

**Қовушоқлик.** Ҳақиқий реал суюқликлар труба ичида ҳаракатланганда, унинг ичида ички ишқаланиш кучлари ҳосил бўлиб, силжишига тўсқинлик қилади. Суюқликларнинг бир қатламдан иккинчи қатламга силжиши учун сарф бўлган куч **қовушоқлик** дейилади. Нрютон қонунига биноан, суюқликнинг силжиши учун зарур бўлган куч шу қатламнинг юзасига, сўрилиш тезлиги градиентига ва шу суюқликнинг қовушоқлик коэффициентига тўъри пропорционал боъланган:

$$T = \mu \cdot F \frac{dw}{dn} \quad (1.7)$$

бу ерда  $T$  - таъсир этаётган куч;  $F$  - юза;  $dw / dn$  - тезлик градиенти;  $\mu$  - қовушоқлик коэффициентини.

Тенгламадаги қовушоқлик коэффициентини  $\mu$  динамик қовушоқлик коэффициентини ёки қовушоқлик дейилади. Қовушоқлик суюқликларнинг физик хусусиятларига ва температурасига боғлиқ бўлиб, кенг ораликда ўзгаради. Масалан, глицериннинг қовушоқлиги сувниқига нисбатан бир неча марта каттадир. Қовушоқлик СИ системасига биноан кўйидаги бирликда ўлчанади:

$$\mu = \frac{T}{F \left( \frac{dw}{dn} \right)} = \frac{H}{m^2 \cdot \left( \frac{m/c}{m} \right)} = \frac{H \cdot c}{m^2} = Pa \cdot c$$

Динамик қовушоқлик коэффициентининг шу суюқлик зичлигига нисбати **кинематик қовушоқлик** дейилади ва  $\nu$  билан белгиланади

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (1.8)$$

СИ системасида кинематик қовушоқлик  $m^2/c$  бирлигида ўлчанади.

Баозан нисбий қовушоқлик тушунчаси ҳам ишлатилади. Бунда бирор суюқлик қовушоқлигининг сувнинг қовушоқлигига нисбати олинади.

Температура ортиши билан суюқликларнинг қовушоқлиги камаяди, газларники эса кўпаяди. Суюқликларнинг қовушоқлиги газларниқига нисбатан бир неча марта каттадир. Нрютоннинг ички ишқаланиш қонунига бўйсинадиган суюқликлар Нрютон суюқликлар дейилади. Коллоид эритмалар, мойли буёқлар смолалар, паст температурада ишлатиладиган сурков мойлари Нрютон суюқликларига кирмайди.

Суюқликнинг ҳаракати тезлик, сарф, босим ва бошқа катталиқлар билан характерланади.

Вақт бирлиги ичида оқиб ўтган суюқлик миқдори  $m^3/соат$ ,  $л/соат$ ,  $л/с$ ,  $m^3/с$  бирликларида ўлчанса ҳажмий сарф, агар  $кг/соат$ ,  $кг/с$  да ўлчанса **массавий сарф** дейилади.

Трубада оқаётган суюқликнинг тезлиги трубанинг деворларига яқинлашган сари камаяди, чунки суюқлик ҳаракати ишқаланиш кучи туфайли секинлашади ва суюқлик заррачалари деворга ёпишиб, минимал тезлик билан ҳаракат қилади.

Суюқликнинг ҳақиқий тезлигини ўлчаш жуда қийин, чунки суюқлик заррачалари оқимнинг ҳар бир нуқтасида алоҳида тезликка эга бўлади. Шунинг учун заррачаларнинг тезлиги ўртача катталиқ билан аниқланади. ҳажмий сарф миқдорининг труба кўндаланг кесимига нисбати ўртача тезлик дейилади.

$$w = \frac{V}{S}, \quad [\text{м/с}] \quad (1.9)$$

бу ерда  $V$  - ҳажмий сарф миқдори,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $S$  - трубанинг кўндаланг кесими,  $\text{м}^2$ .

Юқоридаги тенгликдан:

$$V = w \cdot S, \quad [\text{м}^3/\text{с}].$$

Бу тенглик **секундли сарф** тенгламаси дейилади. Суюқликнинг массавий сарфи қуйидагича аниқланади:

$$M = \rho \cdot w \cdot S, \quad [\text{кг/с}] \quad (1.10)$$

бу ерда  $\rho \cdot w$  – суюқликнинг массавий тезлиги,  $\text{кг}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ .

Труба ёки бошқа шаклдаги каналда суюқлик икки ўл режимда, яъни ламинар ёки тўлқинсимон режимда ҳаракат қилади. Оқимларнинг ҳаракат режимини биринчи бўлиб 1833 йилда инглиз физики О. Рейнольдс рангли эритмалар ёрдамида суюқликнинг икки хил - ламинар ва турбулент режимда бўлишини аниқлади.

Услубий қўлланмада лаборатория ишлари «Кимёвий технологик жараёнлари ва қурилмалари» курси бўйича алоҳида бўлимлар асосида ёзилган. Барча ишлар модели ёки қурилмалари кўрсатилган бўлиб, талабаларни асосий аппаратлар билан таништириш, уларни тузилиши ва ишлаш принципларини ўргатишдир.

## ҚУРИЛМА БАЁНИ

Сув шаҳар трубопроводидан труба 2 орқали бак 1 га берилади. Сув узатиш вентили 3 билан ростлаб турилади. Бакни тўлиб кетишини олдини олиш учун труба 4 ўрнатилган.

Қурилманинг иш давомида сув бак 1 дан таоминот трубаси 5 орқали ва вентил 6 орқали сарф баки 7 га келади. Ортиқча сув қуйилиш трубаси 8 орқали канализацияга чиқариб юборилади. Сув сарфи бак 7 дан шиша трубка 9 орқали канализацияга чиқариб юборилади.

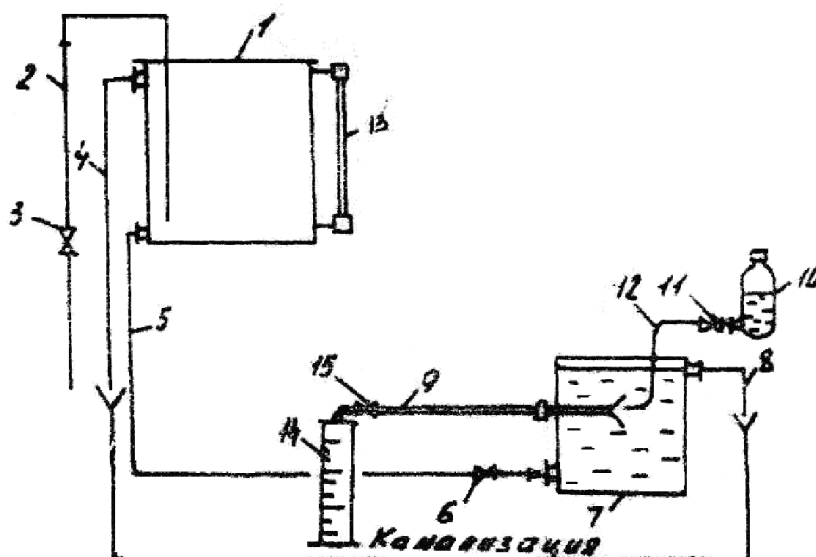
Индикатор краска қўшилган сув бочка 10 дан кран 11 орқали ингичка трубка 12 бўйлаб шиша трубка 9 га келади.

Индикатор краска оқимни тезлигини сув тезлиги билан мослаштириш учун шиша трубка 9, краскали бак 10 ўзаро вертикал ўрнатилган ва маҳкамланган (краска напорга жавоб берадиган баландликка ўрнатилган). Краска сарфи кран II билан сошлаб турилади.

### ИШНИ БАЖАРИШ ТАРТИБИ

Ишни ламинар режимдан бошланади ва шиша трубада сув ҳаракати тезлигини секин-аста ошириб бориб, оқимнинг ҳар хил режимда краска оқимининг ўзгаришини кузатилади.

Ишни бошлашдан олдин идиш 1 ва 7 лар сув билан тўлдирилади, 3 ва 6 вентиллар очилади. Қўйилиш трубаси 8 ни сатҳига етиши билан вентил 6 беркитилади, бунда оз миқдорда сув ўтиб туриши керак.



**Расм 1.1. Суяқлик оқими режимини аниқлайдиган қурилма.**

1-сув учун бак; 2-трубопровод; 3-вентил; 4-трубопровод;  
5-8-трубопровод; 6-11-15-вентил; 7-сарф баки; 9-шиша труба;  
10-индикатор краскали идиш; 12-трубка; 13-сув ўлчовчи ойна;  
14-ўлчов цилиндри.

Биринчи тажрибада секи наста вентил II очилади ва вентил 6 ва 15 ларни очилиш даражаси созланади. Кейин вентил 15 ни очилиш даражасини ортириб, шиша труба 9 даги сув тезлиги ҳам оширилади. Унданг сўнг вентил II ва 6 ларни очилиши созланади, бунда бак 7 даги сув сатҳи қўйилиш трубаси 8 сатҳидан паст бўлмаслиги керак.

Суяқлик оқимининг ҳар хил режимда Рейнолдс сони аниқланади, сарф ўлчов цилиндри 14 орқали ўлчанади. Ламинар режимдан турбулент режимга етгунча 4-6 марта ўлчов ўтказилади.

## ТАЖРИБА НАТИЖАЛАРИНИ ҚАЙТА ИШЛАШ ВА ХИСОБОТ ТУЗИШ

Шиша трубадаги сувнинг ўртача тезлиги куйидаги формуладан топилади:

$$\omega = \frac{G}{0.785 \cdot d^2 \cdot \rho}$$

Шиша трубадаги сувнинг ҳаракат режими куйидаги формуладан топилади:

$$Re = \frac{\omega \cdot d \cdot \rho}{\mu}$$

бу ерда:  $G$  – сув сарфи, кг/с;

$d$  – шиша трубкани ички диаметри, м;

$\rho$  - сувнинг зичлиги, кг/м<sup>3</sup>

$\mu$  - сувнинг қовушқоқлиги, Па·с.

Кузатиш натижалари, тажриба ва ҳисобот натижалари жадвалга ёзилади.

Суюқлик ҳаракатининг ҳар хил режимларида олинган натижалар жадвали.

1.1 - жадвал

№	Сув сарфи, кг/с	Ҳарорат, К	Қовушқоқлик, Па·с	Зичлик, кг/м <sup>3</sup>	Труба диаметри, м.	Рейнолрдс критерийси	Ҳаракат режими

### Назорат саволлари

1. Суюқлик оқими ҳаракатининг асосий режими?
2. Рейнолрдс критерийсининг физик маноси нима?
3. Суюқ оқим ҳаракатининг асосий режими Рейнолрдс сонининг қайси интервалда жойлашган?
4. Рейнолрдс критерийсининг формуласини аниқланг.
5. Тезликнинг формуласини аниқланг.
6. Суюқликнинг ҳаракати қандай катталиклар билан характерланади
7. Қовушқоқлик деб нимага айтилади?
8. Қовушқоқлик неча турли бўлади.
9. Кинематик қовушқоқлик деб нимага айтилади?
10. Қовушқоқлик қандай тенглама ёрдамида аниқланади?

1- лаборатория иши тажриба натижаларини ЭҶМ да ҳисоблаш дастури

```
5 PRINT "RABOTA №1"  
10 PRINT "OPREDELENIE REGIMA TECHENIYA GIDKOSTI"  
20 D=.022  
30 R=1000  
40 M=.001005  
45 F=.0038  
50 PRINT "WWEDITE ZNACHENIE OBEMNOGO RASCHETA – M*KUB/SEK"  
60 INPUT T  
70 PRINT "WWEDITE WREMYA ISTECHENIYA GIDKOSTI – SEK"  
80 INPUT T  
90 V1=V/T  
100 W=V1/F  
110 R1=W*D*R/M  
130 PRINT " ZNACHENIE SEKUNDNOGO RASCHETA V1=";V1;" M*KUB/SEK"  
140 PRINT " ZNACHENIE SREDNEY SKOROSTI W="; W;"M/SEK"  
150 PRINT " ZNACHENIE KRITERIYA REYNOLDSA R1="; R1  
152 PRINT  
154 PRINT  
156 PRINT  
160 GOTO 50  
170 END
```

## 2 - ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

### СУЮҚЛИКНИ ОҚИБ ТУШИШ ВАҚТИ ,ТЕЗЛИГИ ВА САРФИНИ АНИҚЛАШ

**Ишдан мақсад:** суюқлик сарфи, суюқлик сатҳи ўзгарувчан бўлган, тирқишнинг ва идишнинг кўндаланг кесим юзаси доимий бўлган идишда ҳар хил тирқишлар орқали суюқликни оқиб тушиш вақтини ва тезлигини тажриба йўли билан аниқлаш

#### *Ишнинг назарий асослари*

Усти очиқ пастки қисми ясси бўлган думалоқ тешик орқали оқиб тушгандаги сарфни аниқлашни кўриб чиқамиз. Унинг баландлиги бир хил вазиятда, ўзгармасдан туради.

Бернулли тенгламасини идеал суюқликлар учун идишнинг пастки қисмига параллел бўлган 0-0 текисликка нисбатан 1-1 ва 2-2 кесимлар учун қуйидагича ёзамиз:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{w_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{w_2^2}{2g} \quad (2.1)$$

Идишнинг устки қисми очиқ бўлгани учун  $P_1 = P_2$  ва суюқликнинг баландлиги ўзгармагани учун тезлиги  $w_1 = 0$  тенг бўлади, бундан ташқари  $Z_1$



–  $Z_2 = H$  деб олсак бўлади. Бу ҳолда тенглама қуйидаги кўринишга келади:

$$\frac{w_2^2}{2g} = H \quad (2.2)$$

бундан

$$w = \sqrt{2g \cdot H} \quad (2.3)$$

Демак, тешиқдан оқиб тушаётган суюқликнинг тезлиги суюқликнинг баландлигига боғлиқ экан. Ҳақиқий суюқлик тешиқдан оқиб тушишида босимнинг бир қисми тўсиқларни ва ички ишқаланиш кучларини енгилш учун сарф бўлади. Шунинг учун ҳақиқий суюқликларнинг оқиб тушиш тезлиги қуйидагича аниқланади:

$$w_2 = \varphi \cdot \sqrt{2g \cdot H} \quad (2.4)$$

$\varphi$  - тузатувчи коэффициент ( $\varphi < 1$ ), яони суюқлик оқимини тешиқдан оқиб тушаётганда босимни йўқолишини ҳисобга олади ва **тезлик коэффициенти** дейилади.

Суюқлик оқими тешиқдан оқиб тушаётганда сиқилиши натижасида тезлик ва босим камаяди, бундай ҳолат тешиқдан чиқаётган оқимнинг сиқилиш коэффициенти орқали ҳисобга олинади ва  $\varepsilon$  билан белгиланади:

$$\varepsilon = \frac{S_1}{S_2} \quad (2.5)$$

бу ерда  $S_2$  - тешиқдан ўтган суюқлик оқимининг сиқилган жойдаги кўндаланг кесими;  $S_1$  - тешиқдан ўтаётган суюқлик оқимининг кўндаланг кесими. Унда тешиқдан оқиб чиқаётган суюқликнинг тезлиги  $w_0$  кичик бўлиши керак,  $w_2$  га нисбатан

$$w_0 = \varepsilon \cdot w_2 = \varepsilon \cdot \varphi \cdot \sqrt{2g \cdot H} \quad (2.6)$$

Тезлик ва оқимнинг сиқилиш коэффициентларининг кўпайтмаси **сарф коэффициенти** дейилади ва  $\alpha$  билан белгиланади.

$$\alpha = \varepsilon \cdot \varphi \quad (2.7)$$

бундан

$$w_0 = \alpha \cdot \sqrt{2g \cdot H} \quad (2.8)$$

Бу коэффициент суюқлик турига боғлиқ бўлиб, ҳар қандай суюқлик учун тажриба орқали аниқланади, ҳамда унинг қиймати Рейнольдс критериясига, суюқлик хусусияти, тешиқ шакли ва оқим тезлигига боғлиқ. Сув ва қовушоқлиги сувнинг қовушоқлигига яқин бўлган суюқликлар учун сарф коэффициенти  $\alpha = 0,62$  га тенг.

Суюқликлар қиска патрубклардан (насадкалардан) оқиб ўтаётганда кириш ва чиқиш қисмида қўшимча тезлик ва босим йўқотади, бу эса  $\varphi$

қийматини камайтиради. Шу билан бирга оқим патрубкага кириш чоъида, бир мунча тўлдирган ҳолда оқиб чиқади, яъни  $\varepsilon = 1$  га тенг натижада, суюқликнинг сарф коэффициентини суюқликни тешиқдан оқиб чиқишига нисбатан насадкадан оқиб чиқишида катта қийматга эга бўлиб, суюқлик ва сув учун  $\alpha = 0,82$  га тенг деб олиниши мумкин. Ҳажмий сарф миқдори:

$$V = \alpha \cdot S_0 \cdot \sqrt{2g \cdot H} \quad (2.9)$$

Идишдан тешиқ орқали оқиб чиқаётган суюқликнинг сарф миқдори идишнинг шаклига боғлиқ бўлмасдан, тешиқ катталиги ва суюқлик баландлигига боғлиқдир.

Бу формуладан тешиқ орқали оқиб чиқаётган ҳажмий сарф миқдорини аниқлаш мумкин (3.9). Тенгламадаги  $H$  суюқликнинг юқори қатлами билан тешиқ орасидаги масофадир.

Ўзгарувчан баландликда суюқликни юпқа девордаги тешиқ орқали оқиб чиқишида, суюқликнинг баландлиги  $H$  вақт бирлигида камайиб боради ва шу билан бирга унинг тезлиги ҳам камайиб, оқиш жараёнини туръунмас ҳаракатда бўлади. Элементар вақт  $d\tau$  бирлигида суюқликнинг баландлиги  $H_1$  дан  $H_2$  гача ўзгарганда, идиш ҳажмидаги пастки тешиқдан оқиб ўтаётган суюқлик ҳажми қуйидаги тенгламадан топилади:

$$dV = V_c \cdot d\tau = \alpha \cdot S_0 \cdot \sqrt{2g \cdot H} \cdot d\tau \quad (2.10)$$

бу ерда  $S_0$  - идиш тубидаги тешиқнинг кўндаланг кесими.

Вақт бирлигида идишдаги суюқлик баландлиги  $dH$  га ўзгаради ва бунда идишдаги суюқлик миқдори қуйидаги қийматга камаяди:

$$dV = -S \cdot dH \quad (2.11)$$

бу ерда  $S$  - идишнинг кўндаланг кесими; минус ишора идишдаги суюқлик баландлигининг камайганини кўрсатади.

Узлуксизлик тенгламасига асосан, оқиб тушган суюқликлар миқдорларини бир-бирига тенглаштирсак:

$$\alpha \cdot S_0 \cdot \sqrt{2g \cdot H} \cdot d\tau = -S \cdot dH \quad (2.12)$$

бундан

$$d\tau = \frac{S \cdot dH}{\alpha \cdot S_0 \cdot \sqrt{2g \cdot H}} \quad (2.13)$$

суюқликни оқиб тушиш вақтини аниқлаш учун бу ифодани интегралласак:

$$\tau = \frac{2 \cdot S \cdot (\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2})}{\alpha \cdot S_0 \cdot \sqrt{2g}} \quad (2.14)$$

(3.14) тенглама орқали идишдаги суюқлик баландлик маълум миқдорга

камайганда, яони  $H_1$  дан  $H_2$  га ўзгарганда суюқликнинг бутунлай оқиб чиқиш вақти қуйидагича аниқланади:

$$\tau = \frac{2 \cdot S \cdot \sqrt{H_1}}{\alpha \cdot S_0 \cdot \sqrt{2g}} \quad (2.15)$$

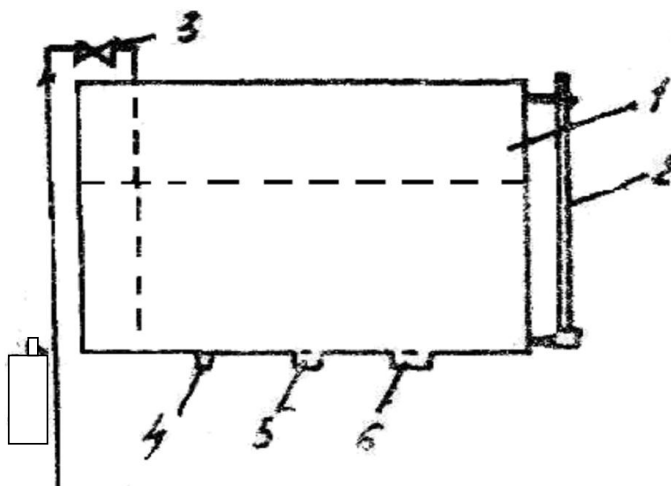
Ушбу ишни бажаришдан мақсад тажриба йўли билан вақт ичида суюқликни ҳар ʔил шаклдаги тешиklar орқали ва шунда идишнинг кўндаланг кесими ўзгармаган холда суюқликни ўзгарувчан баландликда оқиб чиқишини аниқлашдир.

### ҚУРИЛМА БАЁНИ

Қурилма пастки қисмида ҳар хил диаметрли 3 та тирқиш жойлашган тўғри бурчакли ўлчов бакидан тузилган. Бак баландлиги 760 мм, узунлиги 600 мм, эни 350 мм. Сув сарфини аниқлаш учун бак ўлчов ойнаси билан жиҳозланган.

### ИШНИ БАЖАРИШ ТАРТИБИ

Идиш 1 кран 3 ёрдамида сув тармоғидан сув билан юқори нуқтасигача тўлдирилади. Сўнгра тирқишлардан бири очилади ва бир вақтда аниқ режимдаги суюқликни ҳар 2-5 см да сув ўлчовчи ойна 2 билан ўлчанади (ўқитувчи кўрсатмаси билан). Сув ўлчовчи ойнадан сатҳи баландлиги ёзиб олинади ва унга мос равишда сарф вақти ҳам ёзилади.



Расм 1. Ҳар хил тирқишлар орқали суюқликни оқиб тушиш вақтини аниқлаш учун схема. 1-напор баки; 2-ўлчов ойнаси; 3-вентил, 4,6-тирқиш.

### ТАЖРИБА НАТИЖАЛАРИНИ ҚАЙТА ИШЛАШ ВА ҲИСОБОТ ТУЗИШ

Напор бакдан тирқишлар орқали суюқликни оқиб тушиши билан унинг сатҳи пасаяди ва ўз навбатида оқиб тушиш тезлиги ҳам камаяди, шунинг учун оқиб тушиш жараёни стационар характерга эга эмас.

Вақт оралиғида идишдаги суюқлик сатҳи чексиз кичик катталиқгача камаяди ва ундан суюқликни тугаши қуйидагича:

$$dV = -fdH \quad (2.16)$$

Тенгламага мос равишда оқимни узлуксизлиги:

$$dV = \xi f \cdot \sqrt{2gH} \cdot d\varepsilon \quad (2.17)$$

У ҳолда:

$$\xi f \cdot \sqrt{2gH} \cdot d\varepsilon = -fdH \quad (2.18)$$

бу ердан:

$$d\varepsilon = \frac{fdH}{\xi f \cdot \sqrt{2gH}} \quad (2.19)$$

Тенгламани интеграллаб  $H_1$  баландликдан  $H_2$  баландликгача суюқликни оқиш вақтини аниқлаймиз:

$$\tau = \frac{2f\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2}}{\alpha \cdot f_a \cdot \sqrt{2g}} \quad (2.20)$$

бу ерда:  $f$  – напор бакни кўндаланг кесим юзаси,  $m^2$ ;  $f_0$  – тирқишнинг кўндаланг кесим юзаси,  $m^2$ ;  $\alpha$  - сарф коэффициентини, сув учун  $\alpha = 0,62$ .

Кузатиш тажриба натижалари ва ҳисоботлар жадвалга ёзилади.

Ҳар хил тирқишлар орқали суюқликни оқишдаги тажриба натижалар ва ҳисоботлар қуйидаги жадвалга ёзилади.

2-1 жадвал

№	Суюқлик сарфи, $V_c, m^3/c$	Суюқлик баландлиги		Оқиб тушиш вақти, $\tau, c$	Хатолик, $\eta, \%$
		$H_1, m$	$H_2, m$		

### Назорат саволлари

1. Бак тубидаги тирқишдан оқиб чиқаётган суюқлик сарфи нимага боғлиқ?
2. Сарф коэффициентини  $Re$  критерийсига боғлиқми?
3. Суюқликни бир ўлчов баландликда олиб чиқиши.
4. Суюқликни баландлиги ўзгарган ҳолда оқиб чиқиши.
5. Суюқликни оқиб чиқиш вақтини аниқлаш.
6. Бернулли тенгламасини келтириб чиқариш ва унинг физик маъноси.

2 - лаборатория иши тажриба натижаларини ЭХМ да ҳисоблаш дастури

```
5 PRINT "RABOTA № 2"  
10 PRINT "OPREDELENIE REGIMA ISTECHENIYA GIDKOSTI"  
15 PRINT  
16 PRINT  
20 A=.062:G=9.8  
30 PRINT "WWEDITE DIAMETR WIYNODNOGO OTWERSTIYA"  
40 INPUT D  
50 L=.77:B=.4:H=.4  
60 F1=3.14*D^2/4  
70 PRINT "WWEDITE ZNACHENIE UROWNYA H1  
80 INPUT H1  
90 F=B*L  
100 V=A*F*SQR(2*G*H)  
110 V1=A*F1*SQR(2*G*H1)  
120 V2=V-V1  
130 T=(2*F*SQR(H1))/(A*F1*SQR(2*G))  
140 PRINT " ZNACHENIE WREMENI T="T;"SEK"  
150 PRINT "IZMENENIE OBEMA V2=";V2;" M*KUB/SEK"  
154 PRINT  
156 PRINT  
158 PRINT  
160 GOTO 70  
170 END
```

### **3 - ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ.**

**Тўкилувчан материаларни майдалаш жараёнини ўрганиш**

#### **1. ИШНИНГ МАҚСАДИ:**

- а) майдалагич иш жараёни билан танишиш
- б) донатор материаларни фракцияларга ажратиш жараёнини аниқлаш

#### **2. КЕРАКЛИ ЖИХОЗ ВА УСКУНАЛАР:**

2.1. Қўзғалувчи жағи мураккаб ҳаракат қилувчи ШД-80 X 140 туридаги жағли майдалаш машинаси.

- 2.2. Катаклари диаметри 1; 2., 5; 10; 15,20 мм бўлган элаклар комплекти.
- 2.3. Хом ашё сифатида тоғ жинси намунаси.
- 2.4. Ўлчов тарози.
- 2.5. Вақт ўлчагич.
- 2.6. Ўлчов асбоблари.

## 2. НАЗАРИЙ ҚИСМ

Жағли майдалагичнинг иш унумдорлиги қуйидаги тенглама ёрдамида топилади.[1];

$$Q=c S_y Lb n (B+b)/2D_{yp} \operatorname{tg} \alpha \quad \text{м/сек.} \quad (3.1)$$

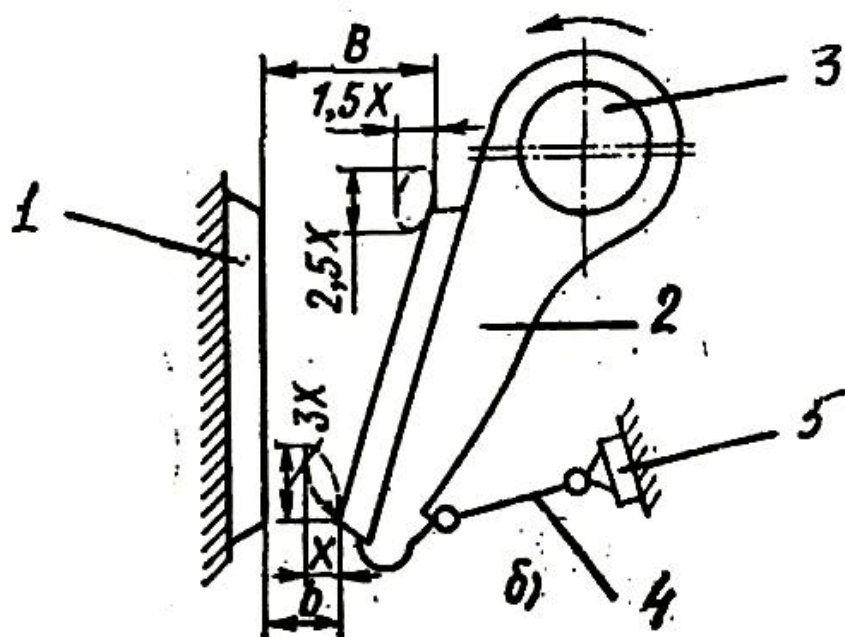
бу ерда:  $c$ - кинематик коэффициент бўлиб, қўзғалувчи мураккаб ҳаракатланувчи жағли майдалагичлар учун  $c=1$ ;  
 $S_y=S_{ю}+S_n/2$  – қўзғалувчи жағнинг ўртача /эквивалент/ йўли, мм;  
 $S_{ю}=(0,01 \div 0,03) B$  – қўзғалувчи жағни майдалаш камерасининг юқори қисмидаги йўли, м;  
 $L$  – қабул қилиш тешигининг узунлиги, м;  
 $b$  – бўшатиш тешигининг кенглиги, м;  
 $n$  – майдалагич валининг айланишлар сони, айл/сек.  
 $B$  – қабул қилиш тешигининг кенглиги, м;  
 $\alpha$  - жағлар орасидаги бурчак, град;  
 $S_n$  – қўзғалувчи жағнинг пастки нуктасидаги йўли, м.

Қабул қилиш тешигининг кенглиги 600 мм ва ундан кичик бўлган майдалагичлар учун  $D_{yp}=B$ , тешикнинг кенглиги 900 мм ва ундан катта бўлган майдалагичлар учун:

$$D_{yp}=(0,3 \div 0,4) B$$

## 4. ЛАБОРАТОРИЯ УСКУНАСИНING ТАВСИФИ

Лаборатория ускунаси 3.1–расмда тасвирланган. Қўзғалувчи жағ 2 нинг устки қисмида подшипниклар ўрнатилган бўлиб, эксцентрикли вал 3 га кийгиздирилган. Эксцентрикли валнинг айланиши натижасида қўзғалувчи жағ нафақат тебранма, балки юқорига ва пастга ҳам қўзъалиб мураккаб ҳаракат қилади. Натижада қўзғалувчи жағнинг майдалаш даражасини тушириш оралиғи 6, ўлчами белгилайди. Тушириш оралиғи 6 ни таянч плиткалари 4 ва орқа тиргак 5 ёрдамида ўзгартирилади.



**3.1-расм. Жағли майдалагыч лаборатория моделининг кинематик схемаси.**

1-қўзғалмас жағ; 2-қўзғалувчан жағ; 3-эксцентрикли вал; 4-таянч плита; 5-орқа тирга.

## **5. ЛАБОРАТОРИЯ ИШИНИ БАЖАРИШ ТАРТИБИ.**

- 5.1. Жағли майдалаш машинасининг тузилишини ўрганиш.
- 5.2. Машинанинг ишлаш принципи ва тайёр махсулот чиқиш оралиғини созлашни ўрганиш.
- 5.3. Майдалаш машинасининг кинематик схемасини чизиш.
- 5.4. Керакли ўлчов ишларини бажариб, жадвалларни тўлдириш.
- 5.5. Тажриба натижалари асосида ўзаро боькликлик графикларини чизиш.

## **6. ЛАБОРАТОРИЯ ИШИНИ БАЖАРИШ УСЛУБИ.**

- 6.1. Майдалаш учун сиқилишига чидамлилиги  $50 \div 150$  МПа гача бўлган 20-60 мм ли тоғ жинслари намунаси олинади (3 -хил). Намуна оьирлиги 1÷3 кг бўлиши мумкин.
- 6.2. Махсулот чиқиш оралиьи катталигини иш унумига таосири текширилади. Ушбу катталик хар бир намуна учун хар хил созланади. Чиқиш оралиғини хар хил қийматида материални майдалаш жараёни кузатилади.

Лаборатория моделининг техник характеристикаси

1- жадвал

№	Параметрлар номи	Белгиси	Қиймати	Эслатма
1.	Юклаш тирқиши ўлчамлари, мм Эни узунлиги	B L		Энг юқори қиймати
2.	Бўшатиш тирқиши-нинг ўзгариш оралиғи, мм	B		Шу чегарада
3.	Иш унумдорлиги, м <sup>3</sup> /с	Q		Хисоб бўйича
4.	Электромотор қувват, кВт	N		Машина паспорти бўйича
5.	Машинанинг габарит ўлчамлари, мм Эни Узунлиги Баландлиги	B <sub>1</sub> L <sub>1</sub> H <sub>1</sub>		

**7. ТАЖРИБА НАТИЖАЛАРИ.**

7.1. Махсулот чиқиш оралиғининг иш унумдорлигига боғлиқлиги

2 – жадвал

№	Намуна оьирлиги, кг	Намуна синфлари, м	Махсулот чиқиш оралиғи, b мм	Майдалаш вақти, с	Иш унумдорлиги, Q кг/с	Иш унумдорлиги, Q кг/с	Эслатма
1							
2							
3							

7.2. Махсулот донадорлигининг чиқиш оралиғи катталигига боғлиқлиги.

3 – жадвал

№	Намуна оьирлиги, кг	Синфлар, мм	Синфлар улуши, ∞%	Махсулот чиқиш оралиғи, b мм	Синфлар, мм	Синфлар улуши, ∞%	Эслатма
1							
2							
3							

**8. Хисобот таркиби.**

Лаборатория иши бўйича хисобот қуйидагиларни ўз ичига олади:

8.1. Машинанинг кинематик схемаси чизиш.

8.2. Техник характеристикаси ва керакли ўлчов натижалари 1 – чи жадвалга киритиш.

8.3. Тажриба натижалари асосида 2 ва 3 чи жадвалларни тўлдириш.



- 8.4. Жадвалларга мувофиқ тарзда боъланиш графикларини чизиш.
- 8.5. Олинган натижалар бўйича хулоса ёзиш.
- 8.6. Фойдаланилган адабиётлар рўйхатини келтириш.

### **АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ.**

1. Бауман В.А., Клушанцев Б.В., Мартынов В.А. Механическое оборудование предприятий строительных материалов и конструкций. М., машиностроение, 1981, с.324.
2. Сапожников М.Я. Механическое оборудование предприятий строительных материалов и конструкций. М., Высшая школа, 1971, с. 382.
3. Фиделев А.С., Чубук Ю.Ф. Строительные Киев, Виша школа, 1979, с.333.
4. Строительные машины . Справочник, 1 том, ред. Проф. Бауман В.А. М., машиностроение, 1976,с. 495.
5. Справочник по оборудованию заводов строительных материалов. Сапожников М.Я., Дрождов Н.Е. М., Стройиздат, 1969, с. 488.

## **4 - ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ ТИТРОВЧИ ТЕГИРМОН ХАРАКТЕРИСТИКАСИНИ АНИКЛАШ**

### **1. Ишнинг мақсади**

- 1.1. Тузилиши ва иш жараёнини таҳлил қилиш
- 1.2. Титровчи тегирмоннинг асосий технологик параметрларни аниқлаш
- 1.3. Тегирмоннинг лаборатория моделида тажрибалар ўтказиш. Олинган натижаларни анализ қилиш.

### **2. КЕРАКЛИ ЖИХОЗ ВА УСКУНАЛАР:**

- 2.1. Вибрацион тегирмоннинг лаборатория модели.
- 2.2. Ўлчов асбоблари.

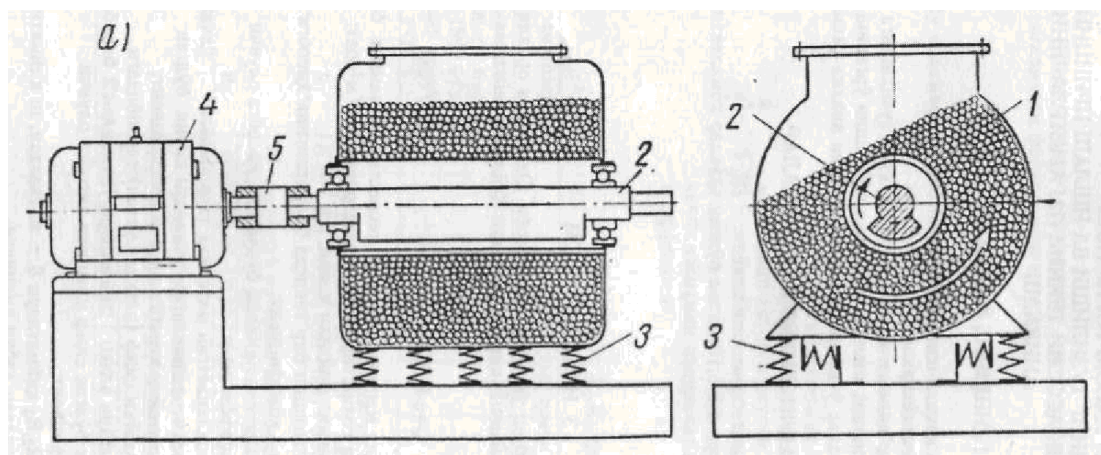
### **3. НАЗАРИЙ ҚИСМ.**

Баъзи бир жараёнларида материалларни майин туйиш муҳим аҳамиятга эга.

Масалан, цементни 60-70% ўта майин туйилганда унинг маркази 2 марта ортиб, қотиш вақти қисқаради. Бу ўз навбатида ишлаб чиқарилаётган маҳсулотнинг сифатини яхшилаб, цемент сарфини камайтиради.

Материалларни ўта майин туйишда юқори частотали вибрацион тегирмонлардан фойдаланилади.

Вибрацион тегирмон (4.1-расм) иккита барабан 1 дан иборат бўлиб корпусга ўрнатилган ва белбоғ 6 билан махкамлаб қўйилган. Бу барабанлар электр моторидан хосил бўлаётган айланма ҳаракат натижасида ва валга ўрнатилган дебаланс 2 таъсирида титрайди ва материални туяди.



4.1-расм. Лаборатория моделининг схемаси.

## 1. ВИБРАЦИОН ТЕГИРМОН ХИСОБИ.

Тегримоннинг тебранишлар амплитудаси қуйидаги тенглама орқали аниқланади

$$A = m_g \omega^2 R / [m(\omega_0^2 - \omega^2)] \quad (4.1)$$

бу ерда:  $m_g$  – дебаланс массаси, кг;

$\omega$  - тегирмон валининг бурчакли тезлиги, рад/сек;

$R$  - дебаланс массаси радиуси маркази, м;

$m$  – тебранаётган система массаси, кг;

$\omega_0$  – системанинг тебранишлар частотаси, рад/сек.

$$\omega_0 = \sqrt{c/m}$$

$c$  – таянч қурилмаси қаттиқлиги.

Таянч қурилмасининг қаттиқлиги қуйидагича қабул қилинади.

$$\omega_0 / \omega = 1/4 \div 1/5 \quad \text{бундан} \quad \omega_0 = \omega(0,25 \div 0,2) \quad (4.2)$$

Вибратор дебалансининг моменти қуйидаги формула орқали топилади.

$$M_B = m_g R = M \cdot A \quad (4.3)$$

Тебранаётган системанинг умумий массаси қуйидаги формула орқали топилади.

$$M = m_k + m_B + R_n (m_{ш} + M_M) \quad (4.4)$$

бу ерда  $m_k$  ва  $m_B$  – корпус ва вибратор массаси.

$R_n = 0,2 \div 0,3$  тебраниш коэффициентлари.

$M_{ш}$  ва  $M_M$  – туювчи шар ва материал массаси.

## 5. ИШНИ БАЖАРИШ ТАРТИБИ.

- 5.1. Тегирмоннинг конструкцияси ва ишлаш принципи билан танишиш.
- 5.2. Тегирмоннинг кинематик схемасини ва ишлаш принципини ёритиш.
- 5.3. Тегирмоннинг ишчи элементларини кинематик ва конструктив апарметрларини ўлчаш ва техник тавсини ёзиш.
- 5.4. Ўлчов натижаларини 1 жадвалга ёзиш.

4.1 - жадвал

Лаборатория моделининг техник характеристикаси.

№	Паремтр номи	Белгиланиш	Ўлчов бирлиги	Қиймати	Изоҳ
1	Барабан кор-пуси хажми	V	М <sup>3</sup>		
2	Электромотор валининг айланишлар сони	N	Айл/мин		
3	Тебранишлар частотаси	n <sub>i</sub>	1/сек		
4	Тебранишлар амплитудаси	A	Мм		
5	Дебаланс массаси	M	Кг		
6	Эл. мотор қуввати	N	КВт		
7	Иш унумдорли-ги	Q	м <sup>3</sup> /соат		

## 6. ХИСОБ ЁЗИШ ХАҚИДА МАЪЛУМОТ.

Лаборатория иши бўйича хисобот қуйидагиларни ўз ичига олади.

- 6.1. Машинанинг кинематик схемасини чизиш.
- 6.2. машинанинг техник характеристикасини ва ўлчов натижаларини 6 – жадвалга ёзи.
- 6.3. олинган натижаларни (назарий ва тажрибавий) таққослаш ва хулоса ёзиш.
- 6.4. Фойдаланилган адабиётлар рўйхати.

## 5 - ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

### САРАЛАШ МАШИНАСИ ХАРАКТЕРИСТИКАСINI АНИҚЛАШ.

#### ИШНИНГ МАҚСАДИ:

- 1.1..Тузилиши ва иш жараёнини ўрганиш
- 1.2.Грохот (ғалвир) нинг асосий технологик параметрларини ўрганиш
- 1.3.Машинада тажрибалар ўтказиш ва натижаларини анализ қилиш.

#### 1. КЕРАКЛИ ЖИХОЗ ВА УСКУНАЛАР:

- 1.1. Ғалвир машинанинг лаборатория модели.
- 1.2. Тешиклари диаметри 1;2,5;10;15 мм бўлган элаклар комплекти.

- 1.3. Хом-ашё сифатида тоғ жинси намунаси.
- 1.4. Ўлчов тарози.
- 1.5. Вақт ўлчагич.
- 1.6. Ўлчов асбоблари.

### 3. НАЗАРИЙ ҚИСМ.

3.1. Ғалвир машинанинг иш унумдорлиги ҳисоби. Охириги ва оралик сарфлашда ғалвир машинанинг иш унумдорлиги қуйидаги тенглама орқали аниқланади.

$$Q=q \cdot F \cdot R_1 \cdot R_2 \cdot R_3 \cdot m \quad \text{м/соат} \quad (5.1)$$

Бу ерда:  $q$  - ғалвир машинанинг элак тешиклари ўлчамига боғлиқ ҳолдаги солиштирма иш унумдорлиги, м/соат  
 $F$  - элакнинг фойдали юзаси м.  
 $m$  - юкланишни бир текисда бўлмаслигини ҳисобга олувчи коэффициент.  
 $R_1$  - элакнинг қиялик бурчагини ҳисобга олувчи коэффициент.  
 $R_2$  - юкланаётган материал таркибидаги ўлчамлари элак тешиклари ўлчамидан кичик бўлган синф улушини ҳисобга олувчи коэффициент.  
 $R_3$  - пастки синф (элакдан ўтган) таркибидаги ўлчамлари элак тешиклари ўлчамидан 2 баробар кичик бўлган синф улушини ҳисобга олувчи коэффициент.  
 $q, R_1, R_2, R_3$  қийматлари 7 – жадвалдан,  $m$  қиймати эса 8 – жадвалдан қабул қилинади.

5.1-жадвал

Параметрлар	Элак тешиклари ўлчами, мм									
	5	7	10	14	16	18	20	25	35	
Горизонтал ва қиялик бурча-ги 18 <sup>0</sup> бўлган ғалвир машина-лар учун $q$	12	16	23	32	37	40	43	46	56	
$R_1$	Элакнинг қиялик бурчаги, град									
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	0,45	0,5	0,56	0,61	0,67	0,73	0,8	0,86	0,9 2	1,08

R <sub>2</sub>	Юкланаётган материал таркибидаги пастки синф улуши, град								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
	0,58	0,66	0,76	0,84	0,92	1,00	1,08	1,17	1,25
R <sub>3</sub>	Пастки синф таркибидаги ўлчамлари элак тешиклари ўлчамидан 2 баробар кичик бўлган синф улуши,%								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
	0,63	0,72	0,82	0,91	1,00	1,09	1,18	1,28	1,37

5.2 – жадвал

m коэффициентининг қиймати

Главир машина	Шағал Учун	Шебен Учун
Горизонтал	0,8	0,65
Бурчак остида	0,6	0,5

3.2. Главир машинада қиялик бурчаги  $\alpha$  билан самарадорлик орасидаги боғланишни аниқлаш.

Текис юзали элаklarнинг самарадорлигини аниқлашда қуйидаги тенгламадан фойдаланиш мумкин.

$$E = e \cdot R_1' \cdot K_2 \cdot R_3', \quad \% \quad (5.2)$$

Бу ерда  $e$  – элакнинг эталон самарадорлик катталиги, % ҳисобида бўлиб, эланаётган материал турига боғлиқ ҳолда 1 – жадвалдан қабул қилинади;

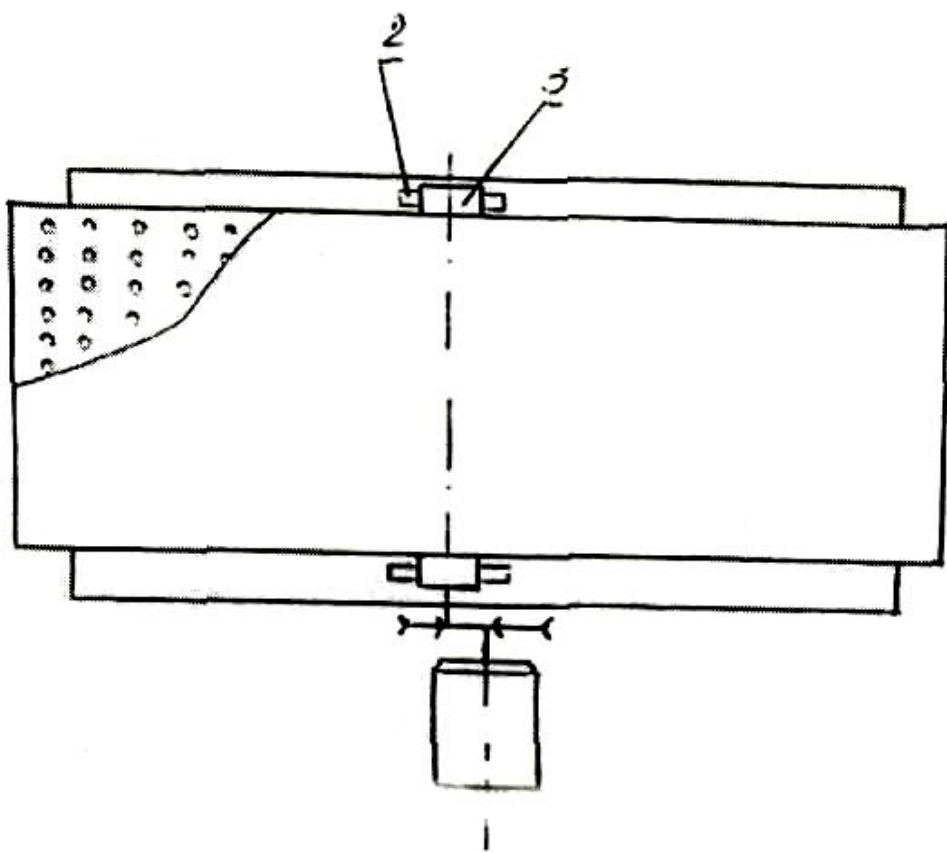
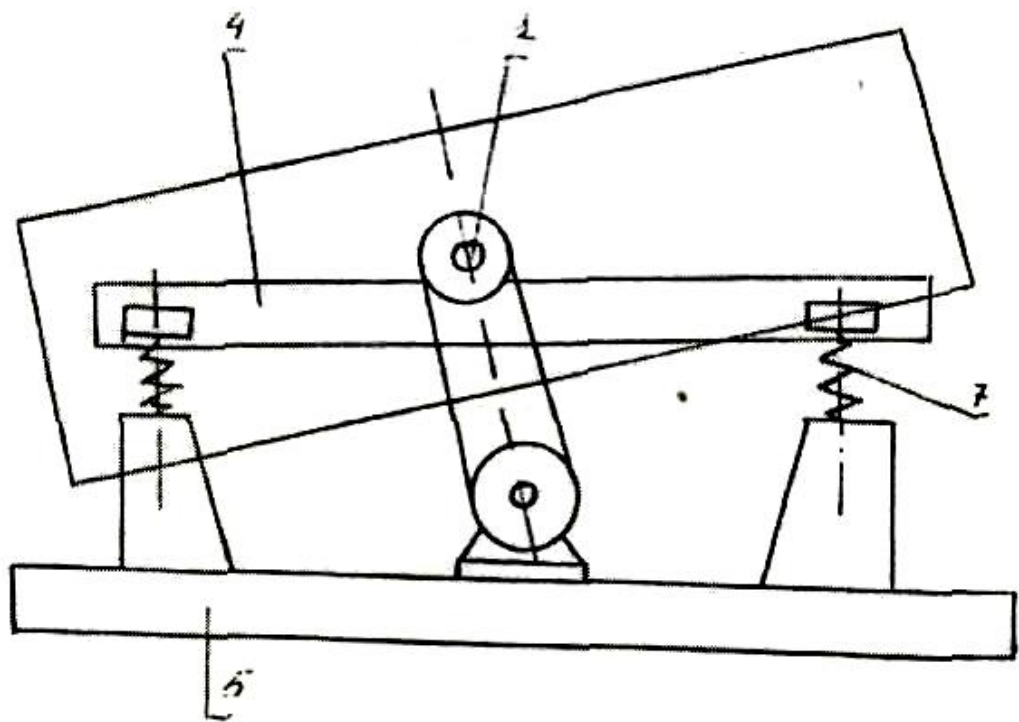
$R_1$  – элакнинг қиялик бурчагини ҳисобга олувчи коэффициент;

$R_2$  – юкланаётган материал таркибидаги ўлчамлари элак тешиклари ўлчамидан кичик бўлган материал миқдорини ҳисобга олувчи коэффициент;

$R_3$  – пастки синф (элакдан ўтган) таркибидаги ўлчамлари элак тешиклари ўлчамидан 2 баробар кичик бўлган материал миқдорини ҳисобга олувчи коэффициент.

$E, R_1, R_2, R_3$  – параметрлар қиймати.

Ғалвир машина Тури	Горизонтал тўғри чизиқли тебраниш				Қия айланма Траекторияли тебраниш			
Материал тури	Чақиқ тош		Шағал		Чақиқ тош		Шағал	
1,%	89		91		86		87	
Қиялик бурчаги, град	0	9	12	15	1 8	21	24	24
R <sub>1</sub> ...	1	1,0 7	1,0 5	1,03	1	0,9 6	0,8 8	0,88
Юкланаётган материал таркибидаги пастки синф улуши, %		20	30	40	5 0	60	70	80
R <sub>2</sub> .....		0,8 6	0,9	0,95	0, 9 7	1,0	1,0 2	1,03
R <sub>3</sub> .....		0,9	0,9 5	0,98	1, 0	1,0 1	1,0 3	1,04



7- расм. Галвир машинанинг кинематик схемаси

Лаборатория моделининг техник тавсифи.

5.4 – жадвал.

№	Параметрлар номи	Белгиси	Ўлчов бирлиги	Қиймати	Эслатма
1	Элаклар сони	Z	Дона		
2	Юкланиши мумкин бўлган материал бўлаклари ўлчами	Дэ. к.	Мм	Энг катта	
3	Элак ўлчамлари Эни узунлиги	B L	Мм Мм		
4	Элакнинг фойдали майдони	F	М <sup>2</sup>		Элаш майдони
5	Иш унумдорлиги	Q	М <sup>2</sup> /соат		Ҳисобот бўйича
6	Самарадорлиги	E	%		//
7	Электромотор қуввати	N	КВТ		Паспорт бўйича
8	Гарбит ўлчамлари Узунлиги эни баландлиги				

## 2. ЛАБОРАТОРИЯ ИШИНИ БАЖАРИШ УСУЛИ.

- 5.1. Тоғ жинсли сифатида майдаланган тош бўлаклари олинади. Материал синфлари 1 – 40 мм ни ташкил этади. Материал элаклар ёрдамида 3 – хил майда синфга (1-5,5-22, 22-40мм) ажратилади.
- 5.2. Хар бир синф улуши (умумий синфга нисбатан) олдиндан аниқланади.
- 5.3. Хар хил синфга эга бўлган материалдан 3- та намуна олинади.
- 5.4. Машина юргизилади. Материал намунаси машинага юкланади. Ажратилган материаллрани тарози ёрдамида синфлар бўйича улуши аниқланади. Аниқланган синфлар улуши катталиги тажрибадан олдинги катталик билан таққосланади.

Тажриба натижалари

5.5 - жадвал.

№	Элак тешиклари ўлчами	Синфлар материали оғирлиги	Синфлар, мм	Махсулот таркибидаг и шу синф улуши	Эслатма
	5				
	22				



## 6 - ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

### МАРКАЗДАН ҚОЧМА НАСОС ХАРАКТЕРИСТИКАСИНИ АНИҚЛАШ

*Ишдан мақсад:* а) насоснинг ишлаш принципи билан танишиш .  
б) насоснинг тўлиқ напорини аниқлаш насос қурилмаси билан тажриба орқали танишиш, тажриба натижалари бўйича напор баландлиги, қувват, ФИК ва насос унумдорлиги боғлиқлигини аниқлаш

#### *Ишнинг назарий асослари*

Суюқликларни горизонтал ва вертикал трубалар орқали узатиш учун мўлжалланган гидравлик машиналар **насослар** дейилади. Трубаларнинг бошланғич ва охириги нукталаридаги босимлар фарқи, трубалардан суюқликнинг оқиши учун **ҳаракатлантирувчи куч** ҳисобланади. Суюқлик оқимининг трубалардаги ҳаракатлантирувчи кучи насослар ёрдамида ҳосил қилинади. Насос электр двигателдан олган механик энергия суюқликнинг ҳаракатланаётган оқим энергиясига айлантиради ва босимини оширади.

Марказдан қочма насослар спиралсимон қобик ичида жойлашган парракли иш ылдирагининг айланиши натижасида ҳосил бўлган марказдан қочма куч таъсирида суюқлик тўхтовсиз бир меоёрда сурилади ва узатилади. Суюқлик атмосфера босими таъсирида йиьгич резервуардан кириш клапани орқали сўриш трубасидан насосга кириб, ишчи ылдирагининг марказий қисмини тўлдиради. Суюқлик ылдирак билан бирга айланиб, марказдан қочма куч таъсирида парраклар ёрдамида ылдиракнинг марказидан чеккасига отилиб, спиралсимон кўзълмас камерани тўлдиради ва ьайдаш трубаси орқали юқорига кўтарилади.

Насослар ишлаш принципига қараб қуйидаги турларга бўлинади: парракли ёки марказдан қочма, ҳажмий, уярмавий ва ўкли бўлади. Ҳар қандай насоснинг асосий параметрлари, унинг **иш унумдорлиги  $Q$  ( $m^3/c$ )**, **напор  $H$  ( $m$ )** ва **қуввати  $N$  ( $kW$ )** ҳисобланади. Насоснинг масса бирлигига эга бўлган суюқликка берган солиштирма энергияси **напор  $H$**  деб юритилади. Насоснинг напори оқимнинг унга кириш ва чиқишдаги солиштирма энергиялари айирмасига тенг. Насоснинг умумий напори 1 кг суюқликни баландликка кўтариш учун насос ҳосил қиладиган энергия миқдори билан ўлчанади. Шунинг учун насоснинг умумий напори узатилаётган суюқликнинг зичлигига ва солиштирма оғирлигига боғлиқ бўлмайди.

Насоснинг ҳосил қилган умумий напори қуйидаги тенглама билан аниқланади:

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} + H_r + h_{\text{и}} \quad (6.1)$$

$$H = \frac{P_x - P_c}{\rho \cdot g} + H_0 + \frac{w_x^2 - w_c^2}{2} \quad (6.2)$$

агар,  $w_x = w_c H_0$  кичик бўлса, у ҳолда

$$H = \frac{P_x - P_c}{\rho \cdot g} \quad \text{ёки} \quad H = \frac{P_{\text{мон}} - P_{\text{вак}}}{\rho \cdot g} + h \quad (6.3)$$

бу ерда  $P$  ва  $P_I$  - узатилаётган ва сўриб олинаётган суюқлик юзасидаги босимлар,  $\text{Н/м}^2$ ;  $H_r$  – суюқликнинг геометрик кўтарилиш баландлиги, м;  $H_{\text{и}}$  - сўриш ва ʻайдаш трубаларидаги гидравлик қаршиликларни енгиш учун сарфланган напор миқдори, м;  $P_c$  – суюқликнинг сўриш трубасидаги насосга киришидаги босими,  $\text{Н/м}^2$ ;  $P_x$  - суюқликнинг узатиш ёки ʻайдаш трубасидаги насосдан чиқишдаги босим,  $\text{Н/м}^2$ ;  $h$  – суюқлик босимини кўрсатувчи манометр ва вакуумметрга уланган нуқталар орасидаги вертикал масофа, м;  $w_x$  - ʻайдаш трубасидаги суюқликнинг тезлиги, м/с;  $w_c$  - сўриш трубасидаги суюқликнинг тезлиги.

Насоснинг умумий напори манометр ва вакуумметрлар кўрсаткичларининг йиғиндиси билан бу асбоблар уланган нуқталар уланган вертикал масофанинг ( $h$ ) йиғиндисига тенг.

Насоснинг фойдали қуввати  $N_{\phi}$  суюқлик сарфи миқдори  $\rho \cdot g \cdot QH$  нинг солиштирма энергияга кўпайтирилганига тенг:

$$N_{\phi} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \quad (6.4)$$

насос ўқидаги қувват

$$N_y = \frac{N_{\phi}}{\eta_n} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{\eta_n} \quad (6.5)$$

Двигатель истеъмол қиладиган қувват:

$$N_{\text{дв}} = \frac{Q \cdot \rho \cdot g \cdot H}{1000 \cdot \eta_n} \quad (6.6)$$

Насос қурилмаларини ўрнатиш учун зарур бўлган қувват, двигателр қувватидан катта бўлади ва ортиқча миқдорда қабул қилинади:

$$N_y = \beta \cdot N_{\text{дв}} \quad (6.7)$$

бу ерда  $\beta$  - қувватнинг захира коэффиценти бўлиб, қиймати двигателнинг номинал қувватига нисбатан топилади;  $\eta_n$  - насоснинг тўла фойдали иш коэффиценти.

$$\eta_n = \eta_v \cdot \eta_r \cdot \eta_{\text{мех}} \quad (6.8)$$

бу ерда  $\eta_v = Q_x / Q$  - ҳажмий фойдали иш коэффиценти, насоснинг ҳақиқий унумдорлигини, назарий унумдорликка нисбатини кўрсатади;  $\eta_r$  - гидравлик фойдали иш коэффиценти, ҳақиқий напорни назарий напорга нисбатини кўрсатади;  $\eta_{\text{мех}}$  - механик ф.и.к., насос механизмларидаги ишқаланишни енгишга сарфланадиган қувватнинг йўқотилишини кўрсатади.

Насоснинг сўриш баландлиги сўриб олинаётган идишдаги босимнинг ортиши билан кучайиб, узатилаётган идишдаги босимнинг, ҳайдаш трубасидаги суюқликнинг тезлиги, ҳамда гидравлик қаршиликларни енгиш

учун кетган напор миқдорларини оқиши билан камаяди.

Марказдан қочма турдаги насосларда сўриш баландлигини ҳисоблашда гидравлик ва маъаллий қаршилиқларни енгилш учун кетган сарфлардан ташқари, кавитация ходисаси таъсирини ҳам инобатга олиниши лозим.

Насос ылдирагининг тез айланишида ва иссиқ суюқликлар марказдан қочма насослар ёрдамида узатилганда **кавитация ходисаси** юз беради. Бу вақтда насосдаги суюқлик тез буъланади. Ҳосил бўлган суюқлик билан юқори босимли зонага ўтиб, тезда конденсацияланади. Натижада насос қобиъида катта бўшлиқ ҳосил бўлади, насос қаттиқ силкинади ва тақиллаб ишлайди. Агар насос кавитация режимида кўпроқ ишласа, у тезда бузилади.

Насос ишга туширилишидан аввал сўриш трубази, ишчи ылдираги ва қобиқ узатилаётган суюқлик билан тўлдирилади. Агар, ишчи ылдираги билан қобиқ орасидаги бўшлиқ бўлса, ишчи ылдирагининг айланиши натижасида етарли вакуум ҳосил бўлмайди, яъни суюқлик сўриш трубази бўйлаб юқорига кўтарилмайди.

Насоснинг иш унумдорлиги, напори, истеомол қуввати ва ишчи ылдиракнинг айланиш частотасининг ўзгаришига боғлиқ бўлади, яони айланиш частотаси  $n_1$  дан  $n_2$  га ўзгарганда:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}; \quad \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2; \quad \frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3; \quad (6.9)$$

Ишчи ылдиракнинг айланиш частотаси  $n$  ўзгармас бўлганда, насос иш унумдорлиги  $Q$ , напори  $H$ , қуввати  $N$  ва фойдали иш коэффиценти  $\eta_n$  билан ўзаро график усулдаги боғлиқлиги **насосларнинг ҳарактеристикаси** деб юритилади (4.2 – расм).

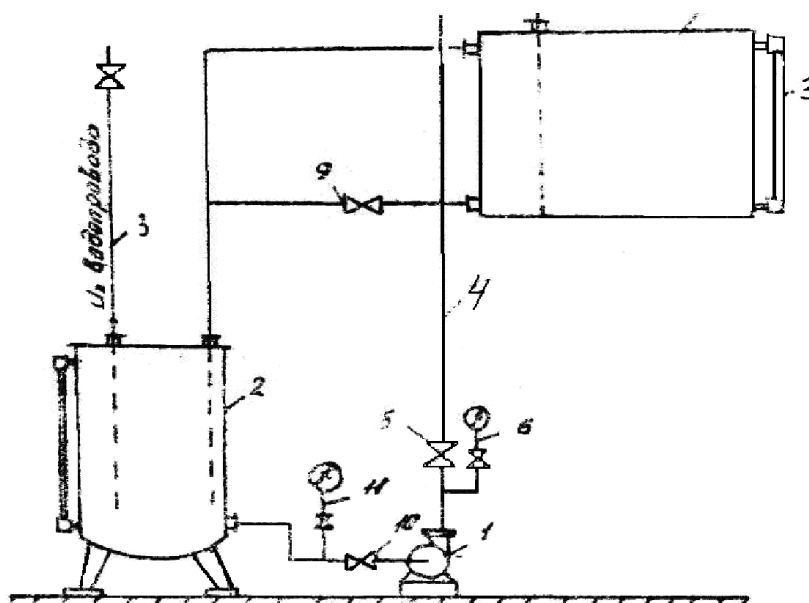
Ушбу ишни ўтказишдан мақсад, насос қурилмасини синаб насоснинг асосий параметрларини аниқлашдир. Аниқланган параметрлар асосида насос иш ылдирагининг айланишлар частотаси ўзгармас  $n = const$  ҳолда  $Q - H$ ,  $Q - N$ ,  $Q - \eta$  орасидаги боъланишларни графикда тасвирлаб, насоснинг ҳарактеристикаси қурилади.

## ҚУРИЛМА БАЁНИ

Марказдан қочма насос 1 сувни сарф баки 2 дан олади. Идиш 2 ни сув билан тўлдириш тармоъидан труба 3 орқали амалга оширилади. Ёайдаш трубази 4 да вентил 5 ва манометр 6 ўрнатилган. Сув ёайдаш трубазида напор бак 7 га келади, у сув ўлчовчи ойна 8 билан маъкамланган. Шу бакда тўкилган штуцер ива юқори қуйилиш штуцери бор. Вентил 9 очилиши билан сув ўлчов бакидан тезда иккинчи бакка қуйилади. Бу ердан Яна насос 1 орқали сўриб олиш мумкин. Шундай берк системада қурилмани сув билан тўхтовсиз таоминлаш гарантияланади.

## ИШНИ БАЖАРИШ ТАРТИБИ

Насосни синаш электродвигателРни доимий айланишида ўтказилади. Вентил 10 тўлиқ очик ҳолатида вентил 5 ни секи наста очиб сув сарфи ўзгартирилади. Биринчи кузатиш вентил 5 ни тўла берк ҳолатида кейингиси вентил 5 ни секи наста очиб орқали ўлчашлар олиб борилади. Насосни ўайдаш ва босимни ўайдаш трубаси 4 да сув ўлчовчи ойна 8 ва секундомер орқали ўлчанган вақтидаги сув миқдори ҳисоб жадвалига ёзилади. Бакни таъминан 3 дан 4 қисми тўлиши билан насос ўчирилади. Сўнгра вентил 9 ёрдамида сув бак 2 га тўкилади. Вентил 5 орқали янги сув ўрнатилади.



6.1- расм . Марказдан қочма насосни синаш учун қурилма

1-марказдан қочма насос; 2-сарф баки; 3-труба, 4-ўайдаш трубаси; 5-вентил; 6-манометр; 7-напор баки; 8-сув ўлчаг ойнаси; 9-вентил; 10-вентил; 11-манометр.

## ТАЖРИБА НАТИЖАЛАРИНИ ҚАЙТА ИШЛАШ ВА ЎХСОБОТ ТУЗИШ

1. Насоснинг тўлиқ напори  $H$  қуйидаги формула билан аниқланади:

$$H = \frac{P_{м.х} + P_{м.с} + h + (w_x^2 - w_c^2)}{2g} \quad (6.10)$$

бу ерда  $P_{м.х}$  – ўайдаш линиясидаги манометр кўрсатиши, Па;  $P_{м.с}$  – сўришдаги манометр кўрсатиши, Па;  $h$  – манометрлар орасидаги вертикал масофа, м;  $w_x$  – хайдаш трубасидаги сув тезлиги, м/с;  $w_c$  – сўриш трубасидаги сув тезлиги, м/с;  $g$  – тортишиш кучи тезланиши, м/с<sup>2</sup>;

Сўриш ва ўайдаш трубалари диаметри бир ёил бўлганда (1) формула қуйидаги кўринишга келади:

$$H = P_{m.x} + P_{m.c} + h \quad (6.11)$$

2. Насос унумдорлиги:

$$Q = \frac{V}{\tau}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (6.12)$$

бу ерда  $V$  – сув ўлчовчи ойнада ўлчанган сув ҳажми,  $\text{м}^3$ ;  $\tau$  - насоснинг иш давомийлиги, с.

3. Насос қурилмаси истеомол қилаётган қувват:

4.

$$N = \frac{(U \cdot I)}{1000}, \text{ кВт.} \quad (6.13)$$

бу ерда  $U$  – кучланиш, В;  $I$  – ток кучи, А.

Бизнинг мисолда ўзгарувчан кучланиш билан ишлаётган қурилма қуввати электродвигателрга ишлатилаётган қувватга тенг.

5. Насоснинг ўайдаш коэффициенти.

6.

$$\eta = \frac{(Q \cdot \rho \cdot g \cdot H)}{1000 \cdot N}, \quad (6.14)$$

бу ерда  $\rho$  - суюқлик зичиги,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Кузатиш натижалари, тажриба ва ҳисобот натижалари қуйидаги жадвалга ёзилади.

6.1 –жадвал

№	Айланиш частотаси айл/мин	Вақт бирлиги с.	Сув ҳажми $\text{м}^3$	Насосни узатиш $\text{м}^3/\text{с}$	Ўайдаш даги босим, мм.сув. уст.	Сўриш даги босим мм.сув. уст.	Тўлиқ напор мм.сув. уст.	Қувват, кВт	ФИК %

Бажарилган иш график қуриш ва А ва В ишчи нуқталар параметрини аниқлаш билан тугалланади.

### Назорат саволлари

1. Насослар ва уларнинг турлари.

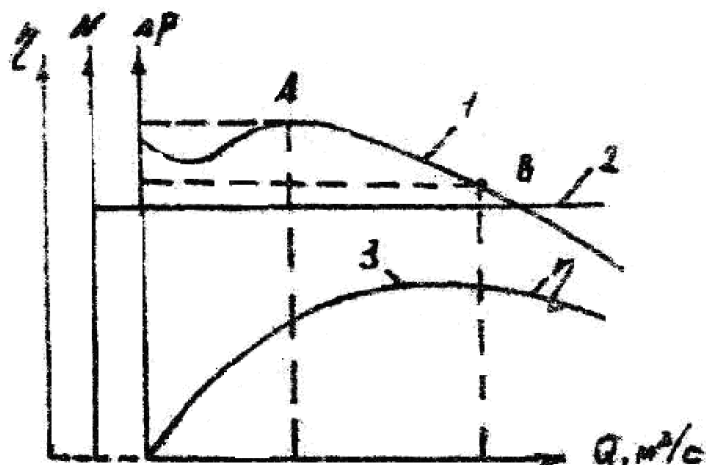
2. Насоснинг асосий параметрлари: иш унумдорлик, истеомол қиладиган қувват, фойдали иш коэффициенти ва сўриш баландлиги.

3. Кавитация ходисаси.

4. Марказдан қочма насоснинг тузилиши ва ишлаш принципи.

5. Пропорционаллик қонуни.

6. Марказдан қочма насосларнинг ҳарактеристикалари.



6.2 - расм. Марказдан қочма насос характеристикаси

1-гўлиқ напор, мм.суб.уст; 2 - насос қуввати, кВт; 3 - насоснинг ФИК.

6 – лаборатория иши натижаларини ЭХМ да ҳисоблаш дастури

```

5 PRINT "6 - иш"
10 PRINT "Характеристика центробежного насоса"
11 PRINT
12 PRINT
N=2800: H = .18: 6 * 9,8*R = 998
V = 380 : I * 6
PRINT "WWEDITE POKAZANIYA MANOMETRA"
50 INPUT P1
PRINT "WWEDITE POKAZANIYA WAKYUMMETRA"
70 INPUT P2
H1 = P1 + P2 + W
90 PRINT "WWEDITE ZNACHENIE OBEMA I WREMENI"
100 INPUT V, T
Q = V/1000*T
N1 = U*I/1000
N2 = Q*W1*G*R/1000*N1
PRINT "WELICHINA PROIZVODITELNOSTI NASOSA Q="
Q; "M*KUB/CEK"
150 PRINT "WELICHINA MOSHNOSTI ELEKTRODWIGATELYA N
1="; N1;"KWT"
160 PRINT "WELICHINA NAPORA H1=";H1;"M"
170 PRINT "WELICHINA K.P.D. N2=";N2;"%"
180 PRINT
185 PRINT
187 PRINT
190 GOTO 40
200 END

```

## 7 - ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

### ***РОТОРЛИ АРАЛАШТИРГИЧ ТУЗИЛИШИ ВА ИШ ЖАРАЁНИНИ УРГАНИШ***

#### **1. Ишнинг мақсади**

- а) аралаштириш жараёни билан танишиш
- б) аралаштиргич асосий технологик параметрларини аниқлаш

#### **2. Керакли жихоз ва ускуналар**

1.1. Аралаштиргичнинг лаборатория модели.

1.2. Ўлчов асбоблари.

#### **3. Назарий қисм**

Донадор аралашмалар уларнинг ташкил этувчиларини аралаштириш машиналарида, аралаштиргичларда механик йул билан аралаштириб тайёрланади. Аралашманинг сифати, такил этувчиларнинг кўшилиш даражаси ва уларнинг ўзаро бир хилда тақсимланиш аниқлиги билан белгиланади. Мажбурий аралаштирадиган бетон аралаштиргичдан тўлдирувчиларининг 80 мм. гача бўлган кам кўзьалувчан ва бикр бетон аралашмаларни тайёрлашда ишлатилади. Уларнинг иш унумдорлиги гравитацион аралаштиргичларга нисбатан катта. ГОСТ 16349-70 асосан саккизта тур. Ўлчамда ишлаб чиқарилиб, хажми 65,165,330,500,800,1000,2000 ва 3000 л/дм<sup>3</sup>/тайёр бетон аралашмаси тенг бўлади. Аралаштиргичларнинг асосий кўрсаткичларидан бири куракларнинг айланиш такрорийлиги хисобланади. Бу кўрсаткич тайёрланадиган бетон аралашмаси сифати ва иш унумига катта таосир кўрсатади, аммо белгиланганидан кўп бўлса зарарлидир, чунки марказдан қочма куч таосиридан материал барабаннинг ички юзаларига ёпишиш оқибатсда аралаштириш сифати ва иш унуми пасаяди.

#### **4. Аралаштиргичнинг иш унумдорлиги ва қуввати хисоби.**

Даврий аралаштирувчи машиналарнинг иш унумдорлиги қуйидаги тенглама орқали топилади

$$P_m = V \cdot n / 1000 \quad (7.1)$$

Бу ерда:  $V$  - бир аралаштириш жараёнида тайёр аралашманинг хажми, литр:

$$V = V_0 \cdot K \quad (7.2)$$

$K$  - махсулотни тайёр холда чиқиш коэффициентини

/бетон аралашмалар учун  
 $K=0,65 \div 0,70$ ; қоришмалар учун  
 $K=0,75 \div 0,85$ ./

$n$  - аралаштиргичнинг бир соатдаги маҳсулот тайёрлаш сони:

$$n=3600/(t_1+t_2+t_3+t_4) \quad (7.3)$$

Бу ерда:  $t_1, t_2$ - юлаш ва бўшатиш учун кетган вақт  
 /механизациялашган бўлса –  $2 \div 2,5$   
 сек, қўл кучи билан -  $30 \div 45$  сек/.

$t_3, t_4$ - аралаштириш ва барабани аввалги холига келтириш ёки  
 затворин беркитиш учун кетган вақт, сек.

Узулуксиз ҳаракатга эга бўлган мажбурий аралаштирадиган машиналарнинг  
 техник иш умдори қуйидагига тенг:

$$P_T = 3600 \cdot S \cdot v; \quad \text{м}^3/\text{соат} \quad (7.4)$$

Бу ерда:  $S$ - аралаштиргич барабандаги аралашманинг кўндаланг кесими  
 ўртача юзаси,  $\text{м}^2$ .

$$S=K_T \cdot \pi d/4$$

Бу ерда:  $d$  - аралаштиргич куракларининг диаметри,  $\text{м}$ ;  
 $K_T$  – аралаштиргич барабани кесимини тўлдириш коэффиценти  
 $/K_T = 0,28 \div 0,34$ ;

$v$  - аралашманинг аралаштиргич барабани бўйлама ўқи  
 йўналиши бўйича ҳаракатланиш тезлиги,  $\text{м}/\text{сек}$ .

$$v=S \cdot n$$

Бу ерда:  $S$  – кураклар қадами,  $\text{м}$ ;  
 $n$ - куракли валнинг айланишлар частотаси,  $\text{с}$ .

Аралаштиргичнинг қуввати қуйидаги формула орқали топилади:

$$N=R \cdot \omega / 2000 \eta [d(r_{1H}-r_{1B}) + b(r_{2H}-r_{2B}) \dots + b(r_{nH}-r_{nB})] \quad (7.5)$$

$r_{2H}-r_{2B}, \dots r_{nH}$  – куракларнинг ташқи қисми радиуси,  $\text{м}$ ;

$r_{2H}-r_{2B}, \dots r_{nB}$  – куракларнинг ички қисми радиуси,  $\text{м}$ ;

$\omega$  - валнинг бурчакли тезлиги,  $\text{рад}/\text{сек}$ ;

$\eta$ - юритманинг фойдали иш коэффиценти;

$R$  – куракларнинг ҳаракатланишига қаршилик коэффиценти.

## **5.Лаборатория моделининг тузилиши ва ишлаш принципи тавсифи**

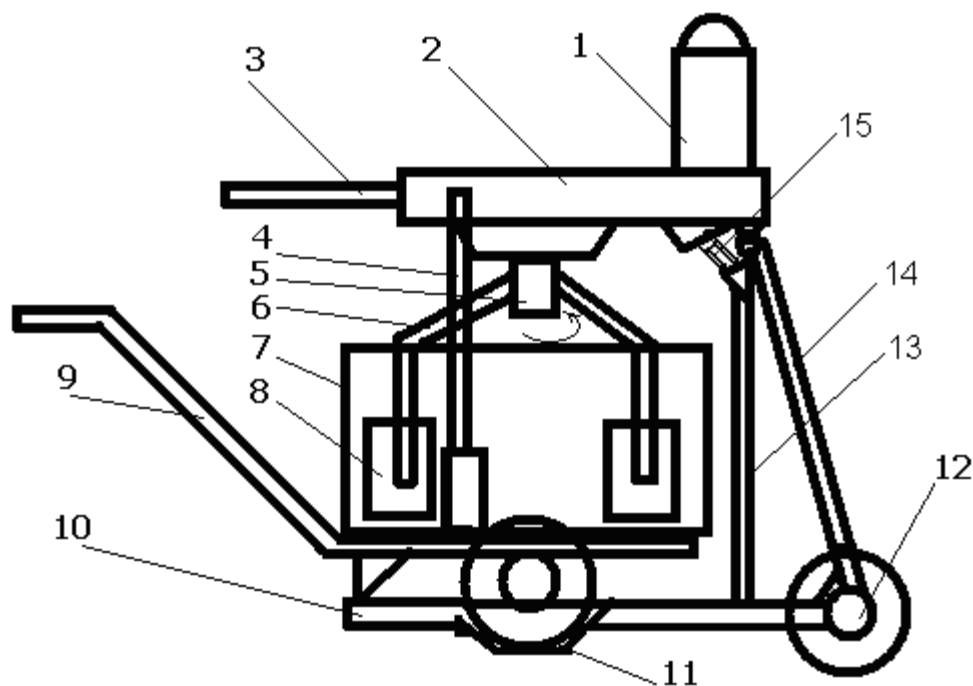
Вертикал куракли валга эга бўлган қоришма аралаштиргич  
 аралаштириладиган идиш 7 бир ўқли арава ва қайтарма аралаштиргичдан



(юритмаси билан) иборат. Цилиндр идиш 7 замбилғалтак 10 га маҳкамланган. Аравача 14 ғилдираклар 12 га ҳамда идишни ўргатиш учун зарур бўладиган фиксатор 11 га эга. Иккита аралаштирувчи курак 8 га эга бўлган вертикал валга айланма ҳаракат уч поғонали редуктор 2 орқали фланецли электродвигатель 1 дан берилади. Идишнинг марказига нисбатан жилдириб жойлаштирилган курак вал айланганда ҳаракатланаётган аралашма ўз ўқи атрофида айланаётган идишни ҳам ўзи билан олиб кетиб айлантиради. Идишнинг айланиш такрорлиги юритманинг танасига шарнирли маҳкамланган кўзғалмас курак 4 ёрдамида ростланади. Курак 4 аралашма оқимиغا керакли йўналиш бериб, унинг яхши аралашшига имкон беради. Юритма аравача билан шарнирли боғланган, бу эса аралаштириш тугагандан кейин куракли вални кўтариб қўйиб идишни тайёр бўлган маҳсулот билан бирга керак бўлган ерга силжитиш имконини беради. Юритма кўтарилиши билан у автоматик равишда ўчади. Қоришма аралаштиргич таркибига икки та аралаштириладиган идиш бор. Улардан навбати билан аралаштиргичнинг барабани ва тайёр қоришмани ишлатадиган жойга олиб борувчи идиш сифатида фойдаланилади. Кўриб чиқилган куракли аралаштиргичларнинг техник иш унумдорлиги соатига 2-2,2 м<sup>3</sup>, маҳсулот ҳажми 65 л, цикл давомийлиги эса 1,5-2 минутни ташкил этади.

## 6.ИШНИ БАЖАРИШ ТАРТИБИ.

- 6.1.Аралаштиргични конструкцияси ва ишини ўрганиш.
- 6.2.Машинанинг кинематик схемасини чизиш.
- 6.3.Керакли ўлчовларни бажариш.
- 6.4.Керакли ҳисобларни бажариш.



7.1-расм. Кўзғалувчан роторли аралаштиргич конструктив схемаси.

1-электромотор; 2-редуктор; 3,9-дастак; 4-қўзғалмас курак; 5-вал; 6-траверса;  
7-идиш танаси; 8-лопаст; 10-замбилғалтак; 11-фиксатор; 12-ғилдирак;  
13-устун; 14-аравача; 15-тиргак.

7.1-жадвал.

№	Параметрлар номи	Белгиси	Ўлчов бирлиги	Қиймати	Эслатма
1	Барабан диаметри	L	мм		
2	Лопастлар сони	n	Дона		
3	Куракча параметрлари				
3.1	1-куракча: -баландлиги	H <sub>1</sub>	мм		
	-эни	B <sub>1</sub>	мм		
3.2	2-куракча: -баландлиги	H <sub>2</sub>	мм		
	-эни	B <sub>2</sub>	мм		
4	Электромотор қуввати	N	кВт		
5	Электромотор вали айланишлар сони	n <sub>э</sub>	Айл/мин		
6	Куракча айланишлар сопи	n <sub>к</sub>	айл/сек		
7	Габарит ўлчамлари: -узунлиги	L	мм		
	-эни	H	мм		
	-баландлиги	B	мм		

## 7. ХИСОБОТ ТАРКИБИ

Лаборатория иши бўйича хисобот қуйидагиларни ўз ичига олади:

7.1. Машинанинг кинематик схемаси чизилади.

7.2. Керакли қийматларни аниқлаш.

◆ иш унумдорлигини хисоблаш.

◆ қувватини хисоблаш.

7.3. Олинган натижаларга кўра хулоса қилинади.

7.4. Фойдаланилган адабиётлар рўйхати.

## АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ.

1. Бауман В.А., Клушанцев Б.В., Мартынов В.А. Механическое оборудование предприятий строительных материалов и конструкций. М., машиностроение, 1981, с.324.

2. Сапожников М.Я. Механическое оборудование предприятий строительных материалов и конструкций. М., Высшая школа, 1971, с. 382.
3. Фиделев А.С., Чубук Ю.Ф. Строительные Киев, Виша школа, 1979, с.333.
4. Строительные машины . Справочник, 1 том, ред. Проф. Бауман Б.А. М., машиностроение, 1976,с. 495.
5. Справочник по оборудованию заводов строительных материалов. Сапожников М.Я., Дрождов Н.Е. М., Стройиздат, 1969, с. 488.

## 8 - ЛАБОРАТОРИЯ ИШ

### МАРКАЗДАН ҚОЧМА ВЕНТИЛЯТОР ХАРАКТЕРИСТИКАСИНИ АНИҚЛАШ

**Ишдан мақсад:** а) вентиляторнинг иш жарёнини тахлил қилиш  
 б) вентиляторнинг асосий технологик параметрларини аниқлаш  
 в) вентиляторнинг тажриба ҳарактеристикасини қуриш ва ишчи нуқтасидаги параметрини аниқлаш.

#### Ишнинг назарий асослари

Кимё саноатида газларни трубалар орқали узатиш ва сийраклантириш учун улар сиқилади. Бу сиқилган газлар суюқликларни аралаштириш, узатиб бериш учун ишлатилади. Газларни сиқиш ва узатиш учун **компрессорлар** ишлатилади.

Сиқилган газ босими  $P_2$  нинг сиқилмаган газ босими  $P_1$  га нисбати **сиқиш даражаси** дейилади. Сиқиш даражаси катталигига қараб компрессор машиналар қуйидаги турларга бўлинади:

1. **Вентиляторлар** ( $P_2 / P_1 = 1,1$ ) - кўп миқдордаги газларни узатиш учун ишлатилади.

2. **Газодувкалар** ( $1,1 < P_2 / P_1 < 3$ ) - газ трубаларида катта қаршилик бўлганда ишлатилади.

3. **Компрессорлар** ( $P_2 / P_1 > 3$ ) - юқори босим ҳосил қилиш учун ишлатилади.

4. **Вакуум насослар** - босими атмосфера босимидан паст бўлган газларни сўриш учун ишлатилади.

Ишлаш принципига кўра компрессорлар **хажмий** ва **парракли** бўлади.

Хажмий компрессорларда газ босими унинг хажмини мажбурий камайтириш ҳисобига ортади. Улар **трубокомпрессорлар** ҳам дейилади ва марказдан қочма куч таъсирида ишлайдиган вентилятор ва турбогазодувкаларга бўлинади.

Поршенли компрессорлар кам миқдордаги газларни катта босимларгача сиқишда ишлатилади. Трубокомпрессорлар эса аксинча, катта миқдордаги газларни нисбатан паст босимларда узатиб беришга мўлжалланган.

Газни паст босимда узатиш учун мўлжалланган машиналар **вентиляторлар** дейилади. Улар ишлаш принципига кўра марказдан қочма ва ўқли бўлади. Марказдан қочма вентиляторлар газни нисбатан юқори босимларда узатиб бориш учун, ўқли вентиляторлар эса кичик босимларда лекин кўп миқдордаги газни узатиш учун мўлжалланган. Саноатда ўқли вентиляторлар кам ишлатилади, улардан фақат биноларни совитишда фойдаланилади. Марказдан қочма вентиляторлар босимининг катталигига қараб уч гуруҳга бўлинади:

1. Паст босимли ( $P < 10^3 \text{ н/м}^2$ )
2. Ўрта босимли ( $P = 10 - 3 \cdot 10^3 \text{ н/м}^2$ )
3. Юқори босимли ( $P = 3 \cdot 10^3 - 10^4 \text{ н/м}^2$ )

Марказдан қочма вентиляторнинг асосий қисми паррақлар ва спиралсимон қобиқ ичига жойлаштирилган иш паррақлари бор ылдиракдир. Иш ылдираги айланганда вентиляторнинг иш бўшлиьидаги ьаво ёки газ ылдирак билан бирга айланади ва марказдаги қочма куч таъсирида ылдиракнинг чеккаларига ьайдалади. Газ ылдирак паррақларидан спиралсимон камерага ва ундан ьайдаш трубасига ўтади. Паст босимда ишлайдиган вентиляторларда иш ылдирагидаги паррақлар орқа томонга эгилган, юқори босимда ишлайдиганларида эса олди томонга эгилган бўлади. Шу ылдиракдаги паррақлар сонини ўзгартириб паст босимли вентиляторлардан ўрта босимли вентиляторлар ҳосил қилиш мумкин.

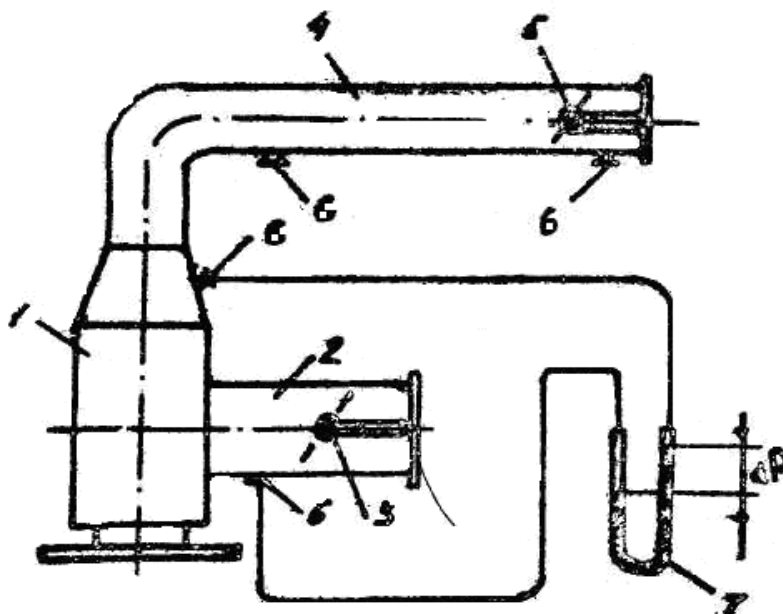
Вентиляторлар газларнинг бир меоёрда узатади, аммо фойдали иш коэффиценти поршенли насосларга нисбатан кам.

## ҚУРИЛМА БАЁНИ

Қурилма марказдан қочма вентилятор 1 дан тузилган, у ўзгарувчан токли двигател билан битта валга маъкамланган. Вентиляторга сўрувчи труба 2 заслонка 3 билан ва ьайдаш трубаси 4 заслонка 5 билан уланган. Сўриш ва ьайдаш трубаларида дифференциал манометр 7 билан уланган патрубкка 6 ўрнатилган.

## ИШНИ БАЖАРИШ ТАРТИБИ

Вентилятор характеристикасини олиш учун  $Q - \Delta P$ ,  $Q - N$  ва  $Q - n$  доимий айланиш  $n$  частотасида бир неча тажриба ўтказилади. Қентилятор орқали ҳаракатланаётган ьаво сарфи заслонка 3 ва 5 лар билан ўзгартириб турилади. Бир вақтда дифференциал манометр 7 ни кўрсатиши олинади.



8.1- расм . Қурилма схемаси

1-марказдан қочма вентилятор; 2-сўриш трубкаси; 3-заслонка; 4-ъайдаш трубаи; 5-заслонка; 6-патрубклар; 7-дифференциал манометр.

### ИШНИ БАЖАРИШ ТАРТИБИ

Вентилятор харақистикасини олиш учун  $Q - \Delta P$ ,  $Q - N$  ва  $Q - n$  доимий айланш  $n$  частотасида бир неча тажриба ўтказилади. Қентилятор орқали харақатланаётган ғаво сарфи заслонка 3 ва 5 лар билан ўзгартириб турилади. Бир вақтда дифференциал манометр 7 ни кўрсатиши олинади.

### ТАЖРИБА НАТИЖАЛАРИНИ ҚАЙТА ИШЛАШ ВА ХИСОБОТ ТУЗИШ

Газларни иссиқдан талаб қиладиган қувват (идишдан) сиқишдаги иш миқдори унинг унумдорлигига кўпайтмасига тенг бўлади.

Изотермик жараён учун:

$$N_{из} = \frac{l_{из} Q_c \rho}{1000 \eta_{из} \eta_{мех}} \quad (8.1)$$

Адиабатик жараён учун:

$$N_{из} = \frac{l_{ад} Q_c \rho}{1000 \eta_{ад} \eta_{мех}} \quad (8.2)$$

$\Delta P = P_2 - P_1$  – босимлар фарқи бу дифференциал манометр 7 ни ўлчами билан бевосита аниқланади. Вентилятор орқали ҳаракатланаётган ғаво сарфи топилади:

$$Q = w \cdot f \cdot m^3/c \quad (8.3)$$

$$f = 0,785 \cdot d^2, \quad (8.4)$$

бу ерда  $w$  – трубадаги ғавонинг ўртача тезлиги, м/с;  $f$  – трубанинг кўндаланг кесим юзаси, м<sup>2</sup>;  $d$  – трубанинг ички диаметри, м.

Дифференциал манометр 7 Пито трубаси билан уланган, қайсики сўриш трубаси ўқи бўйлаб ўрнатилган ва шу труба марказдаги ғаво ҳажми бирлигини кинетик энергиясини ўлчайди.

У ҳолда:

$$Q = 0,785 \cdot 0,9d^2 \sqrt{2 \frac{\Delta P_{ск}}{\rho}} \quad (8.5)$$

бу ерда  $\rho$  - 20 °С даги ғавонинг зичлиги, кг/м<sup>3</sup>;  $\rho = 1,205$  кг/м<sup>3</sup>,

Фойдали иш коэффициенти  $\eta$  қуйидаги тенглама билан аниқланади:

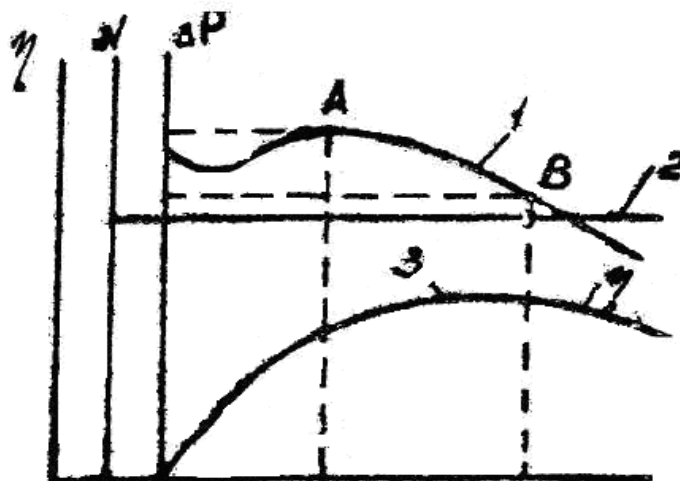
$$\eta = \frac{(Q + \Delta P)}{N} \quad (8.6)$$

Кузатиш натижалари, тажриба ва ҳисобот натижалари қуйидаги жадвалга ёзилади.

8.1– жадвал

№	Заслонкани очилиши	Катталикларни ўлчами				Ҳисобланган катталиклар		Вт
		мм.сув.уст.	Па	мм.сув.у ст.	Па			

Бажарилган иш график қуриш ва А ва В ишчи нуқталар параметрини аниқлаш билан якунланади.



8.2- расм . Марказдан қочма вентилятор характеристикаси.

1-босимнинг тушиши, Па; 2 - вентилятор қуввати, кВт; 3 - вентиляторнинг ФИК.

### Назорат саволлари

1. Марказдан қочма машиналар қандай турларга бўлинади?
2. Вентиляторлар қандай гуруҳларга бўлинади?
3. Вентиляторнинг иш принципини тушунтиринг?
4. Қайси боғлиқликлар вентилятор характеристикаси дейилади?
5. Хаво сарфи қандай тенгламадан топилади?

8 – лаборатория иши натижаларини ЭХМ да ҳисоблаш дастури

```

5 PRINT "8 - иш"
10 PRINT "Характеристика центробежного насоса"
11 PRINT
12 PRINT
N=2800: H = .18: 6 * 9,8*R = 998
V = 380 : I * 6
PRINT "WVEDITE POKAZANIYA MANOMETRA"
50 INPUT P1
PRINT "WVEDITE POKAZANIYA WAKYMMETRA"
70 INPUT P2
H1 = P1 + P2 + W
90 PRINT "WVEDITE ZNACHENIE OBEMA I WREMENI"
100 INPUT V, T
Q = V/1000*T
N1 = U*I/1000
N2 = Q*W1*G*R/1000*N1
PRINT "WELICHINA PROIZVODITELNOSTI NASOSA Q="

```

```

Q; "M*KUB/CEK"
150 RINT "WELICHINA MOSHNOСТИ ELEKTRODWIGATELYA
N 1="; N1;"KWT"
160 PRINT "WELICHINA NAPORA H1="; H1;"M"
170 PRINT "WELICHINA K.P.D. N2="; N2;"%"
180 PRINT
185 PRINT
187 PRINT
190 GOTO 40
200 END

```

## 9 - ЛАБОРАТОРИЯ ИШ

### ГАЗЛАРНИ ЧАНГДАН ТОЗАЛОВЧИ ЦИКЛОН ХАРАКТЕРИСТИКАСИНИ АНИҚЛАШ

**Ишдан мақсад:** а) циклон тузилиши ва иш жараёни б) газ оқимининг тезлигини ва гидравлик қаршилигини аниқлаш, тозалаш даражасини аниқлаш ва график қуриш

#### *Ишнинг назарий асослари*

Кимёвий ишлаб чиқариш корхоналаридан чиқаётган газ аралашмаларини тозалаш технологик жихатдан муҳим ва катта аҳамиятга эга.

Газлар қуйидаги мақсадларда тозаланади:

- 1) газ аралашмаларидан қимматбаҳо маҳсулотларни ажратиб олиш учун;
- 2) жараёнга салбий таъсир қилувчи ва қурилмаларни бузилишга олиб келувчи газ аралашмаларини чиқариб ташлаш учун;
- 3) атроф-муҳит хавосини ифлосланишини камайтириш учун.

Ишлаб чиқариш жараёнларида ҳосил бўладиган ҳар хил физик кимёвий хусусиятларга эга бўлган газ аралашмалари турли жинсли газ дейилади. Газ аралашмалари таркибидаги заррачаларнинг ўлчамига қараб икки системага бўлинади: механик ва конденсирланган.

Қаттиқ моддалар майдаланганда, уларни бир жойдан иккинчи жойга узатганда қаттиқ моддаларнинг газларда тақсимланиши **механик система** ёки **чанглар** дейилади. Аралашмадаги қаттиқ модда заррачаларининг ўлчами 5-50 микронгача бўлади.

Конденсирланган система суюқликларни буғлатганда, қуриштиш жараёнларида буғларнинг суюқликка айланишида ҳосил бўлади. Бунинг натижасида тутун ва туман пайдо бўлади.

Саноатда газларни тозалаш қуйидаги усулларда олиб борилади:

- 1) марказдан қочма кучлар таъсирида чўктириш;
- 2) филтр тўсиқлар ёрдамида ажратиш;
- 3) газларни намлаш усули билан тозалаш;



4) юқори кучланишли электр майдон ёрдамида тозалаш.

Газларни тозалаш учун чўктириш камерали, циклонлар, филтрлаш қурилмалари, (скруббер ва электрофилтрлар) ишлатилади.

Амалда газ аралашмаларидаги майда заррачаларни биргина тозалаш қурилмаларида бутунлай ажратиш мумкин эмас, шунинг учун икки ва кўп босқичли қурилмалар ишлатилади, яони аввал катта заррачалар чанг чўктириш камераларида, сўнгра электрофилтрларда чўктирилади.

Хар бир қурилманинг унумдорлиги газ аралашмаларининг тозаланиш даражаси билан аниқланади:

$$n = \frac{G_1 - G_2}{G_1} 100\% = \frac{V_1 x_1 - V_2 x_2}{V_1 x_1} 100\% \quad (9.1)$$

бу ерда  $G_1$  ва  $G_2$  - тозаланган ва тозаланмаган газ аралашмасининг қаттиқ заррачалар миқдори;  $V_1$  ва  $V_2$  – дастлабки ва тозаланган газ аралашмасининг ҳажми;  $x_1$  ва  $x_2$  – чангли ва тозаланган газ аралашмаларидаги қаттиқ заррачалар концентрациялари, кг/м<sup>3</sup>.

Оддий чўктириш қурилмаларида газ аралашмасидаги майда чангларни ажратиш қийин. Чўктириш қурилмаларининг габарити катта бўлиб кўп жой эгаллайди ва тозалаш даражаси кичик. Шунинг учун саноатда циклонлар ишлатилади. Циклон цилиндрик ва конуссимон қисмлардан иборат. Чангли газ циклонга тангенциал йўналишда 15-20 м/с тезликда киради, сўнгра пастга спиралсимон айланма ҳаракат билан йўналади. Натижада марказдан қочма куч ҳосил бўлади. Бу куч таъсирида газ оқимидаги қаттиқ заррачалар уқдан циклоннинг ички девори томон ҳаракатланади ва деворга урилиб уз кинетик энергиясини йўқотади ва обирлик кучи таъсирида пастга тушади. Тозаланган газ марказий труба орқали қурилмадан чиқиб кетади. Циклондаги чангли газларни тозаланиш даражаси қаттиқ заррачаларнинг катталиги, газ оқимининг тезлиги ва қурилманинг геометрик ўлчамига борлиқ бўлади. Циклонларнинг диаметри 100-1000 мм гача, чангли газларнинг тозаланиш даражаси 30-85%га тенг. Чангли газ аралашмаларидаги қаттиқ заррачаларнинг диаметри катталашган сари газларнинг тозаланиш даражаси 90-95% гача ортиши мумкин.

Циклонларда газ аралашмаларининг тозаланиш даражаси ажратиш коэффициентига боълиқ:

$$k_a = \omega^2 / r g \quad (9.2)$$

бу ерда  $r$  – циклон радиуси, м,  $\omega$  - газ оқимининг тезлиги м/с.

Бу тенгламадан кўриниб турибдики, газларнинг тозаланиш даражасини ошириш учун газ оқими айланма ҳаракатининг радиусини, яони циклоннинг радиусини камайтириш ёки газ оқимининг ҳаракат тезлигини ошириш керак.

Циклон қурилмалари қуйидаги афзалликларга эга: тузилиши содда, ҳаракатлантирувчи қисмлари йўқ, фойдаланиш осон, ихчам ва арзон.

Бу циклонларни турли жинсли суёқлик системаларни ажратиш учун ҳам ишлатса бўлади. Бунда улар **гидроциклонлар** дейилади.

Гидроциклонларни суспензияларни қўйилтириш ва тозалаш учун, заррачаларни ўлчамига кўра фракцияларга ажратиш ва бошқа мақсадлар учун ҳам ишлатиш мумкин.

Кейинги вақтларда гидроциклонлар билан бир қаторда **мулртигидроциклонлар** ва **центриклонлар** саноатда қўлланилмоқда. Мулртигидроциклонларда кучли марказдан қочма кучлар майдони хосил қилинади, уларнинг диаметри 10 – 15 мм га тенг.

Центриклоннинг цилиндрсимон қисмига эса электродвигателр ёрдамида айланадиган ротор – паррак урнатилган бўлиб, у кучли марказдан қочма кучлар майдонини юзага келтиради.

Циклонларни ҳисоблаш учун қуйидаги параметрлар маолум бўлиши керак:

- тозаланаётган газнинг ҳажми, м<sup>3</sup>/соат;
- газнинг циклонга киришдаги ҳарорати, С;
- газнинг нормал шароитдаги зичлиги, кг/м<sup>3</sup>;
- газдаги сув буғларининг миқдори, кг/кг ёки %;
- циклонга киришда газ таркибидаги чанг миқдори, г/м<sup>3</sup>;
- чангнинг қовушоқлиги, зичлиги; Н с/м<sup>2</sup>;
- циклонга киришдаги газнинг босими, Н/м<sup>2</sup>;
- зарурий тозалаш коэффиценти, %;
- чангнинг фракциялар бўйича дисперслик таркиби (массавий %).

Циклонларни ҳисоблаш қуйидаги тартибда олиб борилади. Аввал унинг типи ва диаметри танланади. Сўнгра битта циклондан ёки батареяли циклоннинг битта элементидадан ўтадиган газнинг иш ҳажми топилади:

$$V_c = 0,785 \cdot \omega_\phi \cdot D^2 = 3,48 \cdot D^2 \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho_t \cdot g \cdot \xi}} \quad (9.3)$$

ёки

$$V_c = 5,8 \cdot D^2 \sqrt{\frac{\Delta P(273+t)}{\rho_0 \cdot \rho_t \cdot g \cdot \xi}} \quad (9.4)$$

бу ерда  $\omega_\phi$  - газнинг мавхум (шартли) тезлиги, м/с;  $\rho_0$  ва  $\rho_t$  - газнинг нормал ва иш шароитидаги зичлиги, кг/м<sup>3</sup>;  $D$  - циклоннинг ёки батареяли циклон элементининг ички диаметри, м;  $\xi$  - циклоннинг гидравлик қаршилик коэффиценти;  $\Delta P$  - газнинг циклонга киришдаги абсолют босими, Па;  $t$  - газнинг иш ҳарорати, °С.

Циклонларнинг гидравлик қаршилиги қуйидаги тенгламадан топилади:

$$\Delta P = \xi \frac{\rho_t \cdot \omega_\phi^2}{2} \quad (9.5)$$

### Ишни бажариш тартиби

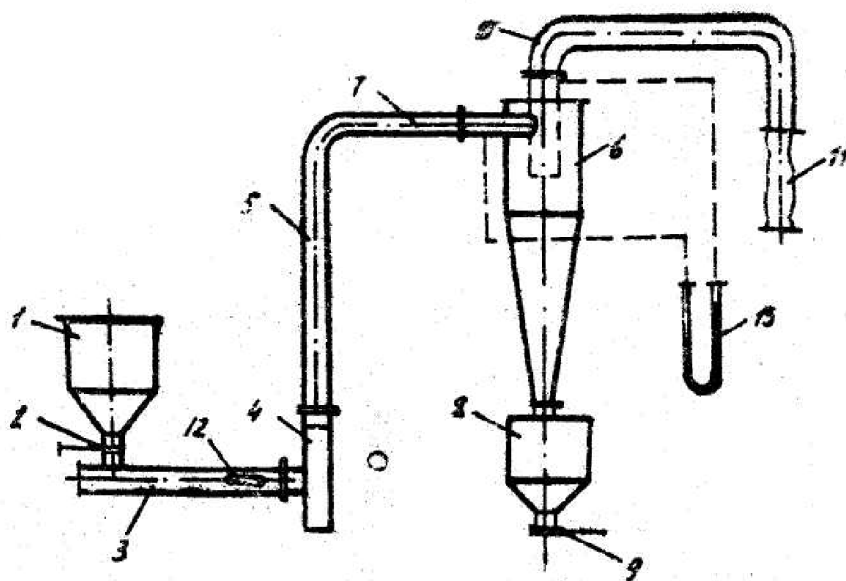
**Қурилма баёни.** Бункер 1 дан қаттиқ заррачалар шибер 2 орқали трубопровод 3 га келади ва шу трубада ҳаракатланаётган хаво билан чанг оқими хосил бўлади ва вентилятор 4, трубопровод 5 ва заслонка 7 орқали

циклон 6 га берилади. Қаттиқ заррачалар циклонда ажралиб йиьгич 8 да йиьилади ва вақти –вақти билан шибер 9 орқали чиқариб турилади. Тозаланган газ турбопровод 10 ва қўлқоп филтр 11 дан ўтиб атмосферада чиқариб юборилади. Хаво сарфи задвижка 12 билан сошлаб турилади. Циклоннинг гидравлик қаршилигини аниқлаш учун дифференциал манометр 13 дан фойдаланилади. Қўлқопли филтрда филтрлаш материали бўлиб пахта ёки синтетик материаллар хизмат қилади.

**Ишининг бажарилиши.** Иш икки босқичда ўтказилади. Олдин циклоннинг гидравлик қаршилигини газ оқими тезлигига боьлиқлиги топилади, сўнгра қаттиқ заррачаларнинг доимий концентрациясида газ оқими тезлигини тозалаш даражасига боьлиқлиги аниқланади.

Ишни биринчи қисмини бажаришда вентилятор 4 ёқилади ва заслонка 7 ёрдамида керак бўлган хаво сарфи ўрнатилади ва дифференциал манометр 13 ни кўрсатма олинади.

Ишни иккинчи қисмида 40-100 мкм размерли сочилувчи материалдан фойдаланилади, қайсики талабалар ўзлари элакли анализ йўли билан тайёрлайдилар. Вентилятор ёқилади ва заслонка 7 билан керак бўлган хаво сарфи ўрнатилади. Шибер 2 ёрдамида сочилувчи материал созланади. Йиьгич 8 да материал тўпланиши билан шибер 2 беркитилади, сўнгра 3-5 минут вентилятор ишлатилади. Бункер 1 даги қаттиқ материал ва бункер 8 да



йиьилган материал техник тарозида тортилади.

9.1-расм Циклон ишининг характеристикасини аниқлаш учун қурилма схемаси.

1-бункер, 2-шибер, 3-сўриш трубкаси, 4-вентилятор, 5-хайдаш трубази, 6-циклон, 7-заслонка, 8-қаттиқ жисмларни

йиьгич, 9-шибер, 10-трубопровод, 11-кўлқопли  
 филтр, 12-задвижка, 13-дифференциал манометр.

### ТАЖРИБА НАТИЖАЛАРИНИ ХИСОБЛАШ

Циклондаги газ оқимининг шартли тезлиги куйидаги формуладан топилади:

$$W = \frac{V}{(0,785 \cdot D_u^2)} \quad (9.6)$$

бу ерда  $D_u$  – циклон диаметри, м;  $V$  – хаво сарфи, м<sup>3</sup>/с

Хаво сарфи дифманометрни градирланган графиги ёки Пито трубкеси билан аниқланади.

Сўнгра гидравлик қаршилик коэффиценти куйидаги формуладан топилади:

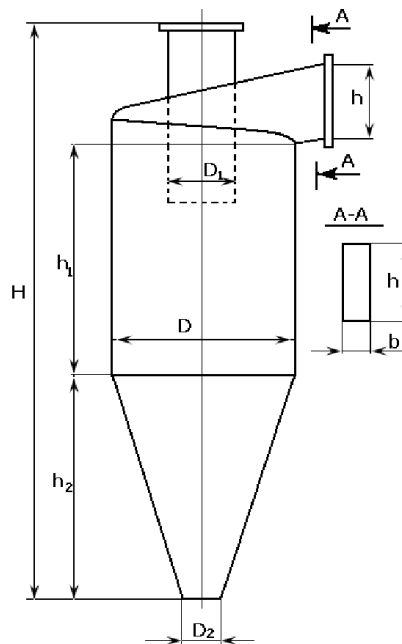
$$\zeta_u = \frac{2\Delta P_u}{\rho w^2} \quad (9.7)$$

бу ерда  $\rho$  - хаво зичлиги, кг/м<sup>3</sup>.

Тозалаш даражаси куйидагитенгламадан топилади:

$$\eta = \frac{G_6 - G_0}{G_6} \cdot 100 \cdot q_0 \quad (9.8)$$

бу ерда  $G_6$  – вентилятор ёрдамида циклонга берилган қаттиқ заррачалар миқдори, кг;  $G_0$  – циклонда тутиб қолинган қаттиқ заррачалар миқдори, кг.



9.2-расм. Циклон схемаси.

Тажрибадан олинган натижалар ҳамда ҳисоб китоблар куйидаги 9.1,

9.2-жадвалларга ёзилади  
Циклоннинг техник тавсияномаси.

9.1-жадвал

Т/р	Параметрлар номи	Циклонлар турлари			
		ЦН-11	ЦН-15	ЦН-15У	ЦН-24
1.	Қопқоқ ва кириш патрубкиси қиялиги,	11	15	15	24
2.	Циклоннинг ички диаметри, Д	40 ÷ 800	40 ÷ 800	200 ÷ 800	400 ÷ 1000
3.	Чиқарадиган қувур диаметри, Д <sub>1</sub>	0,6 Д	0,6 Д	0,6 Д	0,6 Д
4.	Кириш патрубкиси кенглиги, В	0,2 Д	0,2 Д	0,2 Д	0,2 Д
5.	Кириш патрубкиси баландлиги, h	0,48 Д	0,66 Д	0,66 Д	1,11 Д
6.	Цилиндрик қисми баландлиги, h <sub>1</sub>	2,08 Д	2,26 Д	1,51 Д	2,11 Д
7.	Конуссимон қисми баландлиги, h <sub>2</sub>	2 Д	2 Д	1,65 Д	1,75 Д
8.	Циклоннинг умумий баландлиги, Н	4,38 Д	4,56 Д	3,31 Д	4,26 Д
9.	Чанг тушириш патрубкиси диаметри, Д <sub>2</sub>	1760	1025	1075	588

Эслатма :

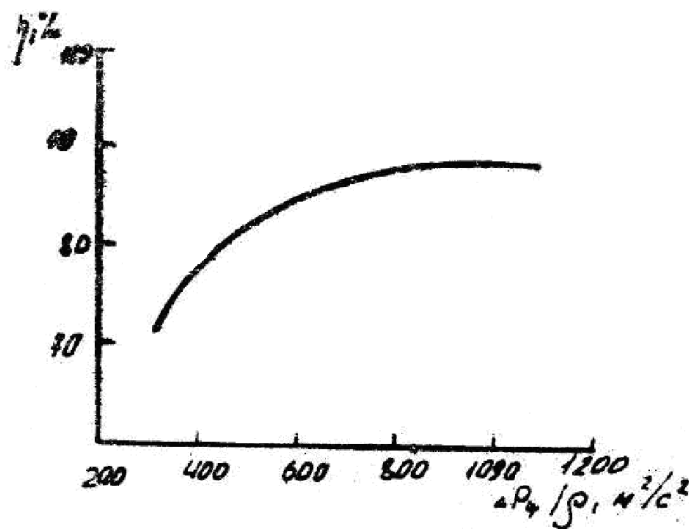
- 400 ÷ 100 мм чегараларига циклонлар диаметри 20 мм-дан сўнг ўзгаради, кейин эса 50 мм- дан
- Д<sub>2</sub>-нинг катта ўлчами газнинг кўпроқ чангланганида тайинланади.

$$D_2 = \frac{D_1}{2} \quad D_1=0,6 \text{ бўлса } D_2=0,3 \div 0,4$$

9.2 - жадвал

Диффано метр кўрсаткичи		Материал оғирлиги., кг.		Хаво сарфи, м <sup>3</sup> /с	Хавонинг шартли тезлиги, м/с	Циклоннинг қаршилиқ коэффициенти	Тозалаш даражаси
мм. сув уст	Па	1-бункерда	2-бункерда				

Тажриба циклонни тозалаш даражасини аниқлаш графигини қуриш билан тугалланади.



9. 3- расм . Циклонни тозалаш даражасини аниқлаш графиги.

### Назорат саволлари

1. Газлар қандай мақсадларда тозаланади?
2. Газларни тозалаш учун қандай қурилмалар ишлатилади?
3. Циклон қандай тузилган?
4. Тозалаш даражаси деб нимага айтилади?
5. Қандай факторлар циклонни гидравлик қаршилигига таъсир кўрсатади?

### АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ.

6. Бауман В.А., Клушанцев Б.В., Мартынов В.А. Механическое оборудование предприятий строительных материалов и конструкций. М., машиностроение, 1981, с.324.
7. Сапожников М.Я. Механическое оборудование предприятий строительных материалов и конструкций. М., Высшая школа, 1971, с. 382.
8. Фиделев А.С., Чубук Ю.Ф. Строительные Киев, Виша школа, 1979, с.333.
9. Строительные машины . Справочник, 1 том, ред. Проф. Бауман Б.А. М., машиностроение, 1976,с. 495.
- 10.Справочник по оборудованию заводов строительных материалов. Сапожников М.Я., Дрождов Н.Е. М., Стройиздат, 1969, с. 488.

## 10 - лаборатория иши

### БАРАБАНЛИ ИССИҚЛИК АЛМАШТИРГИЧ ХАРАКТЕРИСТИКАСИНИ АНИҚЛАШ

*Ишининг мақсади* - а) қурилма тузилиши ва иш жараёнини таҳлил қилиш.  
б) асосий технологик параметрларини аниқлаш  
в) унумдорлиги ва қувватини ЭХМ да моделлаш .

Лаборатория ишини бажариш давомийлиги - 4 соат

*Қулланадиган жихозлар. материаллар. улчаиш асбоблари*

-кафедра лабораториясидаги тажриба ускунаси;  
-улчов чизгич, штангенциркуль;  
-гайкаларни очиш учун калитлар туплами;  
-алмаштириладиган юлдузчалар;  
-хажм улчагич;  
-тарози;  
-секундомер.

#### *Назарий маълумотлар*

Барабанли печ куп саноат тармоқларида материаллар етиштиришда асосий технологик агрегат сифатида хизмат килади (цемент, охак, керамзит, кокс).

Печни буш айланувчи барабани сифатида куриш мумкин; унинг қиялик бурчаги мавжудлиги ва айланиши туфайли материал юклаш кисмидан бўшатиш кисмигача ташилади.

Барабанли печнинг транспортловчи (юк ташувчи) восита сифатидаги унумдорлиги куйидаги тенглама ёрдамида топилади

$$U_{TP} = \pi R^2 \varphi \omega \gamma \quad (10.1),$$

R- печнинг ички бўш радиуси, м;

$\omega$  - материалнинг печ танаси буйлаб ҳаракат тезлиги, м/с;

$\varphi$  - печни материал билан тулдириш коэффициенти;

$\gamma$  - материалнинг солиштирма зичлиги, кг/м<sup>3</sup>

Материалнинг печ танаси буйлаб ҳаракат тезлигани куйидаги тенглама ёрдамида топиш мумкин:

$$\omega = \pi D i n / 100 \quad (10.2)$$

1 - печ танашнинг уфққа нисбатан қиялик бурчаги;

n- барабаннинг айланишлар сони, а/с;

D - печ танасининг ички диаметри, м.

(2.2) тенгламани (2.1) тенгламага қўшиб, айланма печнинг унумдорлигини аниқлаш учун куйидаги тенгламани ҳосил қилиш мумкин:

$$U = 0,197 R^3 \varphi i n \gamma \quad (10.3)$$

Бу тенгламада ўзгарувчи параметрлар сифатида печнинг материал билан тулдириш коэффиценти, печ танасининг қиялиги ва айланишлар сони .

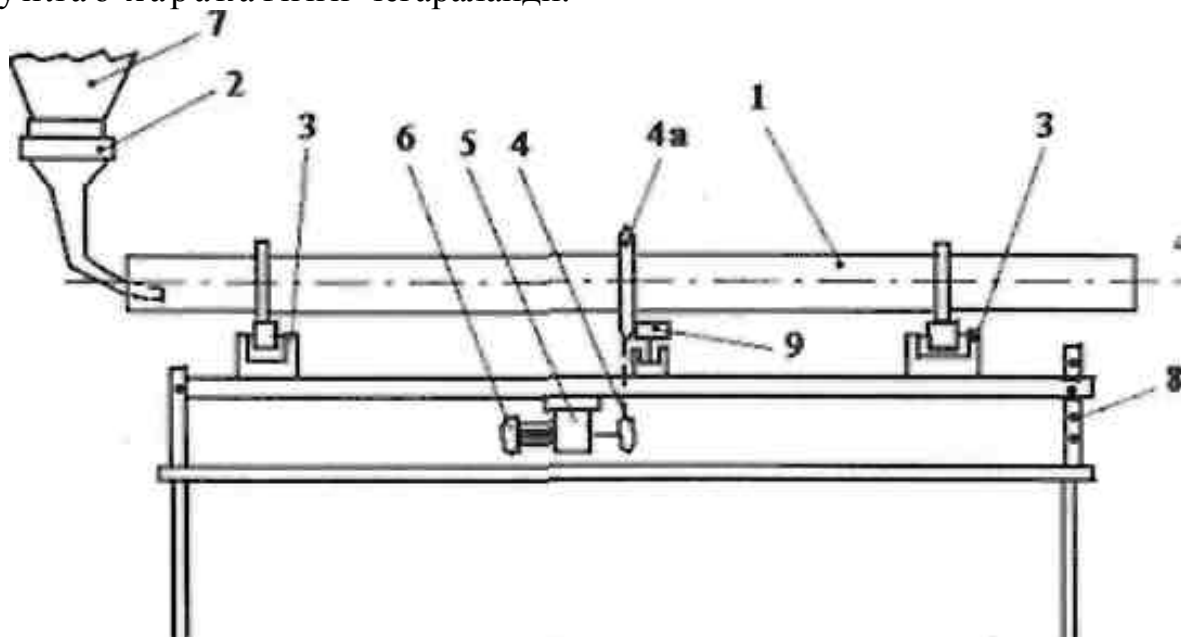
Лаборатория ишининг мақсади ҳам шу ўзгарувчи параметрларининг печ ишига таъсирини урганишдир. Барабаннинг айланишлар сони узатма юлдузчасини алмаштириш билан, печнинг қиялик бурчаги эса махсус кўтарувчи қурилма ёрдамида ўзгартарилади.

### Тажриба қурилмасининг таснифи

Лаборатория иши кафедра лабораторияларида ўрнатилган махсус қурилма олиб борилади.

Печ танаси (1) сифатида  $\Phi 160 \times 5$  мм ва узунлиги 2000 мм бўлган металл қувур қўлланилади.

Бу қувур иккита таянчларга (3) ўрнатилади, ҳар таянч эса за 2- тадан юмалашподиипникларидан тайёрланади. Қурилма юритмаси электрмотор (6), редуктор (5), иккита юлдузча (4. ва 4) ҳамда занжирдан иборат. Печ танасининг айланишлар сони юлдузча (4) ни алмаштириш йули билан ўзгартарилади. Материал қурилмага бункер (7) дан таъминла печ (2) ва оқув таннови ёрдамида узатилади. Печ танашнинг қиялиги махсус мослама (8) ёрдамида узатилади. Махсус тиргак подилпинга (9) печ танашнинг гупеч буйлаб ҳаракатини чегаралайди.



10.1 -раем. Тажриба қурилмасининг схема си  
 1 - печ танаси ; 2 – таъминлагич ; 3 - таянчлар ; 4 - алмаштириладиган юлдузча; 4 а - печ танасига маҳкамланган юлдузча  
 5 - редуктор; 6 - электрмотор ; 7 - бункер ; 8 - қияликни белгиловчи мослама; 9 - тиргак молшипининг



### ***Ишни бажариш тартиби***

1. Курилманинг умумий тузилиши ва айрим узллари тузилш билан танишиш (керакли зскизларни бажариш).
2. Курилманинг геоаметрик улчамларини аниклаш (ички диаметри, узунлиги, киялиги ва хоказалар).
3. Курилма юритмасининг кинематик схемасини тузиб, юлдузчалар тишлари сонни аниклаш.
4. (8)-чи мослама ердамида печь танасининг керакли киялигини урнатиш.
5. Редуктор (5)-нинг валига кичик юлдузчани кигизиб занжирни урнатиш.
6. Электромоторни ишга киритиш, ускунанинг шовкинсиз ишлашида ишонч хосил килиш ва барабаннинг айланишлар сонини аниклаш.
7. Хажм улчагич, секундомер ва тарози ердамида печьнинг унумдорлигини шу айланишлар сони ва кияликда аниклаш.
8. Усқунани тухтатиш ва танасини материал билан тулгизиш коэффициентини аниклаш.
9. Печ танасининг киялигини (8) мослама ёрдамида ўзгартириб юкоридат 6,7 ва 8 пунктлардага ишпарни амалга ошириш
10. (4) юлдузчани узгртириш ва 4,6,7,8 пунктлардаги ишларни бажариш.

### ***Фойдаланилган адабиёт руйхати***

1. Журавлев М.И., Фоломаев А.А. Механическое оборудование предприятий вяжущих материалов и изделий на базе их. М.: Высшая школа, 1973. - 309 бет (1 нашр) 1983. - 232 бет (2 нашр)
2. Бауман В.А. ва Лапир Ф.А. (ред). Строительные машины. Справочник в 2" томах. Том 2. М.: Машиностроение, 1977. - 496 с.
3. Банит Ф.Г., Несвижский О.А. Механическое оборудование цементных заводов. М.: Машиностроение, 1975. - 318 с.

## **11 – ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ**

### **«ТРУБА ИЧИДА ТРУБА» ИССИҚЛИК АЛМАШИНИШ ҚУРИЛМАСИДА ИССИҚЛИК БЕРИШ КОЭФФИЦИЕНТИНИ АНИҚЛАШ**

- Ишдан мақсад:*** а) суюқликнинг ҳаракат режими ва Нуссельт критериясини аниқлаш.
- б) иссиқлик бериш коэффициентини аниқлаш
- в) иситиш юзасини аниқлаш ва иситувчи агентдан трубанинг деворига ёки ёки трубанинг деворидан совитувчи агентга иссиқлик ўтганда иссиқлик бериш коэффициентларини аниқлаш

## ИШНИНГ НАЗАРИЙ АСОСЛАРИ

Кўпчилик технологик жараёнларнинг интенсивлиги иситиш ёки совитиш жараёнини қандай амалга оширилаётганлигига боғлиқ.

Иссиқлик жараёнлари - ҳароратлар фарқи мавжуд бўлганда, ҳарорати юқори бир жисмдан ҳарорати паст бўлган иккинчи жисмга иссиқликнинг ўтишидир. Бундай жараёнлар иссиқлик алмашилиниш қурилмаларида амалга оширилади.

Иссиқлик алмашилиниш жараёнларида қатнашувчи суюқликлар **иссиқлик ташувчи агентлар** деб аталади. Юқори ҳароратга эга бўлиб, ўзидан иссиқликни ҳарорати паст муҳитга берувчи суюқликлар **иситувчи агентлар** дейилади. Совитилаётган муҳитга нисбатан паст ҳароратга эга бўлган ва ўзига муҳитдан иссиқликни олувчи суюқликлар **совитувчи агентлар** деб аталади.

Иссиқлик ташувчи агентлардан совитувчи агентларга иссиқлик тарқалишининг асосан учта тури бор:

1. Иссиқлик ўтказувчанлик;
2. Конвекция;
3. Иссиқликнинг нурланиши.

Бир-бирига тегиб турган кичик заррачаларнинг тартибсиз ҳаракати натижасида юз берадиган иссиқликнинг ўтиш жараёни **иссиқлик ўтказувчанлик** дейилади.

Иссиқлик ўтказувчанлик йўли билан узатилаётган иссиқлик миқдори Фурре қонунига биноан топилади:

$$dQ = -\lambda \cdot \frac{dt}{dn} \cdot dF \cdot d\tau \quad (11.1)$$

Газ ёки суюқликларда макроскопик ҳажмларнинг ҳаракати ва уларни аралаштириш натижасида юз берадиган иссиқликнинг тарқалиши **конвекция** деб аталади. Конвекция икки хил булади. Газ ёки суюқликларнинг ҳар хил қисмларидаги зичликларнинг фарқи натижасида ҳосил бўладиган иссиқликнинг алмашилиниши **табиий ёки эркин конвекция** дейилади. Ташқи кучлар таҳсирида (насослар ёрдамида узатиш, механик аралаштиргичлар билан аралаштириш пайтида) **мажбурий конвекция** ҳосил бўлади.

Иссиқлик ташувчи агентлар трубанинг деворига ёки трубанинг деворидан совитувчи агентга иссиқликнинг ўтишига **иссиқлик бериш** дейилади ва у Нрютоннинг совитиш қонунига биноан аниқланади:

$$Q = \alpha \cdot F \cdot (t_o - t_e) \quad (11.2)$$

яони  $\tau$  вақт ичида ўтаётган иссиқлик миқдори  $Q$  девор юзаси ва муҳит температураларининг фарқига  $(t_o - t_e)$  ҳамда жараённинг давомийлигига тўғри пропорционалдир.

Ҳозирги пайтда конвектив иссиқлик алмашилиш жараёниларини тезлатишни бир неча хил усуллари ўрганилган ва янги қурилмаларда (иситкичларда) қўлланишга тавсия этилган.

Бир фазали суюқликларнинг труба ичида оқиб ўтаётганда қуйидаги усуллар билан иссиқлик алмашилишни тезлатиш мумкин: суноий йўл билан труба юзасида турбулизаторлар, ғадир - будурликлар ва қирралар ҳосил қилиш, спиралсимон қирралар ёрдамида оқимга айланма ҳаракат бериш, шнекли ва оқимга тўлқинсимон йўналиш берувчи мосламалар ёрдамида омалга оширилади.

Буғларни конденсациялаш жараёнида эса конденсат юпқа қатламни турбулизатор ёки қирралар ёрдамида бузиш, махсус қурилма орқали томчисимон конденсация ҳосил қилиш, оқимга ёки иссиқлик алмашилиш юзасига айланма ҳаракат бериш усуллари ёрдамида иссиқлик жараёнини тезлатиш мумкин.

Шуни таокидлаш керакки, иссиқлик алмашилиш жараёнини у ёки бу усул билан тезлатиш, фақат труба юзасининг самарадорлик кўрсаткичи етарли эмас. Шунинг учун, иссиқлик алмашилиш қурилмаларини йиғиш технологияси, мустаҳкамлиги, труба юзасининг ифлосланиш даражаси, фойдаланиш хусусиятлари ва ҳоказо кўрсаткичларга ҳам аҳамият бериш керак.

Юқорида айтиб ўтилган кўрсаткичлар, тезлатиш усулини танлаш қўламини камайтиради, чунки технологик қулайлик, мустаҳкамлик ва қурилмаларнинг фойдаланиш пайтидаги қулайликлар асосий мезонлардир.

Ҳозирги пайтда оқимни сунхий равишда турбулизация қилиш усуллари билан конвектив иссиқлик алмашилишни тезлатиш энг самарадор усул деб тан олинган.

Иссиқлик алмашилиш қурилмалари иккига бўлинади:

1) сиртий иссиқлик алмашилиш қурилмалари, буларда иссиқлик бир муҳитдан иккинчи муҳитга ажратиб турувчи юза орқали ўтади;

2) аралаштирувчи иссиқлик алмашилиш қурилмалари, бундай иссиқлик алмашилиш қурилмалари кенг ишлатилади.

Саноатнинг барча тармоқларида суюқлик ва газларни иситиш ҳамда совитиш учун сиртий иссиқлик алмашилиш қурилмалари кенг тарқалган. Конструктив тузилишга кўра сиртий иссиқлик алмашилиш қурилмалари труба, змеевили, пластинали, спиралсимон, қиррали, ғилофли ва махсус иссиқлик алмашилиш қурилмаларига бўлади. Иситиш юзасининг жойлашишига қараб вертикал ва горизонтал иссиқлик алмашилиш қурилмаларига бўлади.

Қобик-труба қурилмаларда трубалар турларга развалрцовка, пайвандлаш, кавшарлаш ва салрниклар ёрдамида бириктирилиши мумкин.

Юқорида қайд этилган қурилмаларнинг ўзига яраша афзалликларива камчиликлари бордир.

Қобик-силлиқ труба қурилмалари иситкичлар қуйидаги афзалликларга эга: ихчам, металл кам сарф қилинади, трубаларнинг ичини тозалаш осон, (U - симон труба қурилмалардан ташқари) иссиқлик алмашилиш юзаси ва

унумдорлиги катта.

Бу қурилмалар камчиликлардан ҳам ҳоли эмас: иссиқлик ташувчи агентларни катта тезлик билан ўтказиш қийин, трубалараро бўшлиқни тозалаш ва тузатиш имкони кам, развалрцовка ва пайвандлашга мойил бўлмаган материаллардан иситкичларни ясаб бўлмайди.

Думалатиб зичланиш орқали олинган трубаги иситкичлар қуйидаги афзалликларга эга: ихчам, металл кам сарф бўлади, иссиқлик алмашилиш юзаси катта, трубаларнинг ичини тозалаш вақтининг оралиғи 3-5 марта кўпроқ, чунки труба девори атрофидаги оқимнинг қатлами турбулизация қилинади.

Бундан ташқари, думалатиб зичлаш усули билан олинган трубаги иссиқлик алмашилиш қурилмалари силлиқ трубаги қурилмалар олдида ушбу асосий хусусиятлар билан ажралиб туради:

1. Думалатиб зичланган трубаларда энг юқори интенсивлаш қийматига эришилади. Унда иссиқлик ўтказиш коэффициентининг қиймати силлиқ трубадагидан 1,2 - 2,0 баробар кўпдир.

2. Думалатиб зичланган труба ишлатилса, бирданига труба деворларнинг иккала юзасида иссиқлик бериш жараёнлари анча тезлашади.

3. Думалатиб зичланган трубаларни ишлаб чиқариш технологияси оддий ва арзондир.

Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, думалатиб зичланган трубалар иссиқлик алмашилиш қурилмаларида ишлаб чиқариш технологияси ўзгартрмайди. Бундан ташқари, буғларни конденсациялашда, думалатиб зичланган трубаги конденсаторларда совуқ сувнинг сарфи силлиқ трубаги конденсаторникидан 30 - 35% кам.

"Труба ичидаги труба" типидagi иссиқлик алмашилиш қурилмалари юқори босимда ва иссиқлик ташувчи агентларнинг сарфи кам бўлганда ҳам ишлайди. Бундан ташқари, суюқликларнинг тезлиги катта бўлгани учун иссиқлик ўтказиш коэффициентининг қиймати катта ва қурилмани тайёрлаш осон.

Камчиликлари: трубалар ўртасидаги бўшлиқни тозалаш қийин.

Змеевикли иссиқлик алмашилиш қурилмаларнинг афзалликлари: тайёрлаш осон, иссиқлик юзасини кузатиш ва тузатиш осон, идишдаги суюқликнинг ҳажми катта бўлганлиги сабабли, режимнинг ўзгаришларига унча сезгир эмас.

Камчиликлари: ўлчами катта, идишдаги суюқликнинг тезлиги кичик бўлганлиги учун, змеевикнинг ташқарисидаги иссиқлик бериш коэффициенти кам, трубалар ички юзасини тозалаш қийин.

Ювилиб турувчи иссиқлик алмашилиш қурилмаларининг афзалликлари қуйидагилардан иборат: совутувчи агентнинг сарфи кам, тузилиши содда, трубаларни тозалаш осон, шу билан бирга нархи ҳам арзонга тушади.

Камчиликлари: ўлчами катта, жуда кўп суюқлик сарфланади.

Спиралсимон иссиқлик алмашилиш қурилмаларининг афзалликлари: тузилиши ихчам, иккала иссиқлик ташувчи агентларни катта тезлик билан ўтказиш мумкинлиги учун, катта иссиқлик ўтказиш коэффициентига эга,

гидравлик қаршилиги кўп йўлли қобик-трубали қурилмаларникига қараганда кам.

Камчиликлари: тайёрлаш ва тузатиш мураккаб, 0,6 МПа дан ортиқ босимларда ишлаш мумкин эмас.

Пластинали иссиқлик алмашиниш қурилмаларнинг афзалликлари: ихчам, гидравлик қаршиликлари катта эмас, шунинг учун иккала агентларнинг тезлигини катта қилиш мумкин, натижада иссиқлик ўтказиш коэффициентини ошириш мумкин.

Камчиликлари: катта босимларга бардош бера олмайди, иситкичлар тузатилгандан кейин (қистирмаларнинг сони кўп бўлгани учун) тегишли зичликни ҳосил қилиш қийин.

Ғилофли иссиқлик алмашиниш қурилмалари конструктив жихатдан содда, кузатиш ва тузатиш қулай.

**Иссиқлик бериш коэффициенти**  $\alpha$  деворнинг 1 м<sup>2</sup> юзасидан суюқликка 1с вақт ичида, девор ва суюқликлар фарқи 1<sup>0</sup>С бўлганда, берилган иссиқлик миқдорини билдиради ва у қуйидаги ўлчов бирлигига эга:

$$[\alpha] = \frac{Q}{F \cdot \tau \cdot (t_o - t_e)} = \frac{ж}{м^2 \cdot с \cdot К} = \frac{Вт}{м^2 \cdot К} \quad (11.3)$$

Пропорционаллик коэффициенти  $\alpha$  девор юзасидан атроф муҳитга ёки аксинча атроф муҳитдан деворга иссиқлик ўтиши интенсивлигини характерлайди. Иссиқлик бериш коэффициенти кўпчилик факторларга: оқимнинг тезлигига  $w$  ва зичлигига  $\rho$ , унинг қовушоқлиги  $\mu$ , муҳит иссиқлик ва физик хоссаларига, иссиқлик сиғими  $c$ , иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти  $\lambda$ , суюқликнинг ҳажмий кенгайиш коэффициенти  $\beta$ , деворнинг шакли, ўлчами ва унинг ғадир-будурлигига  $\varepsilon$  боғлиқ, яҳни:

$$\alpha = f(w, \mu, \rho, c, \lambda, \beta, \alpha, l, \varepsilon) \quad (11.4)$$

Иссиқлик бериш коэффициенти  $\alpha$  кўпчилик факторларнинг функцияси бўлганлиги учун, бу коэффициентни Нусселртнинг критериал тенгламасидан топиш мумкин:

$$Nu = \frac{\alpha \cdot l}{\lambda} \quad (11.5)$$

***Nu*** - Нусселрт критерийси девор ва оқим чегарасида иссиқликнинг ўтиш тезлигини характерлайди;  $l$  – аниқловчи геометрик ўлчам (трубалар учун унинг диаметри), м;  $\lambda$  - муҳитнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти, Вт/(м К).

Конвектив иссиқлик алмашинишнинг критериал тенгламаси умумий ҳолда қуйидаги кўринишга эга:

$$Nu = f(Re, Gr, Pr, Fo, Pe...) \quad (11.6)$$

Думалатиб зичлаш усули билан олинган трубалар учун иссиқлик алмашиниш тезлиги куйидаги кўрсаткичларга боғлиқ:

$$Nu = f\left(\text{Re}, \text{Pr}, \Psi, \frac{h}{D}, \frac{d}{D}, \frac{t}{D}\right) \quad (11.7)$$

бу ерда  $\Psi = T_d/T_c$  - ҳарорат фактори;  $h/D$  - думалатиб зичлашнинг ўлчовсиз чуқурлиги;  $d/D$  - думалатиб зичлашнинг ўлчовсиз диаметри;  $t/D$  - думалатиб зичлашнинг ўлчовсиз қадами.

Буғларни силлиқ трубали қурилмаларда конденсациялаш пайтида, буғ таркибига ҳаво кўшилиб қолса, иссиқлик алмашиниш тезлиги кескин равишда камайиб кетади. Лекин конденсаторлардаги силлиқ трубалар, думалатиб зичлаш усули билан олинган трубалар билан алмаштирилса, иссиқлик алмашиниш тезлашади ва бу жараён ушбу функция орқали ифодаланади:

$$Nu = f\left(\text{Re}, \text{Re}_{\text{пл}}, \varepsilon, \frac{h}{D}, \frac{d}{D}, \frac{t}{D}, \frac{t}{D}, P\right) \quad (11.8)$$

бу ерда  $\varepsilon = (G_x/G_6)$  - ҳаво буғ аралашмасидаги ҳавонинг миқдори, %;  $G_x$  - ҳавонинг сарфи, кг/с;  $G_6$  - буғнинг сарфи, кг/с;  $P$  - қурилмадаги босим, Па;  $\text{Re}_{\text{пл}}$  - конденсат юпқа қатлами оқимининг Рейнолрдс сони;  $\text{Re}$  - Пекле критерийси, жараённинг гидродинамик шароити ва муҳитнинг хоссаларини белгилайди.

$$\text{Pe} = \frac{w \cdot l}{\alpha}; \quad \alpha = \frac{\lambda}{c \cdot \rho} \quad (11.9)$$

бу ерда  $\alpha$  - ҳарорат ўтказувчанлик коэффициентини, м<sup>2</sup>/с;  $\text{Pr}$  - Прандтл критерийси суюқликнинг қовушоқлик ва ҳарорат ўтказувчанлик хоссаларининг нисбатини ифода қилади.

$$\text{Pr} = \frac{\text{Pe}}{\text{Re}} = \frac{w \cdot l}{a} : \frac{w \cdot l}{\nu} = \frac{\nu}{a} \quad (11.10)$$

Рейнолрдс критерийси оқимдаги инерция ва ишқаланиш кучларнинг нисбатини аниқлайди.

$$\text{Re} = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu} = \frac{w \cdot d}{\nu} \quad (11.11)$$

Фурре критерийси нотурғун иссиқлик жараёнларида ҳарорат майдонининг ўзгариш тезлиги – муҳитнинг ўлчами вақт ва физик катталиклари - ўртасидаги боғлиқларни белгилайди

$$\text{Fo} = \frac{a \cdot \tau}{l^2} \quad (11.12)$$

Грасгоф критерийси эркин конвекция пайтида иссиқ ва совуқ суюқлик зичликларининг фарқи таъсирида ҳосил булган оқимнинг гидродинамик режимини ифодалайди

$$Gr = \frac{g \cdot l^3}{\nu^2} \cdot \beta \cdot \Delta t \quad (11.13)$$

$\beta$  - ҳажмий кенгайиш коэффиценти,  $1/К$ ;  $\Delta t$  - девор ва атроф мухит орасидаги ҳароратлар фарқи.

Иссиқлик ўтказишнинг ҳар қандай ҳолати учун алоҳида критериал тенглама мавжуд. Шундай қилиб, оқимнинг ҳар бир режими алоҳида критериал тенглама билан ифодаланади. Турбулент режимда

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \cdot \left( \frac{Pr_c}{Pr_g} \right)^{0,25} \quad (11.14)$$

Ламинар режимда:

$$Nu = 0,17 \cdot Re^{0,33} \cdot Pr^{0,43} \cdot Gr^{0,1} \cdot \left( \frac{Pr}{Pr_\delta} \right)^{0,25} \quad (11.15)$$

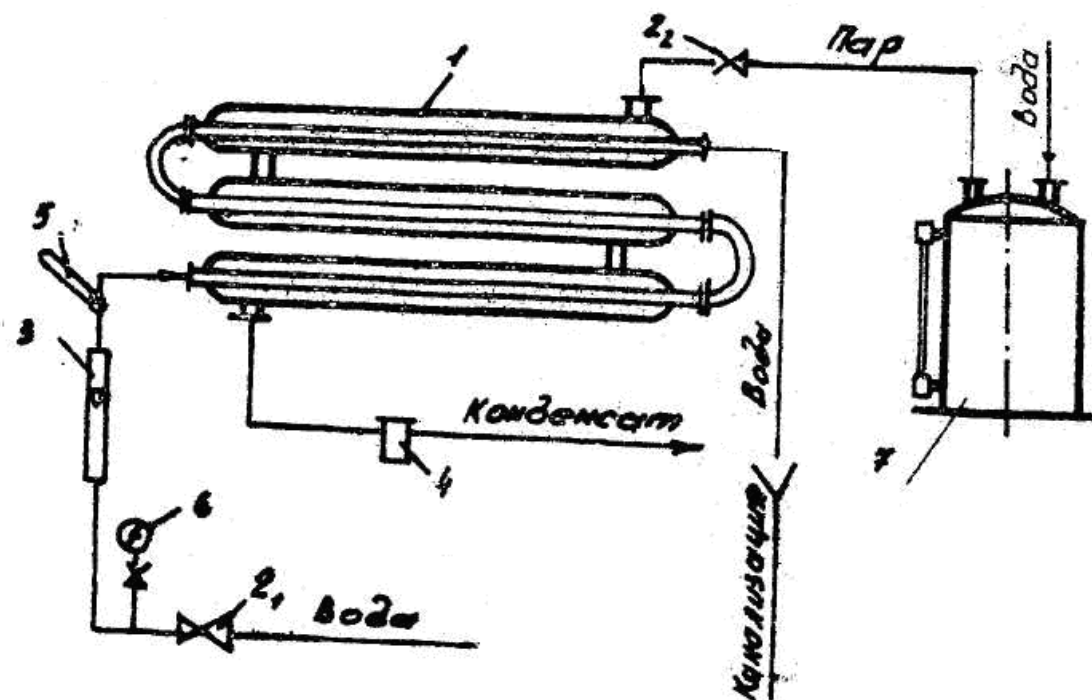
бу ерда  $Pr$  – суюқликнинг ўртача ҳароратида ҳисобланади;  $Pr_\delta$  - деворнинг ўртача ҳароратида ҳисобланади.

Иситиш ёки совитилаётганда  $\alpha$ , Вт/м<sup>2</sup>·К

- |  |              |
|--|--------------|
| 1. Ҳаво учун                                 | 1,16 - 58    |
| 2. Ёғлар учун                                | 58,0 - 1740  |
| 3. Сув учун                                  | 232 - 11600  |
| 4. Ўта қиздирилган сув буғи учун             | 23,2 - 116   |
| 5. Қайнаётган сув учун                       | 2580 - 52200 |
| 6. Плёнкасимон конденсацияланаётган буғ учун | 4640 - 17400 |
| 7. Органик моддалар буғи учун                | 580 - 2320   |

### **ИШНИ БАЖАРИШ ТАРТИБИ**

**Қурилма баёни.** «Труба ичида труба» иссиқлик алмашиниш қурилмаси 3 та горизонтал элементдан тузилган. Иссиқлик алмашиниш қурилмасидаги пўлат трубаларнинг ташқи диаметри 38x3 мм, ички диаметри эса 15x1,5 мм дан иборат. Уччала ички трубанинг ишчи узунлиги L=1270 мм га тенг.



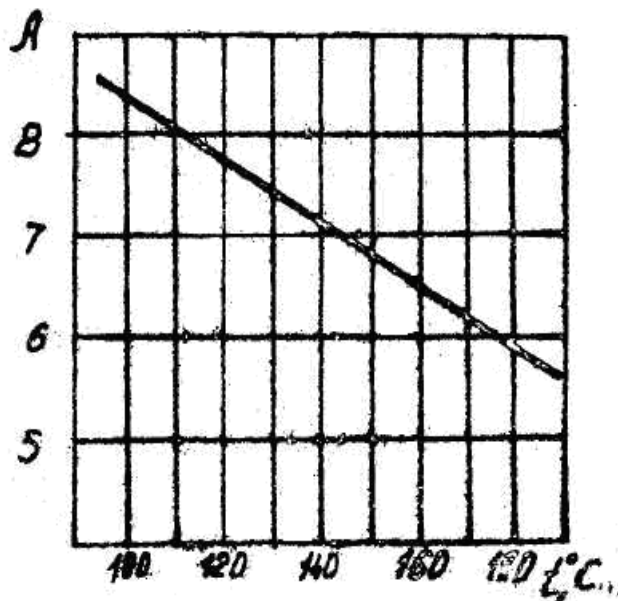
**11.1- расм. Труба ичида труба иссиқлик алмашиниш қурилмасидаги иссиқлик узатиш коэффицентини аниқлаш схемаси.**

1-иссиқлик алмашиниш қурилмаси; 2-вентил; 3-ротаметр; 4-конденсат чиқарувчи; 5-термометр; 6-манометр; 7-буғ ҳосил қилувчи.

Иситувчи агент сифатида иссиқ сув ишлатилади ва у иссиқлик алмашиниш қурилма трубасининг ички қисмида йўналтирилади. Иссиқлик алмашиниш қурилмасига киришдаги ва чиқишдаги сув ҳарорати симобли термометр 5 билан ўлчанади. Иситувчи буғ конденсати 4 орқали пастдан чиқариб юборилади. Совитувчи агент сифатида совуқ сув ишлатилиб, у ички трубадан пастдан юқорига қараб ҳаракат қилади. Иссиқлик алмашиниш қурилмасида иссиқ ва совуқ сув сувлар ўзаро қарама-қарши йўналишда ҳаракат қилишади. Сув сарфи 2 вентил билан созланади ва ротометр 3 билан ўлчанади. Ротометр йўқ бўлса, сув сарфини вентил 2 билан созлаш мумкин. Бунда иссиқлик алмашиниш қурилмасидан сувни чиқишида ўлчов цилиндри ўрнатилади ва сарфи аниқланади.

**Ишнинг бажарилиши.** Ишни бошида берилган сув сарфининг доимий сарфи ўрнатилади ва сувнинг сарфи аниқланади. Иситкичдан 10-15 минут трубалар орасидаги бўшлиққа буғ ҳайдалади. Буғ ҳайдалгандан кейин буғнинг иссиқлик алмашиниш қурилмасига киришдаги ҳарорати ўлчанади. Сўнгра сувнинг иссиқлик алмашиниш қурилмасига киришдаги ва чиқишдаги ҳароратлари ўлчанади. Олинган натижалар бўйича иссиқлик бериш коэффицентини аниқлаймиз.





11.2 - расм. Горизонтал труба ичидаги сув буғи конденсатланишии коэффициент  $A$  ни қиймати.

### ТАЖРИБА НАТИЖАЛАРИНИ ХИСОБЛАШ

Тажриба натижаларидан иссиқлик беришнинг умумий коэффициенти  $\alpha$  аниқланади. Иссиқлик алмашиниш қурилмаси учун иситувчи агентдан деворга берилаётган иссиқлик миқдори қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$Q = K \cdot \Delta t_{\text{ур}} \cdot F = G_c \cdot C_c (t_2 - t_1) \quad (11.16)$$

бу ерда:  $K$  - иссиқлик узатиш коэффициенти, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $\Delta t_{\text{ур}}$  - иссиқлик узатиш жараёнини ўртача ҳаракатлантирувчи кучи – сув ва буғнинг ўртача ҳароратлар фарқи, К;  $F$  - иссиқлик узатиш юзаси, м<sup>2</sup>;  $G_c$  – сув сарфи, кг/с;  $C_c$  – сувнинг иссиқлик сифими, Дж/(кг·К)

Иссиқлик узатиш жараёнини ўртача ҳаракатлантирувчи кучини аниқлаш учун олдин жараён бошида ҳароратлар фарқи аниқланади:

$$\Delta t_{\text{кат}} = t_{\text{кон}} - t_{\text{б}} \quad \text{ва} \quad \Delta t_{\text{кич}} = t_{\text{кон}} - t_{\text{о}} \quad (11.17)$$

Агар  $\Delta t_{\text{кат}}/\Delta t_{\text{кич}} > 2$  бўлса, у ҳолда  $\Delta t_{\text{урт}}$  қуйидаги ўртача логорифмик тенглама билан ҳисобланади:

$$\Delta t_{\text{ур}} = \frac{\Delta t_{\text{кат}} - \Delta t_{\text{кич}}}{2,3 \cdot \lg\left(\frac{\Delta t_{\text{кат}}}{\Delta t_{\text{кич}}}\right)} \quad (11.18)$$

Агар  $\Delta t_{\text{кат}}/\Delta t_{\text{кич}} \leq 2$  бўлса, у ҳолда  $\Delta t_{\text{урт}}$  қуйидаги ўртача арифметик муносабат билан аниқланади:

$$\Delta t_{\text{ур}} = \frac{\Delta t_{\text{кат}} + \Delta t_{\text{кич}}}{2} \quad (11.19)$$

Оқимнинг ҳаракат режими қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$\text{Re} = \frac{\omega \cdot \rho \cdot d}{\mu} \quad (4.20)$$

Сув ҳаракати тезлиги қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$W = \frac{V}{0,785d^2} \quad (11.21)$$

бу ерда  $V$  – сувнинг ҳажмий сарфи, м<sup>3</sup>/с;  $d$  – трубаинг ички диаметри, м.

Суюқлик оқими учун Прандтл критерияси қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$\text{Pr} = \frac{c \cdot \mu}{\lambda} \quad (11.22)$$

бу ерда  $c$ ,  $\mu$ ,  $\lambda$  - ўртача ҳароратда суюқликнинг иссиқлик сифими, қовушоқлиги ва иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентлари.

Тўғри труба ва каналларда ривожланган турбулент оқим учун Нусселрт критерияси қуйидаги тенгламадан аниқланади: ( $\text{Re} > 10\,000$ ).

$$\text{Nu} = 0,021 \cdot \text{Re}^{0,8} \cdot \text{Pr}^{0,43} \cdot \left( \frac{\text{Pr}_c}{\text{Pr}_g} \right)^{0,25} \quad (11.23)$$

бу ерда  $\text{Pr}$  - Прандтл критерийси, сувни ўртача ҳарорати ҳисобланади;  $\text{Pr}_0$  - Прандтл критерийси, қурилма деворини ўртача ҳароратида ҳисобланади

Ўтиш соҳасида иссиқликнинг берилиши ( $2300 < \text{Re} < 10000$ ). Ҳисоблаш учун аниқ тенглама бўлмаганлиги сабабли қуйидаги тахминий критериял тенгламадан фойдаланиш мумкин:

$$\text{Nu} = 0,08 \cdot \text{Re}^{0,9} \cdot \text{Pr}^{0,43} \quad (11.24)$$

Тўғри труба ва каналлардаги ламинар оқимда иссиқликнинг берилиши ( $\text{Re} < 2300$ ) қуйидаги ҳисоблаш тенгламасидан аниқланади:

$$\text{Nu} = 0,17 \cdot \text{Re}^{0,33} \cdot \text{Pr}^{0,43} \cdot \text{Gr}^{0,1} \cdot \left( \frac{\text{Pr}_c}{\text{Pr}_g} \right)^{0,25} \quad (11.25)$$

Сўнгра Нусселрт критерийсидан  $\text{Nu}$  иссиқлик бериш коэффициенти  $\alpha$  нинг қиймати топилади:

$$\text{Nu} = \frac{\alpha \cdot d}{\lambda}$$

Бундан

$$\alpha = \frac{\text{Nu} \cdot \lambda}{d} \quad (11.26)$$

бу ерда  $\lambda$  - иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти, Вт/м К.

Техникавий ҳисоблашларда, агар иссиқлик беришнинг иккинчи коэффициенти анча кичик қийматга эга бўлса, конденсацияланаётган сув

буғи учун иссиқлик бериш коэффициентининг қийматини тахминан қуйидаги интервалда олиш мумкин;

$$\alpha = 10000 \dots 12000 \text{ Вт/ м}^2 \text{ К ёки Вт/ м}^2 \text{ }^\circ\text{С}$$

Қурилмада сувни буғ ёрдамида иситишда ҳар хил режимларда олинган тажриба натижалари қуйидаги жадвалга ёзилади.

Тажриба №	Сувнинг ҳарорати, $^\circ\text{С}$		Сув сарфи, $\text{м}^3/\text{с}$	Сув тезлиги, $\text{м}/\text{с}$	Re	Pr	Nu	$\alpha_1$	$\alpha_2$
	бошланғич	охирги							

### Назорат саволлари

1. Иссиқлик ташувчи агентлар деб нимага айтилади?
2. Иситувчи агентлар деб нимага айтилади?
3. Иссиқлик тарқалишининг нечта принципиал тури мавжуд?
4. Иссиқлик ўтказувчанлик деб нимага айтилади?
5. Конвекция деб нимага айтилади?
6. Иссиқлик бериш ва иссиқлик узатиш коэффициентлари физик маҳноси жиҳатидан қандай фарқ қилади?

## 12 – ЛАБОРАТОРИЯ ИШ

### «ТРУБА ИЧИДА ТРУБА» ТИПИДАГИ ИССИҚЛИК АЛМАШИНИШ ҚУРИЛМАСИДА ИССИҚЛИК УЗАТИШ КОЭФФИЦИЕНТИНИ АНИҚЛАШ

**Ишдан мақсад:** а) суюқликнинг ҳаракат режими ва иссиқлик бериш коэффициентини аниқлаш .

б) иссиқлик узатиш ва алмашиниш юзасини аниқлаш.

в) иситиш юзасини аниқлаш ва «труба ичида труба» типидagi иссиқлик алмашиниш қурилмасида иситувчи агентдан совитувчи агентга иссиқлик ўтказиш коэффициентини аниқлаш

## ИШНИНГ НАЗАРИЙ АСОСЛАРИ

Иссиқлик ўтказиш - иссиқлик энергияси тарқалиш қонунларини ўрганувчи фандир. Иссиқлик ўтказиш қонунлари иситиш, совитиш, конденсацияланиш, буғлатиш каби иссиқлик жараёнларининг асоси бўлиб, иссиқлик таҳсирида борадиган масса алмашилиш жараёнларини амалга оширишда жуда катта аҳамиятга эга.

Ҳарорати юқори бўлган муҳитдан ҳарорати паст бўлган муҳитга бирор девор орқали иссиқликнинг берилиши **иссиқлик ўтиши** деб аталади. Бунда берилган иссиқликнинг миқдори иссиқлик ўтказишнинг асосий тенгламаси орқали топилади:

$$Q = K \cdot \Delta t_{yp} \cdot F \quad (12.1)$$

Бу тенглама биноан ҳарорати юқори бўлган муҳитдан ҳарорати паст бўлган муҳитга ўтаётган иссиқлик миқдори  $Q$ , ажратувчи деворнинг юзасига  $F$ , ўртача ҳароратлар фарқига  $\Delta t$  ва вақт  $\tau$  га тўғри пропорционалдир. Узлуксиз ишлайдиган турғун жараёнлар учун (5.1) тенгламаги  $\tau$  ҳисобга олинмайди. У ҳолда:

$$Q = K \cdot \Delta t_{yp} \cdot F \quad (12.2)$$

Иссиқлик ўтказиш коэффициенти  $K$  ҳарорати юқори бўлган муҳитдан ҳарорати паст бўлган муҳитга вақт бирлиги ичида ажратувчи деворнинг юзаси  $1 \text{ м}^2$ , муҳитлар ҳароратлари фарқи  $1^\circ\text{C}$  бўлганда, ўтказилган иссиқлик миқдори билдиради.

Иссиқлик ўтказиш коэффициенти қуйидаги ўлчов бирлигига эга:

$$[K] = \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Цилиндрсимон юзадан иссиқлик ўтганда иссиқлик ўтказиш коэффициентини ушбу тенгламадан аниқлаш мумкин:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_u \cdot r_u} + \frac{1}{\lambda} 2,31g \frac{r_m}{r_u} + \frac{1}{\alpha_u \cdot r_m}} \quad (12.3)$$

бу ерда  $\alpha_1, \alpha_n$  - иситувчи, агентдан деворга иссиқлик ўтаётган пайтдаги иссиқлик бериш коэффициентлари,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;  $\alpha_2, \alpha_T$  - девор юзасидан совутувчи агентга иссиқлик ўтаётган пайтдаги иссиқлик бериш коэффициентлари,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;  $\lambda$  - трубаининг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;  $\delta/\lambda$  - труба деворининг қалинлиги;  $r_n, r_T$  - трубаининг ички ва ташқи радиуслари, м.

Текис девор учун иссиқлик ўтказиш коэффициентини қуйидаги ифодадан топиш мумкин:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (12.4)$$

Деворнинг термик қаршилигини камайтириш учун девор қалинлиги  $\delta$  ни камайтириш ва девор материалининг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентига  $\lambda$  ни кўпайтириш керак. Конвектив иссиқлик алмашинишини ( $\alpha_1$  ва  $\alpha_2$ ) интенсивлаш учун суюқликни аралаштириш ва оқимнинг тезлигини ошириш зарур. Агар иссиқлик нурланиш орқали тарқалаётган бўлса, нур чиқараётган юзанинг қоралилик даражасини ва унинг ҳароратини ошириш мақсадга мувофиқдир. Агар текис деворнинг термик қаршилиги ҳисобга олинмаса бунда юқорида берилган тенглама куйидаги кўринишни олади:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{\alpha_1 \cdot \alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2}$$

тенгламадан кўриниб турибдики,  $K$  нинг қиймати ҳар доим  $\alpha$  нинг энг кичик қийматидан ҳам кам бўлади.

Агар  $\alpha_1 = 40 \frac{Вт}{(м^2 \cdot К)}$ ,  $\alpha_2 = 5000 \frac{Вт}{(м^2 \cdot К)}$  бўлса, у ҳолда  $K = 39,7 \frac{Вт}{(м^2 \cdot К)}$

бўлади.  $\alpha_2$  қийматнинг ортиши  $K$  нинг қийматига таъсир қилмайди.  $\alpha_1 = 40 \frac{Вт}{(м^2 \cdot К)}$  ва  $\alpha_1 = 10000 \frac{Вт}{(м^2 \cdot К)}$  бўлганда  $K = 39,8 \frac{Вт}{(м^2 \cdot К)}$  бўлади.

Иссиқлик ўтказиш коэффициенти  $K$  нинг қийматини анчагина ошириш учун кичик қийматли  $\alpha$  нинг қийматини (бизнинг мисолда  $\alpha_1$  нинг қийматини) ўзгартириш лозим.

Агар  $\alpha_2 = 5000$  ва  $\alpha_1 = 80$  бўлса,  $K = 78,8 \frac{Вт}{(м^2 \cdot К)}$ ;  $\alpha_1 = 200$  деб олинса,

$$K = 192 \frac{Вт}{(м^2 \cdot К)}$$

Демак,  $\alpha_1 \ll \alpha_2$  бўлса, жараёни интенсивлаш учун фақат  $\alpha_1$  нинг қийматини ошириш лозим экан. Агар  $\alpha_1 \approx \alpha_2$  бўлса, бундай иссиқлик алмашиниш жараёнини тезлатиш учун иккала  $\alpha_1$ , ва  $\alpha_2$ , нинг қийматларини ҳам ошириш мақсадга мувофиқдир.

Конденсацияланаётган буғнинг иссиқлик бериш коэффициенти конденсацияланиш критерийси орқали ҳисобга олинади:

$$K = \frac{r}{C_p \cdot \Delta t} \quad (12.5)$$

бу ерда  $r$  – буғланиш иссиқлиги, Ж/кг.

Конденсацияланиш критерийси  $K$  иситувчи агентнинг агрегат ҳолатининг ўзгаришини характерлайди.  $r$  ва  $c$  лар иситувчи агентнинг ўртача ҳарорати

асосида аниқланади.

Иситиш юзаси иссиқлик ўтказишнинг умумий тенгламасидан топилади:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{yp} \cdot \tau} \quad (12.6)$$

бу ерда  $Q$  – суюқликни иситиш учун кетган иссиқлик миқдори, Вт;  $K$  - иссиқлик ўтказиш коэффиценти, Вт/м<sup>2</sup> К;  $\Delta t_{yp}$  - ўртача ҳароратлар фарқи ёки иссиқлик жараёнларнинг ҳаракатлантирувчи кучи ва у қуйидаги тенглама билан топилади:

$$\Delta t_{yp} = \frac{\Delta t_{ka} - \Delta t_{ki}}{2,3l \cdot g \frac{\Delta t_{ka}}{\Delta t_{ki}}} \quad (12.7)$$

Агар  $\Delta t_{ka} / \Delta t_{ki} \leq 2$  бўлса, ўртача ҳароратлар фарқи қуйидаги ифодадан топилади:

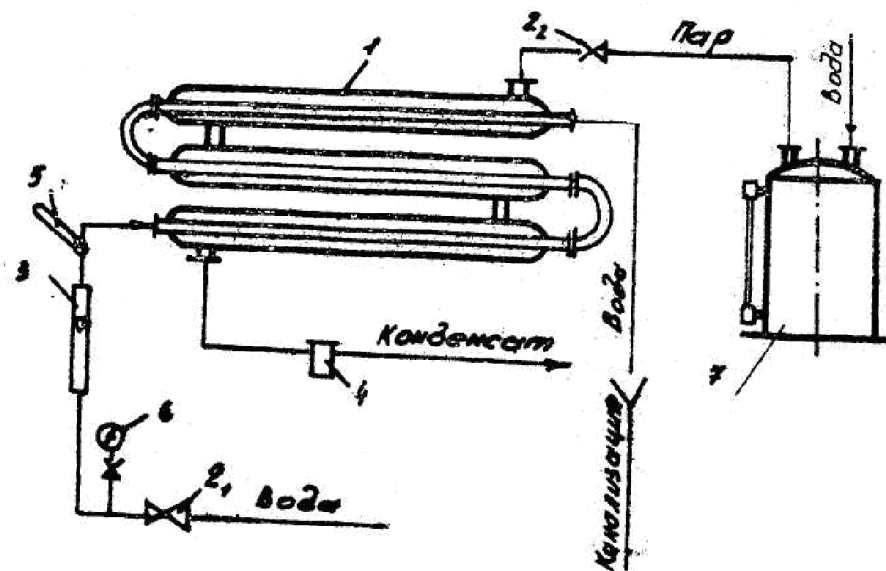
$$\Delta t_{yp} = \frac{\Delta t_{ka} + \Delta t_{ki}}{2} \quad (12.8)$$

(5.7) ва (5.8) формулалардаги  $\Delta t_{ka}$  ва  $\Delta t_{ki}$  иссиқлик алмашиниш қурилмасининг четларидаги ҳароратларнинг катта ва кичик фарқлари бўлиб, иссиқлик ташувчи агентларнинг йўналишига боғлиқ. Иссиқ ва совуқ суюқликлар ўзаро параллел, қарама-қарши ёки ўзаро кесишган ҳолда ҳаракат қилиши мумкин. Бундан ташқари, амалда иссиқлик ташувчи агентларнинг анча мураккаб ҳаракат йўналиш схемалари учрайди.

### ***ИШНИ БАЖАРИШ ТАРТИБИ***

***Қурилма баёни.*** «Труба ичида труба» иссиқлик алмашиниш қурилмаси 3 та горизонтал элементдан тузилган. Иссиқлик алмашиниш қурилмасидаги пўлат трубаларнинг ташқи диаметри 38x3 мм, ички диаметри эса 15x1,5 мм дан иборат. Уччала ички трубанинг ишчи узунлиги  $L=1270$  мм га тенг.

Иситувчи агент сифатида иссиқ сув ишлатилади ва у иссиқлик алмашиниш қурилма трубасининг ички қисмида йўналтирилади. Иссиқлик алмашиниш қурилмасига киришдаги ва чиқишдаги сув ҳарорати симобли термометр 5 билан ўлчанади. Иситувчи буғ конденсати 4 орқали пастдан чиқариб юборилади



12.1 - расм. Труда ичида труба иссиқлик алмашиниш қурилмасидаги иссиқлик узатиш коэффицентини аниқлаш схемаси.

1-иссиқлик алмашиниш қурилмаси; 2-вентил; 3-ротаметр; 4-конденсат чиқарувчи; 5-термометр; 6-манометр; 7-буғ ҳосил қилувчи.

. Совитувчи агент сифатида совуқ сув ишлатилиб, у ички трубадан пастдан юқорига қараб ҳаракат қилади. Иссиқлик алмашиниш қурилмасида иссиқ ва совуқ сув сувлар ўзаро қарама-қарши йўналишда ҳаракат қилишади.

Сув сарфи 2 вентил билан созланади ва ротаметр 3 билан ўлчанади. Ротаметр йўқ бўлса, сув сарфини вентил 2 билан созлаш мумкин. Бунда иссиқлик алмашиниш қурилмасидан сувни чиқишида ўлчов цилиндри ўрнатилади ва сарфи аниқланади.

**Ишнинг бажарилиши.** Ишни бошида берилган сув сарфининг доимий сарфи ўрнатилади ва сувнинг сарфи аниқланади. Иситкичдан 10-15 минут трубалар орасидаги бўшлиққа буғ ҳайдалади. Буғ ҳайдалгандан кейин буғнинг иссиқлик алмашиниш қурилмасига киришдаги ва чиқишдаги буғ конденсатининг ҳароратлари ўлчанади. Сўнгра сувнинг иссиқлик алмашиниш қурилмасига киришдаги ва чиқишдаги ҳароратлари ўлчанади. Олинган натижалар бўйича иссиқлик узатиш коэффицентини ҳамда иситиш юзасини аниқлаймиз.

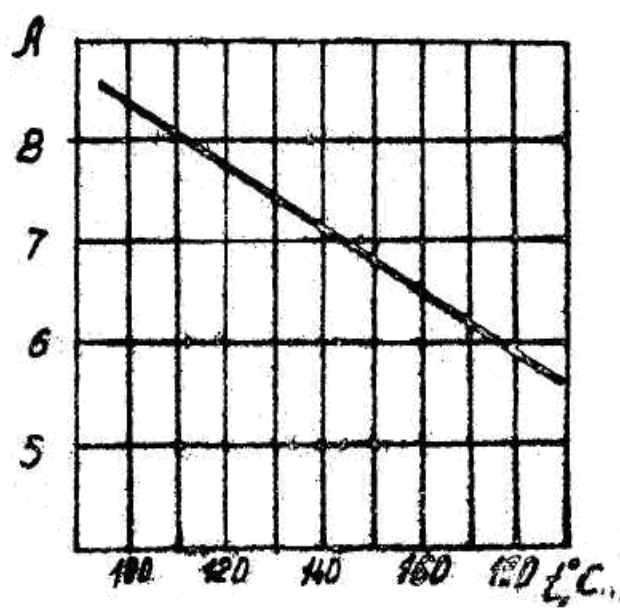
### **ТАЖРИБА НАТИЖАЛАРИНИ ХИСОБЛАШ**

Иситувчи агент сув буғининг ва совитувчи агент сувнинг сарфларини аниқлаймиз. Сўнгра уларнинг ўртача ҳароратларини топамиз. Топилган ҳароратлар асосида сув буғининг ва сувнинг иссиқлик сиғими, қовушоқлиги ҳамда зичликларини жадваллар асосида топамиз.

Иссиқлик узатиш жараёнини ўртача ҳаракатлантирувчи кучини аниқлаш учун олдин жараён бошида ҳароратлар фарқи аниқланади:

$$\begin{array}{ccc}
 \text{сув буғи} & & \\
 t_6 \rightarrow t_0 & \text{сув} & (12.9)
 \end{array}$$

$$\frac{t_o \leftarrow t_6}{\Delta t_{\text{кат}} \quad \Delta t_{\text{кич}}}$$



12.2 - расм. Горизонтал труба ичидаги сув буғи конденсатланиши коэффициент  $A$  ни қиймати.

Агар  $\Delta t_{\text{кат}}/\Delta t_{\text{кич}} > 2$  бўлса, у ҳолда  $\Delta t_{\text{ўрт}}$  куйидаги ўртача логорифмик тенглама билан ҳисобланади:

$$\Delta t_{\text{ўрт}} = \frac{\Delta t_{\text{кат}} - \Delta t_{\text{кич}}}{2,3 \cdot \lg\left(\frac{\Delta t_{\text{кат}}}{\Delta t_{\text{кич}}}\right)} \quad (12.10)$$

Агар  $\Delta t_{\text{кат}}/\Delta t_{\text{кич}} \leq 2$  бўлса, у ҳолда  $\Delta t_{\text{ўрт}}$  куйидаги ўртача арифметик муносабат билан аниқланади:

$$\Delta t_{\text{ўрт}} = \frac{\Delta t_{\text{кат}} + \Delta t_{\text{кич}}}{2} \quad (12.11)$$

Тажриба натижаларидан иссиқлик узатишнинг умумий коэффициенти  $K$  аниқланади. Иссиқлик алмашиниш қурилмаси учун иситувчи агентдан деворга берилаётган иссиқлик миқдори куйидаги тенгламадан аниқланади:

$$Q = K \cdot \Delta t_{\text{ўрт}} \cdot F = G_c \cdot C_c (t_2 - t_1) \quad (12.12)$$

бу ерда:  $K$  - иссиқлик узатиш коэффициенти, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $\Delta t_{\text{ўрт}}$  - иссиқлик узатиш жараёнини ўртача ҳаракатлантирувчи кучи - сув ва буғнинг ўртача ҳароратлар фарқи, К;  $F$  - иссиқлик узатиш юзаси, м<sup>2</sup>;  $G_c$  - сув сарфи, кг/с;  $C_c$  - сувнинг иссиқлик сифими, Дж/(кг·К)

Сувнинг сарфини аниқлаймиз:



$$G_c = \frac{Q}{c_c(t_o - t_o)} \quad (12.13)$$

Оқимнинг ҳаракат режими қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$Re = \frac{\omega \cdot \rho \cdot d}{\mu} \quad (12.14)$$

Сув ҳаракати тезлиги қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$W = \frac{V}{0,785d^2} \quad (12.15)$$

бу ерда  $V$  – сувнинг ҳажмий сарфи, м<sup>3</sup>/с;  $d$  – трубаинг ички диаметри, м.

Суюқлик оқими учун Прандтл критерияси қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$Pr = \frac{c \cdot \mu}{\lambda} \quad (12.16)$$

бу ерда  $c$ ,  $\mu$ ,  $\lambda$  - ўртача ҳароратда суюқликнинг иссиқлик сиғими, ковушоқлиги ва иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентлари.

Тўғри труба ва каналларда ривожланган турбулент оқим учун Нусселрт критерияси қуйидаги тенгламадан аниқланади: ( $Re > 10\,000$ ).

$$Nu = 0,021 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \cdot \left( \frac{Pr_c}{Pr_g} \right)^{0,25} \quad (12.17)$$

бу ерда  $Pr$  - Прандтл критерийси, сувни ўртача ҳарорати ҳисобланади;  $Pr_o$  - Прандтл критерийси, қурилма деворини ўртача ҳароратида ҳисобланади.

Ўтиш соҳасида иссиқликнинг берилиши ( $2300 < Re < 10000$ ). Ҳисоблаш учун аниқ тенглама бўлмаганлиги сабабли қуйидаги тахминий критериял тенгламадан фойдаланиш мумкин:

$$Nu = 0,08 \cdot Re^{0,9} \cdot Pr^{0,43} \quad (12.18)$$

Тўғри труба ва каналлардаги ламинар оқимда иссиқликнинг берилиши ( $Re < 2300$ ) қуйидаги ҳисоблаш тенгламасидан аниқланади:

$$Nu = 0,17 \cdot Re^{0,33} \cdot Pr^{0,43} \cdot Gr^{0,1} \cdot \left( \frac{Pr_c}{Pr_g} \right)^{0,25} \quad (12.19)$$

Сўнгра иссиқлик бериш коэффициенти  $\alpha$  нинг қиймати топилади:

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda}{d} \quad (12.20)$$

бу ерда  $\lambda$  - иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти, Вт/м К.

Техникавий ҳисоблашларда, агар иссиқлик беришнинг иккинчи коэффициенти анча кичик қийматга эга бўлса, конденсацияланаётган сув буғи учун иссиқлик бериш коэффициентининг қийматини тахминан қуйидаги интервалда олиш мумкин:

$$\alpha = 10000 \dots 12000 \text{ Вт/ м}^2 \text{ К}$$

Иссиқлик ўтказиш коэффициентини  $K$  нинг ҳисобий қийматини қуйидаги тенгламадан топилади:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \Sigma \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}, \left[ \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right] \quad (12.21)$$

бу ерда  $\delta$  - труба деворининг қалинлиги  $\delta = 0,002$  мм;  $\lambda$  - иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти,  $\lambda=46,5$  Вт/м К.

Иситиш юзаси иссиқлик ўтказишнинг умумий тенгламасидан топилади:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{yp}} \quad (12.22)$$

бу ерда  $Q$  – суюқликни иситиш учун кетган иссиқлик миқдори, Вт;  $K$  - иссиқлик ўтказиш коэффициенти, Вт/м<sup>2</sup> К;  $\Delta t_{yp}$  - ўртача ҳароратлар фарқи.

«Труба ичида труба» иссиқлик алмашиниш қурилмасида сувнинг буғ билан иситишда ҳар хил режимларда олинган тажриба натижалари қуйидаги жадвалга ёзилади.

Тажриба №	Сувнинг ҳарорати, °С		Буғнинг ҳарорати, °С		Сув сарфи, м <sup>3</sup> /с	Сув тезлиги, м/с	Re	Nu	$\alpha_1$	$\alpha_2$	K	F
	$t_6$	$t_o$	$t_6$	$t_o$								

### Назорат саволлари

1. Иссиқлик ўтказиш жараёни нимани ўргатади?
2. Иссиқлик ўтиши деб нимага айтилади?
3. Иссиқлик ўтказишнинг асосий қонуни ва унинг физик маноси.
4. Иссиқлик ўтказиш коэффициенти ва унинг физик маноси.
5. Иссиқлик ташувчи агентларнинг ҳаракат йўналиши ва иссиқлик алмашиниш жараёнини ҳаракатга келтирувчи кучини аниқлаш.
6. Иссиқлик алмашиниш қурилмаларнинг ишлаш принципи ва конструкциясини тушунтириш.
7. Иссиқлик ўтказиш коэффициенти қандай тенглама билан аниқланади?

## АДАБИЁТЛАР

1. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Зокиров С.Г. Кимёвий технология асосий жараён ва қурилмалари. – Тошкент: «Шарқ», 2003.
2. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Зокиров С.Г. ва бошқалар. Кимё ва озиқ – овқат саноатининг асосий жараён ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Тошкент: Жаҳон, 2000. – 231 б.
3. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Исматуллаев П.Р. Кимё ва озиқ – овқат саноатининг жараён ва қурилмалари фанидан ҳисоблар ва мисоллар. – Тошкент: Nisim, 1999. – 351 б.
4. Салимов З. Кимёвий технологиянинг асосий жараёнлари ва қурилмалари. Тошкент: «Ўзбекистон», 1 – том, 1994.
5. Салимов З. Кимёвий технологиянинг асосий жараёнлари ва қурилмалари. Тошкент: «Ўзбекистон», 2 – том, 1995.
6. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. -М.: Химия, 1 – частъ, 1995.
7. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. -М.: Химия, 2 – частъ, 1995.
8. Салимов З., Туйчиев И. Химиявий технология процесслари ва аппаратлари. Тошкент: Ўқитувчи, 1987.
9. Процессы и аппараты химической технологии. Под ред. Ю.И. Дытнерский. - М.: Химия, - 1991
10. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А, Примерқ и задачи по курсу процессы и аппараты химической технологии. -Л.: Химия, 1987.

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС  
ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ**

**ТЕХНОЛОГИК МАШИНАЛАР ВА ЖИХОЗЛАР  
КАФЕДРАСИ**

**«Асосий технологик жараёнлар ва аппаратлар»  
фанидан**

## **Тестлар**

**ТОШКЕНТ – 2017**

**5320300 - «Технологик машиналар ва жихозлар», 5111000 - Касбий таълими ( 5111038 - “Технологик машиналар ва жихозлар”) таълим йўналишлари. III блок. Умуммухандислик фанлари «Асосий технологик жараёнлар ва аппаратлар» фанидан ТЕСТ саволлари**

**1- вариант**

1. Материалларни майдалашнинг мавжуд услубларини кўрсатинг:
- A) эзиш, ёриш, ёйилтириш ва зарба бериш;
  - B) эзиш, ёриш, сиқиш;
  - C) эзиш, сиқиш, зарба бериш;
  - D) эзиш, майдалаш;
2. Консерва саноатида кенг фойдаланиладиган механик жараёнлар туркумини кўрсатинг:
- A) майдалаш, синфларга ажратиш, саралаш, аралаштириш, эзиш, донадорлаш, узатиш;
  - B) кесиш, хиллаш, саралаш, майдалаш, узатиш, донадорлаш;
  - C) хиллаш, саралаш, майдалаш, узатиш;
  - D) классификациялаш, ажратиш;
3. Ўлчами 1500 ммдан кам бўлмаган материални 100-300 мм атрофидаги бўлақларга майдалаш учун қандай машиналардан фойдаланиш мумкин?
- A) ясси плитали ва конусли машиналар;
  - B) конусли ва валикли янчиш машиналари;
  - C) тегирмон, дезинтегратор;
  - D) тегирмонлар;
4. Фазаларнинг физик ҳолатига кўра турли жинсли системаларни гуруҳларга ажратинг:
- A) суспензия, эмульсия, кўпик, чанг;
  - B) эмульсия, лойқа, аэрозоль бирикмалар;
  - C) суспензия, эмульсия, кўпик, чанг, тутун, туман;
  - D) суспензия, эмульсия, чанг, коллоид эритмалар;
5. Газларни чангдан тозалашнинг самарали услубларини кўрсатинг:
- A) оғирлик кучи таъсирида чўктириш, намлаб тозалаш;
  - B) фильтрлаш, марказдан қочма куч майдонида тозалаш;
  - C) юқори кучланишли электр майдонида тозалаш, намлаш;
  - D) намлаш, фильтрлаш, барботаж;
6. Агар аппарат диаметри 1,0 м бўлса, унга мос келувчи парракли аралаштиргичнинг ўлчамларини (м) танланг:
- A)  $b = 0,05, d = 0,4, h = 0,5$ ;
  - B)  $b = 0,05, d = 0,6, h = 0,2$ ;
  - C)  $b = 0,1/0,02, d = 0,6/0,9, h = 0,3$ ;
  - D)  $b = 0,2, d = 0,5, h = 0,4$ ;
7. Центрифугаларда юзага келадиган марказдан қочма кучни ифодаловчи тенгламани кўрсатинг:
- A)  $C = m_{\delta} \cdot n^2 R$ ;
  - B)  $C = (m_{\delta} + m_c) n^3 R$ ;
  - C)  $C = 20(m_{\delta} + m_c) n^2 D$ ;
  - D)  $C = m_{\delta} \cdot n^2 D$ ;
8. Циклондаги газнинг фиктив тезлиги 5 м/с бўлса, қуйидаги параметрлар

киймати  $\zeta=160$ ,  $\rho=1400$  кг/м<sup>3</sup> бўйича, унинг гидравлик қаршилигини (кПа) аниқланг:

А) 600; В) 560; С) 300; D) 480;

9. Суспензияларни филтрлаш усулларини кўрсатинг:

- А) чўкма қатлами хосил қилиш;
- В) ғовакларни тўлдириш;
- С) чўкма қатлами хосил қилиш ва. ғовакларни тўлдириш;
- Д) чўкманинг қаршилигини камайтириш;

10. Филтрлаш жараёнини ҳаракатлантирувчи куч нима?

- А) чўкма қатлами устидаги суюқлик босими;
- В) суспензия ҳайдовчи насоснинг босими;
- С) чўкма қатламининг қаршилиги;
- Д) филтрловчи юзага кўрсатиладиган босим;

11. Филтрловчи қурилмаларнинг иш режимини кўрсатинг:

- А) даврий, узлуксиз;
- В) узлуксиз;
- С) комбинациялашган;
- Д) автоматик;

12. Филтрлаш жараёни цикли тўғри ифодаланган вариантни

белгиланг:

- А)  $T = \tau_{юк} + \tau_{ф} + \tau_{юв} + \tau_{ёр}$ ;
- В)  $T = \tau_{ф} + \tau_{ёр}$ ;
- С)  $T = \tau_{юв} + \tau_{ёр}$ ;
- Д)  $T = \tau_{ф} + \tau_{юв}$ ;

13. Иссиқлик тарқалишининг принципиал турлари келтирилган вариантни кўрсатинг:

- А) конвекция, иссиқлик ўтказувчанлик;
- В) газ ва қиздирилган суюқликлар ҳаракати;
- С) конвекция, иссиқлик ўтказувчанлик, иссиқликни нурланиши;
- Д) мажбурий конвекция, иссиқлик ўтказувчанлик;

14. Иссиқлик ўтказиш жараёнларини жадаллаштирувчи омилларни кўрсатинг:

- А) турбулизаторлар қўллаш, иситиш юзасини тозалаш, иссиқлик элтувчи агент сарфини ошириш, суюқлик оқимининг юпқа қатламларидаги ҳаракатини таъминлаш;
- В) буғ сарфини кўпайтириш, қиздирилаётган суюқликни борбатаж қилиш;
- С) иситиш юзасини даврий равишда тозалаб туриш;
- Д) буғ ҳароратини ошириш;

15. Иссиқлик сиғими 4190 Ж/(кг °С) бўлган 1 кг суюқлик ҳароратини 70 °С дан 90 °С гача оширишга қанча иссиқлик миқдори (кЖ) зарур бўлишини аниқланг:

А) 100; В) 45; С) 25,8; D) 83,8;

16. Агар  $\Delta t_k/\Delta t_{ку} = 1.6$  бўлса, ҳароратларни ўртача фарқи  $\Delta t_{ур}$  қайси бир тенглама билан ҳисобланиши кераклигини кўрсатинг:

- А)  $\Delta t_y = \frac{\Delta t_{\sigma} - \Delta t_m}{2.3 \lg(\Delta t_{\sigma} / \Delta t_m)}$ ;
- В)  $\Delta t_y = \frac{\Delta t_{\sigma} - \Delta t_m}{2}$ ;
- С)  $\Delta t_y = t_{\sigma y} - t_c$ ;
- Д)  $\Delta t_y = \frac{\Delta t_u - \Delta t_c}{2}$ ;

17. Солиштирма иссиқлик сиғими 3,62 кЖ/кг бўлган 100 кг/соат суюқлик ҳароратини 60 °С дан 28 °С гача тушириш учун зарур бўлган совуқ сув сарфини (л/соат)

аниқланг. Сувнинг иссиқлик сиғими  $4,19 \text{ кЖ}/(\text{кг } ^\circ\text{C})$ , зичлиги  $1000 \text{ кг}/\text{м}^3$ , бошлангич харорати  $15 ^\circ\text{C}$ , илиқ сув харорати  $22 ^\circ\text{C}$ .

A) 419,2; B) 395; C) 350,5; D) 272,8.

18. Иссиқлик алмашиниш аппаратларининг гидравлик хисобидан кўзланган мақсад нима?

- A) аппарат ва унинг коммуникацияларида ишқаланиш ва маҳаллий қаршилиқларни енгиш учун зарур бўлган босимни аниқлаш;
- B) ишчи суюқликни қурилмадан ўтказиш учун зарурий қувватни хисоблаш;
- C) суюқлик сарфини хисоблаш;
- D)  $\Delta P_M$  ва  $\Delta P_T$  параметрлар асосида аппарат иш унумдорлигини таъминловчи насос қувватини аниқлаш ва насос танлаш;

19. Иссиқлик алмашиниш аппаратларида иссиқлик ўтказувчи юзани ташкил этувчи трубкалар труба тўрига қайси самарали усул билан бириктирилади?

- A) пайвандлаш;
- B) клейлаш;
- C) развальцовка;
- D) кавшарлаш;

20. Буғлатиш жараёнининг моддий баланси қайси бир вариантда тўла ва тўғри ифодаланган:

- A)  $G_0 = G_1 + W$ ;
- B)  $G_0 = G_1 + G_0 \frac{a_0}{a_1}$ ;
- C)  $G_1 = G_0 \left(1 - \frac{a_0}{a_1}\right)$ ;
- D)  $G_0 a_0 = G_1 a_1$ ;

21. Таркибида 6% курук моддалар миқдори бўлган 8 тн эритмани 25% гача қуюлтириш жараёнида ажратилган сув буғлари миқдорини (кг) аниқланг.

A) 5020; B) 6080; C) 4080; D) 6000;

22. Газ аралашмасидан бирон-бир моддани суюқлик фазасига ўтиш жараёни нима деб аталади?

- A) адсорбция;
- B) қуритиш;
- C) абсорбция;
- D) ректификация;

23. Фазалар коидасига биноан, икки фазали ва уч компонентли системанинг эркинлик даражасини аниқланг:

A) 2; B) 3; C) 4; D) 1;

24. Газларни суюқт абсорбентлардаги эрувчанлиги қуйида келтирилган омилларнинг қайси бирига боғлиқ бўлади?

- A) газ ва абсорбентнинг физик-кимёвий хоссалари;
- B) харорат;
- C) газни аралашмадаги парциал босими;
- D) юқорида келтирилган барча омиллар;

25. Абсорбент сарфини хисоблаш тенгласини кўрсатинг:

- A)  $L = G \frac{Y_\delta - Y_0}{X_0 - X_\delta}$ ;
- B)  $l = \frac{L}{G}$ ;
- C)  $\frac{L_{\min}}{G} = \frac{Y_\delta - Y_0}{X_0 - X_\delta}$ ;

$$D) L = G \frac{X_0 - X_6}{Y_6 - Y_0};$$

26. Колоннаги абсорберларни турли хил шаклдаги насадкалар билан тўлдиришдан асосий мақсад нима?

- A) газ ва суюқлик ўртасидаги тўқнашув юзасини орттириш;
- B) суюқликни аппаратда бўлиш вақтини узайтириш;
- C) суюқлик ва газ фазалари харакатини мураккаблаштириш;
- D) суюқликни насадкалар юзаси бўйлаб юпка қатламда окишини таъминлаш;

27. Суюқликни хайдаш жараёни асосини белгиловчи омилларни кўрсатинг:

- A) аралашма компонентларини бир хил хароратда турлича учувчанликка эга бўлиши;
- B) аралашма компонентларини турлича қайнаш хароратига эга бўлиши;
- C) аралашма компонентлари учувчанликлари ўртасида фарқни катта бўлиши;
- D) аралашманинг иссиқлик сиғимини ўзгариши;

28. Ректификация жараёнининг мохияти:

- A) суюқликни кўп маротаба буғланиши ва унинг буғларини конденсациялаш йўли билан таркибий компонентларини ажратиш;
- B) суюқликни буғланган компонент иссиқлиги хисобига кўп маротаба қайнатиш;
- C) кўп маротаба буғлатиш - конденсациялаш жараёнларида модда бериш;
- D) кўп маротаба буғлатиш;

29. Аралашма таркибидан қайнаш хароратлари бир-бирига яқин компонентларни ажратишнинг махсус усулларини кўрсатинг:

- A) экстрактив ва азеотроп ректификация;
- B) молекуляр дистилляция, паст хароратли ректификация;
- C) А ва В вариантдаги барча усуллар;
- D) молекуляр дистилляция;

30. Экстракция жараёнида модда ўтказиш коэффициенти қийматини белгиловчи омиллар туркумини белгиланг:

- A) қаттиқ жисм структураси (ўлчами, шакли, тузилиши);
- B) экстрагентни физик хосслари, ажратилаётган моддани эритмадаги ва материалдаги концентрациялари;
- C) жараён харорати;
- D) юқоридаги барча омиллар;

31. Адсорбентларни тавсифловчи катталиклар гуруҳини кўрсатинг:

- A) зичлиги, механик мустахкамлиги, ғоваклар ўлчами, танловчанлиги;
- B) ғовакларни бирлик солиштирма юзаси, уюлган зичлиги, механик мустахкамлиги, қатламдаги эркин хажми, ўлчамлари, безарарлиги;
- C) танловчанлиги, кимёвий инертлиги, арзонлиги, регенеративлиги;
- D) зичлиги, ғоваклиги;

32. Махсулот ва хом ашёларни сувсизлантиришнинг мавжуд усулларини кўрсатинг:

- A) механик услуб;
- B) физик-кимёвий услуб;
- C) иссиқлик ёрдамида сувсизлантириш;
- D) юқорида келтирилган барча услублар;

33. Нам хавонинг асосий параметрларини кўрсатинг:

- A) нисбий ва абсолют намлик;
- B) нисбий ва абсолют намлик, нам сақлаш даражаси ва энтальпия;
- C) харорат, нисбий намлик ва нам сақлаш даражаси;
- D) харорат, нисбий намлик, зичлик, босим;

34. Нам хавонинг харорати 60 °C ва нисбий намлиги φ = 30% бўлса, I-x диаграмма буйича, унинг энтальпияси (кЖ/кг) ва нам сақлаш даражасини (кг/кг) аниқланг:



- A)  $I=163; x = 0,04;$
- B)  $I=150; x = 0,03;$
- C)  $I = 200; x = 0,04;$
- D)  $I = 190; x = 0,047;$

35. Хавонинг нисбий намлигини хисоблашда қўлланиладиган тенгламани кўрсатинг:

- A)  $x = 0,622\varphi P_T / (\Pi - \varphi P_T);$
- B)  $\varphi = P_n / P_T;$
- C)  $x = 0,162 \varphi / (1 - \Pi);$
- D)  $\rho_x = \rho_n + \rho_{к.х.};$

36. Қуритиш жараёнида материал (махсулот) билан боғланган намликнинг қайси бири ҳайдалади?

- A) кимёвий йўл билан боғланган намлик;
- B) физик- кимёвий йўл билан боғланган намлик;
- C) физик-механик йўл билан боғланган намлик;
- D) физик-кимёвий ва физик-механик йўл билан боғланган намлик;

## 2- вариант

1. Махсулотларни майдалаш турларини кўрсатинг:

- A) йирик янчиш, ўртача янчиш, майда янчиш;
- B) йирик, ўртача ва майда янчиш, юпқа ва ўта юпқа майдалаш;
- C) майда янчиш ва юпқа майдалаш;
- D) гомонизациялаш;

2. Майдалаш жараёни самарадорлигини ифодаловчи кўрсаткичлар гуруҳини белгиланг:

- A) майдаланиш даражаси, махсулот таркибини бир хиллиги;
- B) майдаланиш даражаси, жараёнга сарфланган қувват сарфи;
- C) майдаланиш даражаси, иш унумдорлиги;
- D) майдаланиш даражаси, махсулотни фракциявий таркиби, иш унумдорлиги ва жараёнга сарфланган бирлик қувват сарфи;

3. Харакатдаги суюқликнинг иссиқлик энергияси миқдори ифодаланган тенгламани кўрсатинг:

- A)  $Q = mct;$
- B)  $Q = Gct;$
- C)  $Q = Di;$
- D)  $Q = W_{Гкн};$

4. Турли жинсли системаларни ажратишнинг мавжуд усулларини кўрсатинг:

- A) чўктириш, филтрлаш, сепарация;
- B) чўктириш, центрифугалаш, барботаж;
- C) чўктириш, тиндириш;
- D) чўктириш, филтрлаш, сепарация, газларни суюқликлар ёрдамида тозалаш;

5. Саноатда кенг қўлланиладиган механик аралаштиргичларнинг асосий турларини кўрсатинг:

- A) парракли, пропеллерли, япроқсимон;
- B) пропеллерли, япроқсимон, якорсимон;
- C) парракли, пропеллерли, турбинали;
- D) парракли, лентали, шнекли, вибрацион;

6. Қовушқоқлиги  $\mu = 0,1/6$  Па.с бўлган суюқликни аралаштириш учун қўлланиладиган аралаштиргич турини танланг:

- A) парракли;
- B) пропеллерли;
- C) турбинали;
- D) якорли;

7. Ишлаш принципага кўра центрифугаларни гурухларга ажратинг:

- A) фильтрловчи, чўктирувчи, тарелкали сепараторлар;
- B) фильтрловчи, нормал ва сверхцентрифугалар;
- C) марказдан қочма типдаги, циркуляциявий;
- D) тиндирувчи, шнекли ва чўктирувчи;

8. Суюқлик таркибидаги қаттиқ жисм заррачаларини ўлчами 0,5-100 мкм бўлса, ушбу аралашма суспензияларнинг қайси гурухига мансуб бўлади?

- A) дагал; B) майин; C) лойқа; D) коллоид бирикма;

9. Суюқликларни филтрлаш жараёнида кенг қўлланиладиган материал турларини кўрсатинг:

- A) майда тешикли тўрлар;
- B) ипли тўқима газламалар ва жун матолар;
- C) сочилувчан материаллар, ипли тўқима материаллар, картон;
- D) синтетик материаллар;

10. Филтрлаш жараёни интенсивлигини қуйида келтирилган қайси бир омиллар секинлаштириши мумкин?

- A) чўкма қатламининг қаршилиги, суспензия хайдовчи насос босимини пасайиши;
- B) суспензия хайдовчи насос босимини ортиши;
- C) суспензия таркиби ва ундаги коллоид заррачалар миқдори;
- D) суспензия харорати;

11. Филтрлаш қурилмаларидаги ишчи босим қийматига таъсир этмайдиган омил кўрсатилган вариантни белгиланг:

- A) насос;
- B) компрессор;
- C) вакуум;
- D) марказдан қочма куч;

12. Мавхум қайнаш қатлами турларини кўрсатинг:

- A) поршенли қайнаш қатлами;
- B) каналли қайнаш қатлами;
- C) фонтансимон қайнаш қатлами;
- D) узлукли ва узлуксиз қайнаш қатлами;

13. Иссиқлик алмашилиш жараёнининг асосий тенгламасини кўрсатинг:

- A)  $Q = K \Delta t, F r$ ;
- B)  $Q = d_2 \cdot F \cdot (t_q - t_m)$ ;
- C)  $Q = K \pi d l n \Delta t$ ;
- D)  $d Q = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} \cdot d F d r$ ;

14. Агар иссиқлик бериш коэффициентларининг қийматлари  $\alpha = 5000$  Вт/(м<sup>2</sup> °С) бўлса, иссиқлик ўтказиш коэффициентининг қийматини (Вт/(м<sup>2</sup> °С)) хисобланг:

- A) 500                      B) 283                      C) 300 D) 1310

15. Иссиқлик алмашилиш аппаратларида иссиқлик ташувчи агентларнинг асосий йўналишларни кўрсатинг:

- A) параллел, қарама-қарши;
- B) Қарама-қарши, ўзаро кесишган, аралашган;
- C) параллелл, қарама-қарши, ўзаро кесишган, аралашган;
- D) ўзаро кесишган, параллел;

16. Сув буғи билан иситиш жараёнида буғ сарфини хисоблаш тенгламаси тўғри ифодаланган вариантни кўрсатинг:

A) 
$$D = \frac{G(c_2 t_2 - c_1 t_1) + Q_{ii}}{i_0 - i_{кн}};$$

B) 
$$D = \frac{Gc(t_2 - t_1) + Q_{ii}}{i_0 - i_{кн}};$$

C) 
$$D = \frac{Gc(t_2 - t_1) + Q_{ii}}{c(i_0 - i_{кн})};$$

D) 
$$D = \frac{Gc(t_2 - t_1) + Q_{ii}}{i_0 - c_{кн} t_{кн}};$$

17. Иссиқлик алмашиниш аппаратларини лойихалаш жараёнида бажариладиган асосий хисоблашларни кўрсатинг:

- A) иссиқлик, конструктив ва гидравлик хисоблар;
- B) иссиқлик, конструктив, гидравлик ва механик хисоблари;
- C) иссиқлик хисобларини бажариш ва аппаратнинг конструктив ўлчамларини аниқлаш;
- D) иссиқлик алмашиниш аппаратларини танлашга доир барча хисоблар;

18. Агар суюқликни зичлиги  $1000 \text{ кг/м}^3$ , массавий сарфи  $10 \text{ тн/соат}$  бўлса, унинг умумий гидравлик қаршилиги  $\Delta P = 160 \text{ кПа}$  бўлган аппарат коммуникацияси орқали хайдаш учун зарур бўлган насос қувватини (кВт) хисобланг.

A) 0,89; B) 4,5; C) 1,2; D) 0,5;

19. Иссиқлик алмашиниш трубкаларини трубкалар чамбараги юзаси бўйича жойлаштириш усулларини кўрсатинг:

- A) спирал бўйлаб, олтибурчак ва тўртбурчак қирралари бўйлаб;
- B) коцентрик айланалар ва спирал бўйлаб;
- C) тўғри бурчакли олтибурчак қирралари, квадрат томонлари ва коцентрик айланалар бўйлаб;
- D) коцентрик айланалар ва тўғри олтибурчакнинг қирралари бўйлаб;

20. Буғлатиш аппаратининг асосий конструктив қисмларини кўрсатинг:

- A) қиздириш камераси, сепаратор;
- B) трубкалар, кожух, томчи ушлагич, сепаратор;
- C) қиздириш камераси, сепаратор, вакуумғнасос, насос;
- D) қиздириш камераси, сепаратор, конденсатор;

21. Агар қиздирувчи сув буғини босими  $360 \text{ кПа}$  ва эритмани қайнаш температураси  $80 \text{ }^\circ\text{C}$  бўлса, буғлатиш жараёнида хароратларнинг фойдали фарқини ( $^\circ\text{C}$ ) хисобланг:

A) 70; B) 60; C) 35; D) 25;

22. Десорбция жараёни тезлиги қуйидаги қайси бир параметрга боғлиқ бўлади?

- A) температура;
- B) босим;
- C) зичлик;
- D) хажм;

23. Фазалар коидаси ифодаланган тенгламани кўрсатинг:

- A)  $\Phi + C = K + 2$ ;
- B)  $\Phi + C = K + 3$ ;
- C)  $\Phi + 2 = C + K$ ;
- D)  $\Phi + C + K = 2$ ;

24. Абсорбция жараёнининг физик асосини ифодаловчи қонуниятни белгиланг:

- A) Дальтон қонуни;
- B) Генри қонуни;

- С) Рауль қонуни;  
 D) Коноваловнинг биринчи ва иккинчи қонунлари;
25. Абсорция жараёни учун модда ўтказишнинг асосий тенгламасини кўрсатинг:
- A)  $M = K_y F \Delta t_y \tau$ ;  
 B)  $M = K_x F \Delta t_y \tau$ ;  
 C)  $M = K_y F \Delta Y_y \tau$ ;  
 D)  $M = K_p F \Delta P_y \tau$ ;
26. Абсорбция аппаратларида қўлланиладиган насадкаларнинг турлари хақида маълумот қуйидаги қайси вариантда тўлароқ келтирилган?
- A) Рашиг ва Лессинг халқалари, Берл эгари, хочсимон тўсиқли халқалар;  
 B) металл тўрлар; халқасимон (спиралли, тўсиқли), эгарсимон, шарсимон ва хордали насадкалар; кокс ва кварц парчалари;  
 C) керамик элементлар, спираллар, цилиндрлар, шағал, полиэтилен шарлар ва ёғоч решёткалар, металл тўрлар;  
 D) керамик элементлар;
27. Суюқликларни хайдашнинг принципиал турларини кўрсатинг:
- A) буғланиш, мураккаб хайдаш;  
 B) дистилляция, ректификация;  
 C) буғлатиш, молекуляр дистилляция;  
 D) даврий ректификация;
28. Ректификация қурилмаси таркибига кирувчи асосий жихозлар туркумини кўрсатинг:
- A) ректификация колоннаси, иситгич, дефлегматор, совутгич, қайнатгич;  
 B) ректификация колоннаси, иситгич, дефлегматор, совутгич, йиғувчи идишлар, насослар;  
 C) ректификация колоннаси, иссиқлик алмашиниш аппаратлари, насослар, йиғувчи ва ажратувчи резервуарлар;  
 D) ректификация колоннаси, конденсаторлар;
29. Экстракция жараёнининг эритиш жараёнидан фарқини кўрсатинг:
- A) қаттиқ жисм негизи ўзгармайди ва ташувчи агент вазифасини ўтайди;  
 B) жараён тезлиги секин;  
 C) фарқ килмайди;  
 D) жараён тезлиги юқори;
30. Қаттиқ ва суюқт фазаларни ўзаро таъсирлашиш усулига кўра экстракциялаш жараёнининг олиб бориш усулларини кўрсатинг:
- A) параллел ва қарама-қарши йўналишда;  
 B) қўзғалувчан қатламда, эритувчини сочиб бериш услубига;  
 C) қарама-қарши йўналишда қўзғалувчан ва қўзғалмас қатламли;  
 D) қарама-қарши йўналишда қўзғалувчан ва қўзғалмас қатламли, мавхум қайнаш қатламида;
31. Адсорберларни хисоблашда аниқланадиган асосий параметрларни кўрсатинг:
- A) аппарат диаметри, адсорбент қатлами баландлиги, жараён даври;  
 B) газ аралашмаси ёки аралашманинг сарфи, тезлиги;  
 C) ажратиб олинаётган компонентнинг тозалик даражаси;  
 D) аппаратнинг ўлчамлари;
32. Қуритилаётган махсулот ва иссиқлик ташувчи агентни ўзаро таъсирлашувига кўра қуритиш турлари акс эттирилган вариантни белгиланг:
- A) конвектив, контактли, радиацион, диэлектрик ва сублимациявий қуритиш;  
 B) конвектив, контактли ва сублимациявий қуритиш;  
 C) конвектив, табиий ва ИК – қуритиш;  
 D) конвектив, диэлектрик ва сублимациявий қуритиш;
33. Нам хавонинг асосий параметрларини кўрсатинг:

- A) нисбий ва абсолют намлик;
- B) нисбий ва абсолют намлик, нам сақлаш даражаси ва энтальпия;
- C) харорат, нисбий намлик ва нам сақлаш даражаси;
- D) харорат, нисбий намлик, зичлик, босим;

34. Агар I-x диаграмма бўйича нам хавонинг нам сақлаш даражаси кўрсаткичлари  $x_1=0,002$  кг/кг ва  $x_2=0,042$  кг/кг бўлса, ушбу шароитда 1 кг намликни хайдаш учун зарур бўлган қуруқ хавонинг бирлик сарфини (кг/кг) аниқланг:

A) 25; B) 30; C) 50; D) 120;

35. Нам хавонинг ҳолатини ифодаловчи I-x (ёки I-d) диаграммадан аниқланиши мумкин бўлган катталикларни кўрсатинг:

- A) Хавонинг ҳар қандай ҳолатини ифодаловчи нукта учун A ( $J_j, t_j, \varphi_j, x_j, P_{пj}$ );
- B)  $t_0, x_0, \varphi_0, P_{пj}$ ;
- C)  $j_0, x_0, t_0$ ;
- D)  $j_0, t_0, x_0$ ;

36. Қуритиш жараёнига таъсир этувчи омилларни кўрсатинг:

- A) нам хавонинг параметрлари, материалнинг геометрик ўлчамлари;
- B) намликни махсулот билан таркибан бирикиши, махсулотни шакли ва ўлчамлари, намлиги ва нам ўтказувчанлиги, иссиқ хаво оқими тезлиги ва параметрлари;
- C) материални намлиги, шакли, ўлчами ва иссиқ хаво параметрлари;
- D) иссиқ хаво оқими тезлиги, рециркуляцияси ва унинг асосий параметрлари;

### 3- вариант

1. Майдаланишгача 50 мм, майдалангандан сўнг эса 2 мм ўлчамга эга бўладиган махсулотни қуйидаги қайси бир жараён турида ҳосил қилиш мумкин?

- A) ўта майда янчиш;
- B) ўртача янчиш;
- C) юпқа майдалаш;
- D) майда янчиш;

2. Пресслаш жараёнларини қуйида келтирилган қайси бир жараёнлар гуруҳига киритиш мумкин?

- A) механик жараёнлар;
- B) иссиқлик алмашилиш;
- C) гидромеханик жараёнлар;
- D) модда алмашилиш;

3. Ўлчами 1500 ммдан кам бўлмаган материални 100-300 мм атрофидаги бўлакларга майдалаш учун қандай машиналардан фойдаланиш мумкин?

- A) ясси плитали ва конусли машиналар;
- B) конусли ва валикли янчиш машиналари;
- C) тегирмон, дезинтегратор;
- D) тегирмонлар;

4. Суюқлик мухитларида қўлланиладиган аралаштириш услубларини кўрсатинг:

- A) механик, пневматик, циркуляцион, турбулизаторлар ёрдамида;
- B) барботаж, циркуляцион, пневматик;
- C) насослар ёрдамида, хаво ёрдамида;
- D) барботаж, механик;

5. Аралаштириш жараёнини ифодаловчи катталикларни белгиланг:

- A) тайёр аралашмани таркибан бир хиллиги, тайёрлаш вақти, энергия сарфи;
- B) иссиқлик бериш коэффициентларини ортиши, энергия сарфи;
- C) аралаштиргич тезлиги, аппаратнинг иш унумдорлиги;
- D) аппаратларни иш унумдорлиги, қуввати;

6. Зичлиги  $1400 \text{ кг/м}^3$ , ўлчами  $150 \text{ мкм}$  бўлган шарсимон заррачани  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  хароратдаги сувда чўкиш тезлигини (м/с) аниқланг:

А) 0,05; В) 1,5; С) 1,03; D) 0,7

7. Фильтрловчи материаллар сифатида ишлатиладиган материаллар ва буюмлар туркумини тўла ифодаловчи вариантни кўрсатинг:

- А) майда тешикли тўрлар, газламалар (пахта, юнг ва синтетик) сочилувчан материаллар (қум, шағал, кўмир), керамик буюмлар;
- В) қоғоз, элак, бентонит;
- С) писта кўмир, дока, Рашиг халқалари;
- Д) қум, шағал, бентонит, керамика, бельтинг;

8. Суюқлик таркибидаги қаттиқ жисм заррачаларини ўлчами  $0,5-100 \text{ мкм}$  бўлса, ушбу аралашма суспензияларнинг қайси гурухига мансуб бўлади?

А) дагал; В) майин; С) лойқа; D) коллоид бирикма;

9. Иккиламчи фильтрловчи материал турлари тўғри кўрсатилган вариантни белгиланг:

- А) майда тешикли тўрлар;
- В) Газламалар;
- С) активланган кўмир, диатомит, бентонит;
- Д) синтетик материаллар, сочилувчан материаллар;

10. Фильтрлаш жараёнини харакатлантирувчи кучни хосил қилиш усули қайси бир вариантда нотўғри кўрсатилган?

- А) суспензия юзасига сиқилган хаво бериш;
- В) суспензия сатхи баландлигидан фойдаланиш;
- С) фильтр-тўсиқ остида вакуум хосил қилиш;
- Д) фильтр-тўсиқ устида вакуум хосил қилиш;

11. Суспензияларни фильтрловчи қурилмалар гурухига кирмайдиган жихоз турини кўрсатинг:

- А) нутч;
- В) фильтр-пресс
- С) енгли фильтр;
- Д) патронли фильтр;

12. Гидравлик машиналар гурухини кўрсатинг:

- А) насослар;
- В) компрессорлар;
- С) Вентилятор, вакуум-насос;
- Д) А ва В вариантлар;

13. Бир томонлама ишлайдиган насоснинг иш тунумдорлиги формуласини аниқланг:

- А)  $Q = FS$ ;
- В)  $Q = FmV$ ;
- С)  $Q = mV$ ;
- Д)  $Q = FS_h$ ;

14. Иссиқлик алмашиниш жараёнларини харакатга келтирувчи куч:

- А) жараёнда қатнашувчи фазалар хароратларининг айирмаси;
- В) иссиқлик бериш жараёнининг интенсивлиги;
- С) иссиқлик алмашиниш юзасининг холати, унинг ўлчамлари;
- Д) фазаларнинг агрегат холатини ўзгариши;

15. Иссиқликни химоя қобиғи учун қўлланиладиган материаллар туркумини кўрсатинг:

- А) эмаль, пенопласт, асбест, ғишт копламаси, стекловата;
- В) текстолит, алюминий листлари, стекловата, шлак;
- С) асбест, стекловата, совелит, ғишт копламаси ва бошкалар;

D) иссиқлик ўтказувчанлиги паст бўлган барча материаллар;  
16. Иссиқлик алмашиниш аппаратининг қиздириш юзаси диаметри 30/35 мм ва узунлиги 3 м бўлган трубкалардан ташкил топган. Агар аппаратни қиздириш юзаси 20 м<sup>2</sup> бўлса, трубкалар сонини аниқланг.

A) 97,5; B) 65; C) 55,2; D) 48;

17. Буғларни совутишдан кўзланган технологик мақсадларни кўрсатинг:

- A) вакуум хосил қилиш;
- B) вакуумда қайнатиш, буғлатиш, қуритиш, вакуум хосил қилиш;
- C) вакуум остида кадоклаш, ёрликлаш, сублимациявий қуритиш;
- D) вакуум остида иссиқлик ишлови бериш;

18. Иссиқлик алмашиниш аппаратларини лойихалаш жараёнида бажариладиган асосий ҳисоблашларни кўрсатинг:

- A) иссиқлик, конструктив ва гидравлик ҳисоблар;
- B) иссиқлик, конструктив, гидравлик ва механик ҳисоблари;
- C) иссиқлик ҳисобларини бажариш ва аппаратнинг конструктив ўлчамларини аниқлаш;
- D) иссиқлик алмашиниш аппаратларини танлашга доир барча ҳисоблар;

19. Агар суюқлик сарфи 12 м<sup>3</sup>/соат, тезлиги 1м/с бўлса, аппарат патрубкасининг диаметрини (мм) ҳисобланг.

A) 200; B) 188; C) 70; D) 65;

20. Буғлатилаётган эритманинг хоссалари ва иккиламчи буғни иссиқлигидан фойдаланиш мақсадида жараёни амалга ошириш услубларини кўрсатинг:

- A) атмосфера босими остида;
- B) вакуум остида;
- C) ортикча босим остида;
- D) атмосфера босими остида, ундан юқори бўлган босимларда ва вакуум остида;

21. Буғлатиш жараёнининг моддий баланси қайси бир вариантда тўла ва тўғри ифодаланган:

- A)  $G_0 = G_1 + W$ ;
- B)  $G_0 = G_1 + G_0 \frac{a_0}{a_1}$ ;
- C)  $G_1 = G_0(1 - \frac{a_0}{a_1})$ ;
- D)  $G_0 a_0 = G_1 a_1$ ;

22. 400 кПа босим остидаги сув буғини конденсацияланиш хароратини (°C) ҳисобланг:

A) 146; B) 140; C) 120; D) 152,5;

23. Фазалар коидаси ифодаланган тенгламани кўрсатинг:

- A)  $\Phi + C = K + 2$ ;
- B)  $\Phi + C = K + 3$ ;
- C)  $\Phi + 2 = C + K$ ;
- D)  $\Phi + C + K = 2$ ;

24. Модда алмашиниш жараёнларини ҳисоблаш пайтида фойдаланиладиган асосий боғлиқликларни (ёки фазавий диаграммаларни) белгиланг:

- A) босимни концентрацияга боғлиқлиги;
- B) хароратни концентрацияга боғлиқлиги;
- C) фазаларни мувозанат концентрациялари оралигидаги боғлиқлик;
- D) юкорда келтирилган барча боғлиқликлар;

25. Модда алмашиниш жараёнининг моддий баланси тенгламаси ифодаланган вариантни белгиланг:

- A)  $G_6 + L = G + L_0$ ;

B)  $y = \frac{L}{G}x + \frac{G_0 y_0 - L_0 x_0}{G}$ ;

C)  $y = Ax + B$ ;

D)  $G_0 + L_0 = G + L$ .

26. Газ ва суюқлик ўртасида тўқнашув юзасини хосил қилиш усулига кўра абсорберлар гуруҳини белгиланг:

- A) юзали ва юпқа қатламли, борботажли ва суюқликни сочиб берувчи аппаратлар;
- B) юзали, трубкали, тарелкали, роторли ва механик аппаратлар;
- C) юзали, калпокчали, тарелкали, роторли ва механик аппаратлар;
- D) юзали ва калпокчали аппаратлар;

27. Оддий хайдаш жараёнини амалга ошириш усуллари келтирилган вариантни белгиланг:

- A) Фракцияли хайдаш, дефлегмация билан хайдаш, сув буғи билан хайдаш;
- B) сув буғи билан хайдаш, буғлатиш;
- C) инерт газлар ва сув буғи билан хайдаш;
- D) сув буғи билан хайдаш;

28. Қуйида келтирилган қайси бир технологик жараёнларни амалга оширишда ректификация усули кенг қўлланилади?

- A) Спирт, вино, ликёр, ароқ ва эфир мойлари ишлаб чиқариш;
- B) Спирт, нефть ва синтетик каучук махсулотлари ишлаб чиқариш;
- C) Органик синтез ва ўта тоза махсулотлар ишлаб чиқариш;
- D) Юкорида келтирилган барча жараёнларда;

29. Экстракция жараёни тезлигига ижобий таъсир кўрсатувчи омилларни белгиланг:

- A) хароратни кўтарилиши, материал шакли;
- B) экстракцияланаётган материал ўлчамини кичик бўлиши;
- C) материал ва эритувчини қарама-қарши харакати, ички ва ташки диффузия жараёнлари тезлигини ортиши;
- D) ажралаётган модданинг эритувчи ва материал таркибидаги концентрациялари фарқини ортиши

30. Экстракция жараёнларини тахлил қилишда фойдаланиладиган ўхшашлик мезонларини кўрсатинг:

- A) Био ва Фурье диффузия мезонлари;
- B) Нуссельт ва Прандтл диффузия мезонлари;
- C) Рейнольдс диффузия мезонлари;
- D) юкорида келтирилган барча ўхшашлик мезонлари;

31. Адсорбент активлигини оширувчи технологик омиллар туркумини кўрсатинг:

- A) харорат, ютилаётган моддани мухитдаги концентрацияси;
- B) харорат, босим ва ютилаётган моддани мухитдаги концентрацияси;
- C) харорат, босим, мухитнинг сарфи;
- D) харорат;

32. Механик услубда сувсизлантириш усуллари кўрсатинг:

- A) пресслаш;
- B) сепараторлаш;
- C) Фильтрлаш;
- D) пресслаш, фильтрлаш ва центрифугалаш;

33. Нам хавонинг асосий параметрларини кўрсатинг:

- A) нисбий ва абсолют намлик;
- B) нисбий ва абсолют намлик, нам сақлаш даражаси ва энтальпия;
- C) харорат, нисбий намлик ва нам сақлаш даражаси;
- D) харорат, нисбий намлик, зичлик, босим;



34. Агар курук хавонинг бирлик сарфи 20 кг/кг, махсулот таркибидан хайдалаётган намлик миқдори 200 кг/соат бўлса, калорифернинг иссиқлик қувватини (кВт) ҳисобланг. Хавони калориферга киришдаги энтальпияси  $I_0 = 50$  кЖ/кг қ.х., ундан чиқишда эса  $I_1 = 142$  кЖ/кг қ.х. деб қабул қилинг.

А) 50; В) 25; С) 60; D) 102;

35. Иссиқ хавони ҳарорати  $120^{\circ}\text{C}$  ва унинг нам сақлаш даражаси 0,02 кг/кг қ.х. бўлса, унинг энтальпиясини (кЖ/кг) ҳисобланг:

А) 151,5; В) 174,6; С) 125,2; D) 210;

36. Кристалланиш жараёнининг тезлигига таъсир этувчи омилларни белгиланг:

- А) эритмани ўта тўйиниш даражаси, эритма таркибидаги қўшимчалар миқдори, аралаштириш ва хоказо;
- В) эритмани ўта тўйиниш даражаси, ҳарорати, механик кучлар таъсири, аралаштириш тезлиги;
- С) эритмани ўта тўйиниш жараёни, ҳарорати, механик кучлар ва мосламалар тури таъсири, эритмадаги қўшимча ва бегона моддалар аралашмаси;
- Д) эритманинг софлиги;

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС  
ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ**

“ТМЖ” кафедраси

«Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар»  
фанидан

**НАЗОРАТ УЧУН САВОЛЛАР**

**ТОШКЕНТ – 2017**

**“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан  
оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

**1- вариант**

1. Газларни сиқиш даражасига кўра компрессор машиналари қандай туркумларга ажратилади?
2. Марказдан қочма куч майдонида филтрлаш усулининг моҳиятини тушунтириб беринг. Ушбу усулнинг афзалликлари нимада?
3. Конвектив иссиқлик алмашилиш жараёни механизмини тушунтириб беринг. Иссиқлик бериш коэффиценти қандай катталиқни ифодалайди?

Тузди : катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.

**“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан  
оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

**2- вариант**

1. Газларни изотермик, адиабатик ва политропик сиқиш жараёнларида бажарилган солиштирма иш миқдорини қандай ҳисоблаш мумкин?
2. Кимё саноати корхоналарида қандай турдаги филтрлаш аппаратлари қўлланилади?
3. Иссиқлик критерийлари ҳақида нималарни биласиз? Қайси бир критерийга таъриф бера оласиз?

Тузди : катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.

**“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан  
оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

**3- вариант**

1. Компрессор электродвигателининг истеъмол қуввати қайси бир катталиқлардан боғлиқ бўлади?
2. Филтр-пресснинг тузилиши, ишлаш принципи ва қўлланиш соҳалари ҳақида нималарни биласиз?
3. Иссиқлик алмашилиш жараёнларини ҳаракатлантирувчи куч нима? Унинг қиймати қандай омилларга боғлиқ бўлади?

Тузди : катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.

**“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан  
2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

**4- вариант**

1. Вентиляторларнинг ишлаш принципини тушунтириб бера оласизми?
2. Филтр-пресснинг тузилиши, ишлаш принципи ва қўлланиш соҳалари ҳақида нималарни биласиз?
3. Иссиқлик узатиш жараёнининг асосий тенгламасидан қандай мақсадларда фойдаланиш мумкин? Иссиқлик бериш коэффиценти қандай катталиқни ифодалайди?

Тузди : катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.

**“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан  
2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

**5- вариант**

- 1 Вентиляторлар қайси бир белгиларга кўра гуруҳларга ажратилади? Уларни танлаш услублари ҳақида нималарни биласиз?
- 2 Даврий ишловчи фильтрларнинг ҳисоблаш услубини тушунтириб беринг.
- 3 Иссиқлик узатиш коэффиценти таркибига кирувчи катталикларни унинг сон қийматига кўрсатадиган таъсирини таҳлил қила оласизми?

Тузди :

катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.

**“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан  
2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

**6- вариант**

- 1 Компрессорларнинг қандай турлари мавжуд?
- 2 Аэрозол бирикмаларни ажратишдан кўзланган асосий мақсад нималардан иборат?
- 3 Иссиқлик ташувчи агентларни танлаш жараёнида уларнинг қайси бир хусусиятларига аҳамият берилади?

Тузди :

катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.

**“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан  
2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

**7- вариант**

- 1 Нима сабабдан поршенли компрессорда сиқилган газ дастлаб ресиверга узатилади? Ресивернинг вазифаси нимадан иборат?
- 2.Газ аралашмаларини (чангларни) тозалашнинг қандай усулларини биласиз?
- 3 Кимё технологиясида қандай қиздириш усулларидан фойдаланилади? Уларга қисқача таъриф беринг.

Тузди :

катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.

**“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан  
2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

**8- вариант**

- 1 Пластинали компрессор қандай афзалликларга эга? Унинг ишлаш принципини тушунтириб беринг.
- 2 Чанг чўктириш камераларининг қандай турлари мавжуд? Уларнинг самарадорлигини қай тарзда орттириш мумкин?
- 3 Сув буғи билан қиздириш жараёнининг қандай усуллари мавжуд? Ушбу жараёнлар учун иссиқлик балансини туза оласизми?

Тузди :

катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.

**“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан  
2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

**9- вариант**

- 1 Вакуум-насосларни қўллашдан кўзланган асосий технологик мақсадни тушунтириб беринг.
- 2 Газларни чангдан тозаланганлик даражаси қандай аниқланади?
- 3 Жараёнларнинг иссиқлик баланси тенгламаларидан нимани аниқлаймиз? Жараён учун сув буғи сарфини камайтиришнинг қандай усуллари бор?

Тузди :

катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.

**“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан  
2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

10- вариант

- 1 Вакуум-насосларнинг турлари ва уларни қўлланиш соҳалари ҳақида нималарни биласиз?
- 2 Циклонни ишлаш принципи ҳақида нималарни биласиз?
- 3 Қиздирувчи сув буғининг иссиқлик-физик параметрлари ҳақида нималарни биласиз? Уларнинг қийматларини қандай аниқлаш мумкин?

Тузди : катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.

**“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан  
2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

11- вариант

- 1 Буғ эжекторли вакуум-насоснинг ишлаш принципини тушунтириб беринг. Қайси бир ҳолатларда кўп босқичли буғ эжекторли вакуум-насослардан фойдаланилади?
- 2 Батареяли циклонлардан қандай ҳолларда фойдаланилади? Уларнинг тузилиши ва ишлаш принципларини тушунтириб беринг.
- 3 Юқори ҳароратли моддалар билан қиздириш усуллари ҳақида нималарни биласиз? Ушбу усуллардан озик-овқат технологиясининг қайси бир жараёнини амалга оширишда фойдаланиш мумкин?

Тузди : катта ўқитувчи Хурсанов Б.Ж.

**“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан  
2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

12- вариант

- 1 Кимё маҳсулотлари технологиясида суюқликларни аралаштириш йўли билан қандай жараёнларни амалга ошириш мумкин?
- 2 Газ тозаловчи фильтрларнинг қандай турлари мавжуд? Газларни филтрлаш жараёнининг ўзига хос хусусиятлари ҳақида нималарни биласиз?
- 3 Ҳаво билан совутиш жараёни ҳақида нималарни биласиз?

Тузди : катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.

**“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан  
2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

13- вариант

- 1 Суюқликни аралаштириш жараёни механизмини тушунтириб беринг.
- 2 Енгли филтрларнинг тузилиши ва ишлаш принципини тушунтириб беринг. Нима учун енгли филтрларга мустаҳкамлик ҳалқалари ўрнатилади?
- 3 Совутиш жараёнлари учун совуқ сув сарфини аниқлаш тенгламасини ёзинг. Сув сарфига таъсир кўрсатувчи параметрларни таҳлил қила оласизми?

Тузди : катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.

**“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан  
2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

14- вариант

- 1 Аралаштириш жараёнини тавсифловчи қандай катталикларни биласиз?
- 2 Патронли филтрларнинг тузилиши ва ишлаш принципи ҳақида нималарни биласиз?

3 Буғларни конденсацияланиш механизмини тушунтириб беринг. Конденсацияланиш ва буғланиш иссиқликлари ўртасида қандай фарқ ва умумийликлар мавжуд?

Тузди : катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.

**“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан  
2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

15- вариант

1 Маҳсулотни аралаштирилиш даражаси қайси бир тенглама ёрдамида аниқланади?

2 Газ филтрловчи қурилмаларнинг ҳисоблаш услубини тушунтиринг.

3 Вакуум қандай ҳосил қилинади? Озиқ-овқат технологияси жараёнларини амалда оширишда вакуумнинг аҳамияти ҳақида нималарни биласиз?

Тузди : катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.

**“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан  
2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

16- вариант

1 Суюқликларни аралаштиришнинг қандай усуллари мавжуд? Ушбу усуллар моҳиятини изохлаб беринг.

2 Электр майдонида чанг чўктириш жараёнининг моҳияти нимада?

3 Қурилмада вакуум қиймати қандай ушлаб турилишини тушунтириб беринг. Бу пайтда вакуум-насоснинг вазифаси нимадан иборат бўлади?

Тузди : катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.

Кафедра мудири : доц. Нигмаджонов С.К.

**“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан  
2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

17- вариант

1 Аралаштириш қурилмасида суюқлик қандай тартибларда ҳаракатланади? Ушбу ҳаракатни ифодаловчи қандай катталиқлар мавжуд?

2 Электрофилтрнинг тузилиши ва ишлаш принципини тушунтириб беринг.

3 Конденсатордан сўриб олинаётган ҳаво ҳажми ва совуқ сув сарфи қайси бир омиллардан боғлиқ бўлади?

Тузди : катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.

Кафедра мудири : доц. Нигмаджонов С.К.

**“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан  
2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

18- вариант

1 Суюқлик гирдобининг ҳосил бўлиш механизмини тушунтириб беринг. Ушбу ҳодисани механик аралаштириш жараёнига нисбатан ижобий ва салбий таъсири ҳақида нималарни биласиз?

2 Газларни намлаб тозалаш услубининг қандай ижобий ва салбий томонлари бор?

3 Конденсаторларнинг қандай турлари мавжуд? Уларнинг тузилиши ва ишлаш принципидаги умумийлик ва фарқларни изохлаб бера оласизми?

Тузди : катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.

Кафедра мудири : доц. Нигмаджонов С.К.

**“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан  
2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

19- вариант

- 1 Механик аралаштиргичларнинг қандай турлари мавжуд?
- 2 Газ ювиш қурилмалари - скрубберларнинг қандай турлари мавжуд? Скрубберларда газ ва суюқлик фазалари ўртасидаги контакт юза қай тарзда ҳосил қилинади?
- 3 Барометрик конденсаторларнинг тузилиши, ишлаш принципи ва уларни ҳисоблаш услубини тушунтириб беринг.

Тузди : катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.  
 Кафедра мудири : доц. Нигмаджонов С.К.

**“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан**  
**2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

20- вариант

- 1 Аниқ бир жараённи амалга ошириш учун аралаштириш мосламаси қандай танланади?
- 2.Мавжуд газ ювиш қурилмаларининг самарадорлиги ва гидравлик қаршиликларини таққослай оласизми?
- 3 Барометрик трубанинг вазифаси нимадан иборат? Унинг баландлиги қандай аниқланади?

Тузди : катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.  
 Кафедра мудири : доц. Нигмаджонов С.К.

**“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан**  
**2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

21- вариант

1. Механик аралаштиргичли ихтиёрий бир қурилманинг схемасини чиза оласизми? Ушбу қурилманинг ишлаш принципи ва ундаги жараённинг кечиш тартибини тушунтириб беринг.
- 2.Тескари осмос ва ультрафилтрация жараёнларининг моҳиятини тушунтириб беринг. Ушбу жараёнларда қандай умумийлик ва фарқлар мавжуд?
3. Иссиқлик алмашиниш аппаратларининг қандай турлари мавжуд? Уларнинг ишлатилиш соҳалари ҳақида нималарни биласиз?

Тузди : катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.  
 Кафедра мудири : доц. Нигмаджонов С.К.

**“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан**  
**2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

22- вариант

- 1 Механик аралаштириш жараёни учун энергия сарфи қандай аниқланади?
- 2 Кимё маҳсулотлари технологиясида тескари осмос ва ультрафилтрация жараёнлари қандай мақсадларни амалга ошириш учун қўлланилади?
- 3 Муайян турдаги маҳсулот учун иссиқлик алмашиниш аппаратини қандай танлаб олиш мумкин?

Тузди : катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.  
 Кафедра мудири : доц. Нигмаджонов С.К.

**“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан**  
**2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

23- вариант

- 1 Циркуляцион аралаштириш усулининг моҳиятини қандай тушунасиз?
- 2 Тескари осмос ва ультрафилтрация жараёнларини ҳаракатлантирувчи кучга таъриф беринг.

3 Кожух-трубкали иссиқлик алмашилиш аппаратларининг тузилиши ва ишлаш принципини тушунтириб беринг

Тузди : катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.

Кафедра мудирини : доц. Нигмаджонов С.К.

**“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан  
2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

24- вариант

1 Аралаштиргичли қурилмаларда оқим тезлиги қандай тақсимланишини тасвирланг.

2 Ультрафилтрация анъанавий филтрлаш жараёнидан нимаси билан фарқ қилади?

3 Қандай сабабларга кўра суюқлик трубкалар ичига, сув буғи эса трубкалар орасидаги бўшлиққа берилади? Жавобингизни асослаб беринг.

Тузди : катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.

Кафедра мудирини : доц. Нигмаджонов С.К.

**“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан  
2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

25- вариант

1 Аралаштиргичнинг насос эффекти деганда нимани тушунаси?

2 Ультрафилтрация ва тескари осмос жараёнларида қандай турдаги мембраналардан фойдаланиш мумкин?

3 Икки йўлли кожух-трубкали қиздиригични қай тарзда тўрт йўлли аппаратга айлантириш мумкинлигини схемада кўрсатинг.

Тузди : катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.

Кафедра мудирини : доц. Нигмаджонов С.К.

**“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан  
2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

26- вариант

1 Қандай мақсадлар учун аралаштириш қурилмаларида оқимни қайтарувчи тўсиқлар ўрнатилади?

2 Мембраналарнинг технологик хусусиятлари ҳақида нималарни биласиз?

3 Қўш трубади аппаратнинг тузилиши ва ишлаш принципини тушунтириб беринг.

Тузди : катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.

Кафедра мудирини : доц. Нигмаджонов С.К.

**“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан  
2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

27- вариант

1 Пневматик аралаштириш усули қандай мақсадларни амалга ошириш учун қўлланилади?

2 Мембрана орқали суюқликни ўтказиш учун сарфланган иш миқдорини қандай аниқлаш мумкин?

3 Змеевикли қурилмалар ҳақида нималарни биласиз? Уларнинг қўлланиш схемаларини келтиринг.

Тузди : катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.

Кафедра мудирини : доц. Нигмаджонов С.К.

**“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан  
2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**



## 28- вариант

1 Барботаж жараёни механизмини тушунтириб беринг. Ушбу жараённи тавсифловчи қандай катталиклар мавжуд?

2 Эритмани мембрана воситасида ажратиш жараёни механизмини биласизми? Ушбу механизмнинг капилляр-филтрация моделини тушунтириб беринг.

3 Спирал юзали аппаратнинг тузилишидаги ижобий ва салбий томонларни кўрсатинг.

Тузди : катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.

Кафедра мудирини : доц. Нигмаджонов С.К.

**“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан  
2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

## 29- вариант

1 Барботаж жараёни учун газ сарфи қандай аниқланади?

2 Мембранали қурилмаларнинг қандай турларини биласиз? Уларнинг тузилиши ва ишлаш принципини тушунтириб беринг.

3 Пластина юзали аппаратлар қандай тузилган? Уларнинг қўлланиш соҳалари ҳақида нималарни биласиз?

Тузди : катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.

Кафедра мудирини : доц. Нигмаджонов С.К.

**“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан  
2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

## 30- вариант

1.«Гетероген система» атамасига таъриф беринг. Фазаларнинг физик ҳолатига кўра гетероген системалар қандай гуруҳларга ажратилиши мумкин? Уларга таъриф беринг.

2 Мембранали қурилмаларни қай тартибда ҳисоблаш мумкин?

3 Филовли аппаратларда қиздирувчи буғнинг ишчи босими қай тарзда ҳосил қилинишини схемада кўрсатинг.

Тузди : катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.

Кафедра мудирини : доц. Нигмаджонов С.К.

**“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан  
2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

## 31- вариант

1 Коагуляция», «полидисперс система» ва «монодисперс система» атамаларига таъриф беринг.

2 Донадор материалларни мавҳум қайнаш ҳолатига таъриф беринг. Мавҳум қайнаш қатлами қандай ҳосил қилинади?

3 Иссиқлик алмашилиш аппаратларининг конструктив параметрларини ҳисоблаш тартибини тушунтириб беринг.

Тузди : катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.

Кафедра мудирини : доц. Нигмаджонов С.К.

**“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан  
2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

## 32- вариант

1 Турли жинсли системаларни ажратишнинг қандай усуллари мавжуд? Ушбу усулларнинг моҳиятини тушунтириб беринг.

2 Нима сабабдан мавҳум қайнаш қатламида амалга ошириладиган жараёнлар интенсив кечади? Сабабларини тушунтириб беринг.

3 Иссиқлик алмашиниш аппаратларини лойихалаш жараёнида қандай турдаги ҳисоблашлар бажарилади? Ушбу ҳисоблашларнинг асосий мазмуни нималардан иборат?

Тузди : катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.  
Кафедра мудири : доц. Нигмаджонов С.К.

**“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан  
2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

33- вариант

1 Ажратиш жараёнларининг моддий баланси тенгламаларидан қандай технологик мақсадларда фойдаланиш мумкин?

2 Донадор қатламни тавсифловчи қандай катталикларни биласиз?

3 Иссиқлик алмашиниш аппаратларининг гидравлик ҳисобларини бажариш тартибини тушунтириб беринг. Ушбу ҳисоблашларни бажаришдан мақсад нима?

Тузди : катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.  
Кафедра мудири : доц. Нигмаджонов С.К.

**“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан  
2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

34- вариант

1.Тиндириш жараёни моҳиятини тушунтириб беринг. Ушбу жараённинг ҳаракатлантирувчи кучи қандай аниқланади?

2 Донадор материал қатламининг бўшлиқ ҳажмини қандай аниқлаш мумкин?

3 Вентиляторларнинг ишлаш принципини тушунтириб бера оласизми?

Тузди : катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.  
Кафедра мудири : доц. Нигмаджонов С.К.

**“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан  
2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

35- вариант

1 Ламинар ва турбулент режимларда қаттиқ заррачанинг эркин чўкиш тезлиги қайси бир тенгламалар ёрдамида аниқланади?

2 Газ оқими тезлигининг биринчи ва иккинчи критик тезликлари ҳақида нималарни биласиз?

3 Вентиляторлар қайси бир белгиларга кўра гуруҳларга ажратилади? Уларни танлаш услублари ҳақида нималарни биласиз?

Тузди : катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.  
Кафедра мудири : доц. Нигмаджонов С.К.

**“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан  
2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

36- вариант

1 Эркин ва сиқилган ҳолатларда чўкиш ўртасида қандай фарқлар мавжуд? Сиқилган ҳолатдаги заррачанинг чўкиш тезлиги қандай аниқланади?

2 Қаттиқ заррачалар қатламининг газ оқимидаги қандай ҳолатлари мавжуд?

3 Компрессорларнинг қандай турлари мавжуд?

Тузди : катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.  
Кафедра мудири : доц. Нигмаджонов С.К.

**“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан  
2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

### 37- вариант

- 1 Суспензияларни тиндирувчи қурилмаларнинг қандай турлари мавжуд? Уларнинг самарадорлигини таққослай оласизми?
- 2 Газ оқимининг қандай тезлигида заррачалар қурилмадан учиб чиқиб кетади? Ушбу ҳолатни салбий ва ижобий томонларини изохлаб беринг.
- 3 Нима сабабдан поршенли компрессорда сиқилган газ дастлаб ресиверга узатилади? Ресивернинг вазифаси нимадан иборат?

Тузди : катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.  
Кафедра мудири : доц. Нигмаджонов С.К.

**“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан  
2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

### 38- вариант

- 1 Тиндиргичларни ҳисоблаш услубини тушунтириб беринг.
- 2 Мавҳум қайнаш сони қандай катталиқ?
- 3 Пластиналар компрессор қандай афзалликларга эга? Унинг ишлаш принципини тушунтириб беринг.

Тузди : катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.  
Кафедра мудири : доц. Нигмаджонов С.К.

**“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан  
2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

### 39- вариант

- 1 Марказдан кочма куч майдонида чўктириш жараёни моҳиятини тушунтириб беринг. Ушбу усулнинг самарадорлиги қандай омилларга боғлиқ бўлади?
- 2 Саноат қурилмаларида мавҳум қайнаш қатламининг қандай ҳаракат режимлари мавжуд бўлиши мумкин?
- 3 Вакуум-насосларни қўллашдан кўзланган асосий технологик мақсадни тушунтириб беринг.

Тузди : катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.  
Кафедра мудири : доц. Нигмаджонов С.К.

**“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан  
2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

### 40- вариант

- 1 Гидроциклоннинг ишлаш принципини тушунтириб беринг. Гидроциклондаги суспензияни ажратиш омили қандай катталиқлардан боғлиқ бўлади? Жавобларингизни ҳисоблашлар асосида изохлаб беринг.
- 2 Газ оқимининг биринчи критик тезлиги қандай аниқланади?
- 3 Вакуум-насосларнинг турлари ва уларни қўлланиш соҳалари ҳақида нималарни биласиз?

Тузди : катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.  
Кафедра мудири : доц. Нигмаджонов С.К.

**“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан  
2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

### 41- вариант

- 1 Гидроциклонларни ҳисоблаш қайси тартибда олиб борилади? 2 Иссиқлик алмашилиш жараёнлари гуруҳига кирувчи технологик жараёнларга тавсиф беринг.

2 Мавхум кайнаш қатламли қурилмаларнинг қандай турлари мавжуд? Улардан қайси бир технологик жараёнларни амалга ошириш учун фойдаланиш мумкин?

3 Буғ эжекторли вакуум-насоснинг ишлаш принципини тушунтириб беринг. Қайси бир ҳолатларда кўп босқичли буғ эжекторли вакуум-насослардан фойдаланилади?

Тузди : катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.

Кафедра мудирини : доц. Нигмаджонов С.К.

**“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан  
2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

42- вариант

1 Центрифугаларнинг қандай турлари мавжуд? Центрифугаларда амалга ошириладиган жараёнларни ҳаракатлантирувчи куч қандай ифодаланади?

2 Иссиқлик алмашилиш жараёнлари гуруҳига кирувчи технологик жараёнларга тавсиф беринг.

3 Кимё маҳсулотлари технологиясида суюқликларни аралаштириш йўли билан қандай жараёнларни амалга ошириш мумкин?

Тузди : катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.

Кафедра мудирини : доц. Нигмаджонов С.К.

**“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан  
2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

43- вариант

1 Филтрлаш жараёни ҳақида нималарни биласиз? Филтрлаш йўли билан қандай турли жинсли системаларни ажратиш мумкин?

2 Иссиқлик тарқалишининг нечта принципиал тури мавжуд?

3 Суюқликни аралаштириш жараёни механизмини тушунтириб беринг.

Тузди : катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.

Кафедра мудирини : доц. Нигмаджонов С.К.

**“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан  
2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

44- вариант

1 Филтрлаш жараёнини амалга оширишнинг қандай усуллари мавжуд? Ушбу усуллар моҳиятини тушунтириб беринг.

2 Оралиқ иссиқлик ташувчи агентлар ҳақида нималарни биласиз?

3 Аралаштириш жараёнини тавсифловчи қандай катталиқларни биласиз?

Тузди : катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.

Кафедра мудирини : доц. Нигмаджонов С.К.

**“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан  
2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

45- вариант

1 Филтрловчи материалларнинг қандай турлари мавжуд?

2 Ҳарорат майдонига таъриф беринг.

3 Маҳсулотни аралаштирилиш даражаси қайси бир тенглама ёрдамида аниқланади?

Тузди : катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.

Кафедра мудирини : доц. Нигмаджонов С.К.

**“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан  
2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

46- вариант

1. Фильтрлаш жараёнини ҳаракатга келтирувчи кучга тавсиф беринг. Ушбу куч қандай ҳосил қилинади?
- 2 Ҳарорат градиентининг физик моҳияти нимада?
- 3 Суюқликларни аралаштиришнинг қандай усуллари мавжуд? Ушбу усуллар моҳиятини изохлаб беринг.

Тузди : катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.  
 Кафедра мудири : доц. Нигмаджонов С.К.

**“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан**  
**2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

47- вариант

- 1 Кимё технологиясида фильтрлаш жараёнлари қандай мақсадларни амалга ошириш учун қўлланилади? Мисоллар келтиринг.
- 2 Иссиқлик ўтказувчанлик коэффицентининг сон қиймати қандай катталиқ миқдорини кўрсатади?
- 3 Аралаштириш қурилмасида суюқлик қандай тартибларда ҳаракатланади? Ушбу ҳаракатни ифодаловчи қандай катталиқлар мавжуд?

Тузди : катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.  
 Кафедра мудири : доц. Нигмаджонов С.К.

**“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан**  
**2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

48- вариант

- 1 Фильтрлаш тезлиги қандай аниқланади?
- 2 Иссиқлик алмашилиш қурилмасининг текис ишчи юзаси орқали иссиқлик ўтказувчанлик йўли билан узатилган иссиқлик миқдорини ифодалай оласизми?
- 3 Суюқлик гирдобининг ҳосил бўлиш механизмини тушунтириб беринг. Ушбу ҳодисани механик аралаштириш жараёнига нисбатан ижобий ва салбий таъсири ҳақида нималарни биласиз?

Тузди : катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.  
 Кафедра мудири : доц. Нигмаджонов С.К.

**“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан**  
**2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

49- вариант

- 1 Чўкма ва фильтрловчи материал хусусиятларини тавсифловчи қандай катталиқлар мавжуд?
- 2 Қандай жисмлар абсолют оқ, абсолют қора, абсолют шаффоф ва кулранг жисмлар деб таърифланади?
- 3 Механик аралаштиргичларнинг қандай турлари мавжуд?

Тузди : катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.  
 Кафедра мудири : доц. Нигмаджонов С.К.

**“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан**  
**2 - оралиқ назорат саволлари (5-семестр учун)**

50- вариант

- 1 Фильтрлаш доимийлари ҳақида нималарни биласиз?
- 2 Стефан-Больцман ва Кирхгоф қонунларининг амалий аҳамияти ҳақида нималарни биласиз?
- 3 Аниқ бир жараённи амалга ошириш учун аралаштириш мосламаси қандай танланади?

Тузди : катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.  
 Кафедра мудири : доц. Нигмаджонов С.К.

## **“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар” фанидан якуний назорат**

### **1-Вариант**

1. Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар фанининг мазмуни ва вазифалари
2. Аралаштириш усуллари
3. Пластинкали аппаратлар тузилиши ва ишлаш принципи

**Тузувчи** **катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.**  
**Кафедра мудири:** **доц. Нигмаджонов С.К.**  
**“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар” фанидан якуний баҳолаш**

### **2-Вариант**

1. Технологик жараёнларнинг асосий турлари
2. Майдалаш машиналари ва уларни ҳисоблаш услублари
3. Аралаштириш қурилмасидаги суюқликнинг ҳаракати ва схемаси

**Тузувчи** **катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.**  
**Кафедра мудири:** **доц. Нигмаджонов С.К.**  
**“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар” фанидан якуний баҳолаш**

### **3 - Вариант**

1. Технологик жараёнларнинг асосий қонуниятлари
2. Ясси плитали (щека) ва конусли янчиш машиналари
3. Механик аралаштириш мосламалари

**Тузувчи** **катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.**  
**Кафедра мудири:** **доц. Нигмаджонов С.К.**  
**“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар” фанидан якуний баҳолаш**

### **4 - Вариант**

1. Модданинг сақланиш қонуни
2. Валикли ва болғали янчиш машиналари
3. Аралаштиргич турлари

**Тузувчи** **катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.**  
**Кафедра мудири:** **доц. Нигмаджонов С.К.**  
**“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар” фанидан якуний баҳолаш**

### **5 - Вариант**

1. Энергиянинг сақланиш қонуни
2. Материалларни юпқа ва ўта юпқа майдалайдиган тегиримонлар.
3. Турли жинсли системаларни ажратиш. Турли жинсли системаларнинг турлари

**Тузувчи** **катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.**  
**Кафедра мудири:** **доц. Нигмаджонов С.К.**

**“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар” фанидан якуний баҳолаш**

### **6 - Вариант**

1. Мувозанат қонунлари

2. Сочилувчан материаллар ва донали маҳсулотларни саралаш тўғрисида умумий маълумотлар<sup>3</sup>. Турли жинсли системаларни ажратиш усуллари

*Тузувчи* *катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*  
*Кафедра мудири:* *доц. Нигмаджонов С.К.*  
**“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар” фанидан якуний баҳолаш**

#### **7 - Вариант**

1. Модда ва энергиянинг ўтказиш қонунлари
2. Материалларни элаш назарияси асослари
3. Ажратиш жараёнларининг моддий баланси

*Тузувчи* *катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*  
*Кафедра мудири:* *доц. Нигмаджонов С.К.*  
**“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар” фанидан якуний баҳолаш**

#### **8 - Вариант**

1. Кимёвий кинетика асослари
2. Майдадан йирикка, каттадан кичикка ва аралаш услубларда ишловчи саралаш машина<sup>3</sup>. Чўктириш жараёнлари

*Тузувчи* *катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*  
*Кафедра мудири:* *доц. Нигмаджонов С.К.*  
**“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар” фанидан якуний баҳолаш**

#### **9 - Вариант**

1. Жараёнлар ва қурилмаларни ҳисоблаш тартиблари
2. Саралаш машиналарининг ҳисоблари<sup>3</sup>. Тиндириш қурилмалари тузилиши ва ишлаш асослари.

*Тузувчи* *катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*  
*Кафедра мудири:* *доц. Нигмаджонов С.К.*  
**“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар” фанидан якуний баҳолаш**

#### **10 - Вариант**

1. Физик катталиклар ва уларнинг ўлчов бирликлари
2. Пневматик ва гидравлик услубда саралаш
3. Суспензияларни филтрлаш ҳақида умумий маълумотлар. Филтрлаш жараёни схемаси

*Тузувчи* *катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*  
*Кафедра мудири:* *доц. Нигмаджонов С.К.*  
**“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар” фанидан якуний баҳолаш**

#### **11 - Вариант**

1. Кимё ва қурилиш материаллари маҳсулотлари ва хом-ашёларининг асосий хоссалари
2. Гидромеханик жараёнлар ва аппаратлар. Гидростатика асослари
3. Жараённинг ҳаракатлантирувчи кучи ва тезлиги

*Тузувчи* *катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*  
*Кафедра мудири:* *доц. Нигмаджонов С.К.*  
**“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар” фанидан якуний баҳолаш**

### **12 - Вариант**

1. Асосий конструкцион материаллар ва уларни танлаш2. Реал суюқликларга таъсир этувчи кучлар3. Фильтрловчи қурилмалар турлари

**Тузувчи**

**Кафедра мудири:**

**“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан якуний баҳолаш**

**катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.**

**доц. Нигмаджонов С.К..**

### **13 - Вариант**

1. Материалларнинг кимёвий барқарорлиги.
2. Мувозанатдаги суюқлик учун Эйлернинг дифференциал тенгламаси3. Очик нутч-фильтр ҳамда ёпик нутч-фильтр тузилиши ва ишлаш асослари

**Тузувчи**

**Кафедра мудири:**

**“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан якуний баҳолаш**

**катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.**

**доц. Нигмаджонов С.К..**

### **14 - Вариант**

1. Технологик жиҳозларга кўрсатиладиган талаблар
2. Гидростатиканинг асосий тенгламаси3. Фильтр-пресслар

**Тузувчи**

**Кафедра мудири:**

**“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан якуний баҳолаш**

**катта ўқитувчи Хурсанов Б.Ж.**

**доц. Нигмаджонов С.К..**

### **15 - Вариант**

1. Қурилмалар яратиш жараёнининг асосий босқичлари
2. Гидростатиканинг асосий тенгламасидан амалиётда фойдаланишга доир мисоллар: Туташ идишлар принципи ва ундан фойдаланиш.3. Қумли, патронли фильтрлар ва барабанли вакуум-фильтрлар

**Тузувчи**

**Кафедра мудири:**

**“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан якуний баҳолаш**

**катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.**

**доц. Нигмаджонов С.К..**

### **16 - Вариант**

16. Технологик жараёнлар ва қурилмаларни моделлаштириш асослари56. Гидростатиканинг асосий тенгламасидан амалиётда фойдаланишга доир мисоллар: Гидравлик пресслар.96. Турли жинсли газ системаларини тозалаш ҳақида умумий маълумотлар

**Тузувчи**

**Кафедра мудири:**

**“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан якуний баҳолаш**

**катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.**

**доц. Нигмаджонов С.К..**

### **17 - Вариант**

1. Ўхшашлик назарияси асослари.
2. Гидростатиканинг асосий тенгламасидан амалиётда фойдаланишга доир мисоллар: Суюқликларни идиш деворига ва тубига кўрсатадиган босими.3. Оғирлик кучи таъсирида чанг чўктириш

**Тузувчи**

**катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.**



*Кафедра мудири:* *доц. Нигмаджонов С.К.*  
*“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар” фанидан якуний баҳолаш*

**18 – Вариант**

1. Ўхшашлик критерийлари
2. Гидродинамика асослари. Умумий маълумотлар
3. Чангларни марказдан қочма куч майдонида тозалаш

*Тузувчи* *катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*  
*Кафедра мудири:* *доц. Нигмаджонов С.К.*  
*“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар” фанидан якуний баҳолаш*

**19 – Вариант**

1. Жараёнлар ва қурилмаларни математик моделлаштириш асослари
2. Суюқлик оқимининг асосий тавсифлари: Оқимнинг тезлиги ва сарфи.
3. Суспензияларни филтрлаш хақида умумий маълумотлар. Филтрлаш жараёни схемаси

*Тузувчи* *катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*  
*Кафедра мудири:* *доц. Нигмаджонов С.К.*  
*“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар” фанидан якуний баҳолаш*

**20 - Вариант**

1. Математик моделлаштириш услублари
2. Суюқлик оқимининг асосий тавсифлари: Реал суюқликларнинг ҳаракат режимлари.
3. Тескари осмос ва ультрафилтрация жараёнларининг назарий асослари

*Тузувчи* *катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*  
*Кафедра мудири:* *доц. Нигмаджонов С.К.*  
*“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар” фанидан якуний баҳолаш*

**21 - Вариант**

1. Математик моделлаштириш босқичлари
2. Турбулент оқимнинг тузилиши.
3. Мембрана ёрдамида ажратиш механизми ва схемаси

*Тузувчи* *катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*  
*Кафедра мудири:* *доц. Нигмаджонов С.К.*  
*“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар” фанидан якуний баҳолаш*

**22 - Вариант**

1. Мембранали қурилмаларнинг турлари ва тузилиши, ишлаш принципи
2. Суюқликларни насослар ёрдамида узатиш. Умумий маълумотлар
3. Технологик жараённинг математик моделини қуриш

*Тузувчи* *катта ўқитувчи Хурсанов Б.Ж.*  
*Кафедра мудири:* *доц. Нигмаджонов С.К.*  
*“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар” фанидан якуний баҳолаш*

**23 - Вариант**

1. СИ тизимининг ҳосилавий бирликлари
2. Насосларнинг асосий ишчи параметрлари
3. Мембраналарни тозалаш усуллари.

*Тузувчи* *катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*  
*Кафедра мудири:* *доц. Нигмаджонов С.К..*  
*“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар” фанидан якуний баҳолаш*

**24 - Вариант**

1. Мавҳум қайнаш жараёнлари 2. Насос ишини тафсифловчи асосий катталиқ: насос иш унумдорлиги  $Q$  ( $\text{м}^3/\text{соат}$ , л/сек) 3. СИ ва бошқа тизимлар бирликларининг ўзаро нисбатлари

*Тузувчи* *катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*  
*Кафедра мудири:* *доц. Нигмаджонов С.К..*  
*“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар” фанидан якуний баҳолаш*

**25 - Вариант**

1. Қовушқоқлик. 2. Насос ишини тафсифловчи асосий катталиқ: насос босими  $H$  (м) 3. Мавҳум қайнаш қатламининг гидродинамикаси. Газ (суюқлик) оқимини қаттиқ заррачалар қатламида ҳаракатланиш схемаси

*Тузувчи* *катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*  
*Кафедра мудири:* *доц. Нигмаджонов С.К..*  
*“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар” фанидан якуний баҳолаш*

**26 - Вариант**

1. Сирт таранглиги. 2. Насос ишини тафсифловчи асосий катталиқ: насос истеъмол қуввати  $N$  (кВт) 3. Газ (суюқлик) оқимининг тезлигига кўра донадор материал қатламининг асосий ҳолатларини таҳлили

*Тузувчи* *катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*  
*Кафедра мудири:* *доц. Нигмаджонов С.К..*  
*“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар” фанидан якуний баҳолаш*

**27 - Вариант**

1. Иссиқлик сиғими 2. Поршенли насослар тузилиши ва ишлаш принципи 3. Мавҳум қайнаш қатламли қурилмалар

*Тузувчи* *катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*  
*Кафедра мудири:* *доц. Нигмаджонов С.К..*  
*“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар” фанидан якуний баҳолаш*

**28 - Вариант**

1. Иссиқлик ўтказувчанлик. 2. Икки томонлама ишлайдиган плунжерли насоснинг тузилиши ва ишлаш принципи 3. Иссиқлик ўтказиш асослари ҳақида умумий маълумотлар

*Тузувчи* *катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*  
*Кафедра мудири:* *доц. Нигмаджонов С.К..*  
*“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар” фанидан якуний баҳолаш*

**29 - Вариант**

1. Ўхшашлик шартлари 2. Марказдан қочма типдаги насослар. 3. Иссиқлик тарқалишининг учта принципиал тури

*Тузувчи* *катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*  
*Кафедра мудири:* *доц. Нигмаджонов С.К..*  
*“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар” фанидан якуний баҳолаш*

**30 - Вариант**

1. Ўхшашлик теоремалари. 2. Насоснинг пропорционаллик қонуни. 3. Ҳарорат майдони ва ҳарорат градиенти

*Тузувчи* *катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*  
*Кафедра мудири:* *доц. Нигмаджонов С.К..*  
*“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар” фанидан якуний баҳолаш*

**31 - Вариант**

1. Критериал тенгламаларни ҳосил қилиш тартиби. 2. Газларни сиқиш ва узатиш. Умумий маълумотлар. 3. Спирал юзали ва ғилофли иссиқлик алмашиниш аппаратлари тузилиши ва ишлаш принципи

*Тузувчи* *катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*  
*Кафедра мудири:* *доц. Нигмаджонов С.К..*  
*“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар” фанидан якуний баҳолаш*

**32 - Вариант**

1. Гидродинамик ўхшашлик критерийлари. 2. Вентиляторлар. 3. Иссиқлик ўтказувчанликнинг дифференциал тенгламаси (Фурье тенгламаси)

*Тузувчи* *катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*  
*Кафедра мудири:* *доц. Нигмаджонов С.К..*  
*“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар” фанидан якуний баҳолаш*

**33 - Вариант**

1. Технологик жараёнларни математик моделлаштириш босқичлари  
2. Компрессор қувватини ҳисоблаш. 3. Иссиқликнинг нурланиши

*Тузувчи* *катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*  
*Кафедра мудири:* *доц. Нигмаджонов С.К..*  
*“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар” фанидан якуний баҳолаш*

**34 - Вариант**

1. Технологик жараённинг математик моделини қуриш  
2. Марказдан қочма типдаги вентиляторлар  
3. Конвектив иссиқлик алмашиниш

*Тузувчи* *катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*  
*Кафедра мудири:* *доц. Нигмаджонов С.К..*  
*“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар” фанидан якуний баҳолаш*

**35 - Вариант**

1. Математик моделнинг мазмуний ифодасини тузиш. 2. Ўқли (пропеллерли) вентиляторлар. 3. Иссиқлик бериш коэффициентлари

*Тузувчи* *катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*  
*Кафедра мудири:* *доц. Нигмаджонов С.К..*  
*“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар” фанидан якуний баҳолаш*

**36 - Вариант**

1 Математик моделнинг мазмуний ифодасини тузиш.2. Компрессорлар3. . Математик модел тенгламалари системасининг тавсифи.

*Тузувчи* *катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*  
*Кафедра мудири:* *доц. Нигмаджонов С.К..*  
**“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан якуний баҳолаш**

#### **37 - Вариант**

1. Технологик жараёнларни математик моделлаштиришни биринчи босқичи
2. Поршенли компрессорлар3. Сув буғи ва иссиқ сув билан иситиш

*Тузувчи* *катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*  
*Кафедра мудири:* *доц. Нигмаджонов С.К..*  
**“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан якуний баҳолаш**

#### **38 - Вариант**

1. Технологик жараёнлар учун ўхшашлик шартлари
2. Бир босқичли поршенли компрессор3. Юқори ҳароратли моддалар билан қиздириш

*Тузувчи* *катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*  
*Кафедра мудири:* *доц. Нигмаджонов С.К..*  
**“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан якуний баҳолаш**

#### **39 - Вариант**

1. Технологик жараёнлар учун ўхшашлик теоремалари.
2. Пластинали компрессорлар 3. Иссиқлик алмашилини аппаратлари хақида умумий маълумотлар

*Тузувчи* *катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*  
*Кафедра мудири:* *доц. Нигмаджонов С.К..*  
**“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан якуний баҳолаш**

#### **40 - Вариант**

1. Қаттиқ материалларни майдалаш
2. Суюқлик муҳитларини аралаштириш. Умумий маълумотлар
3. Кожух-трубкали аппаратлар тузилиши ва ишлаш принциплари

*Тузувчи* *катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*  
*Кафедра мудири:* *доц. Нигмаджонов С.К..*  
**“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фанидан якуний баҳолаш**

#### **41 - Вариант**

1. Майдалаш жараёнининг асосий қонуниятлари
2. Иссиқлик ўтказувчанлик3. Змеевикли ва қўш трубади аппаратлар тузилиши ва ишлаш принциплари

*Тузувчи* *катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*  
*Кафедра мудири:* *доц. Нигмаджонов С.К..*  
**“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фани**

#### **42-вариант**

1. Фаннинг моҳияти, тарихи , ривожланиши ва келажаги 2 Механик усулда аралаштириш3. Хом ашё, материал ва маҳсулотларнинг асосий хоссалари.

*Тузувчи*  
*Кафедра мудири:*

*катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*  
*доц. Нигмаджонов С.К..*

*“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фани*

#### **43-Вариант**

1. Асосий жараёнларнинг турлари
2. Жихозларга легирловчи қўшимчалар таъсири.
3. Суюқликнинг донасимон қатламдаги ҳаракати.

*Тузувчи*  
*Кафедра мудири:*

*катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*  
*доц. Нигмаджонов С.К..*

*“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фани*

#### **44-Вариант**

1. Асосий жараёнлар
2. Фильтрлаш жарёни ва унинг асосий турлари
3. Фаннинг масалалари ва ривожланиши

*Тузувчи*  
*Кафедра мудири:*

*катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*  
*доц. Нигмаджонов С.К..*

*“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фани*

#### **45-Вариант**

1. Замонавий техникалар яратиш асослари
2. Центрифугалаш жараёни ва қурилмасини ҳисоблаш
3. Паст, ўрта ва юқори босимли кимёвий қурилмалар учун тавсия этилган пўлатлар.

*Тузувчи*  
*Кафедра мудири:*

*катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*  
*доц. Нигмаджонов С.К..*

*“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фани*

#### **46-Вариант**

1. Кимёвий аппаратлар тайёрлаш учун материаллар танлаш ва иқтисодий асослаш
2. Иссиқлик алмашиниш жараёни ва қурилмалари.
3. Мукамал қурилмалар яратиш асослари

*Тузувчи*  
*Кафедра мудири:*

*катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*  
*доц. Нигмаджонов С.К..*

*“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фани*

#### **47-Вариант**

1. Ўхшашлик назарияси ва мезонлари
2. Қўш турбали, намловчи ва илонсимон иссиқлик алмаштиргичлар.
3. Майдалашнинг асосий қонунлари

*Тузувчи*  
*Кафедра мудири:*

*катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*  
*доц. Нигмаджонов С.К..*

*“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фани*

#### **48-Вариант**

1. Қурилмалар тайёрлаш учун материаллар
2. Ғилофли ва горелкали иссиқлик алмаштиргичлар ва жараёнлар.
3. Ўхшашлик назариясининг ахамияти

*Тузувчи*  
*Кафедра мудири:*

*катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*  
*доц. Нигмаджонов С.К..*

*“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фани*

#### 49-Вариант

1. Материалларни майдалаш. Умумий тушунчалар
2. Блокли ва шнекли иссиқлик алмаштиргичлар ва жараёнлар.3. Ўхшашлик мезонлари

*Тузувчи*

*Кафедра мудири:*

*катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*

*доц. Нигмаджонов С.К..*

*“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фани*

#### 50-Вариант

1. Майдалаш машиналарининг тузилиши ва ишлаш асослари
2. Коррозия, иссиқликга бардош ва иссиқликга чидамли юқори легирланган пўлатлар.
3. Мавхум қайнаш.

*Тузувчи*

*Кафедра мудири:*

*катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*

*доц. Нигмаджонов С.К..*

*“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фани*

#### 51-Вариант

1. Майдалаш машиналарини ҳисоблаш
2. Юзали ва аралаштирувчи конденсаторлар ва жараёнлар.
3. Жихозларни лойиҳалашда рангли металлар ва пластмассалардан фойдаланиш.

*Тузувчи*

*Кафедра мудири:*

*катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*

*доц. Нигмаджонов С.К..*

*“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фани*

#### 52-Вариант

1. Суёқлик мухитларида аралаштириш ва ҳаракат троекторияси.
2. Генератив иссиқлик алмаштиргичлар ва жараёнлар.
3. Зарбли майдалагичнинг тузилиши ва ишлаш асослари.

*Тузувчи*

*Кафедра мудири:*

*катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*

*доц. Нигмаджонов С.К..*

*“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фани*

#### 53-Вариант

1. Механик усулда аралаштириш ва ҳаракат троекторияси
2. Иссиқлик алмашиниш ва жихозлари турлари.
3. Саноатда қаттиқ жисм заррачалари нима учун майдаланиши. Майдалаш диффузия жараёнига қандай таъсир кўрсатиши.

*Тузувчи*

*Кафедра мудири:*

*катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*

*доц. Нигмаджонов С.К..*

*“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фани*

#### 54-Вариант

1. Пневматик ва турбулизатор ёрдамида аралаштириш
2. Иссиқлик алмашиниш қурилмаларини технологик ҳисоблаш.
3. Қурилмаларни лойиҳалашда асосий конструкцион материаллар ва уларни танлаш.

*Тузувчи*

*Кафедра мудири:*

*катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*

*доц. Нигмаджонов С.К..*

*“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фани*

#### 55-Вариант

1. Механик аралаштиришдаги қувват сарфи2. Истиқболли иссиқлик алмаштиригичлар ва жараёнлар3. Иссиқлик алмашиниш қурилмаларини ҳисоблаш тартиби.

*Тузувчи* *катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*  
*Кафедра мудири:* *доц. Нигмаджонов С.К..*  
*“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар” фани*

#### 56-Вариант

1. Иссиқлик бериш коэффициентини ҳисоблаш учун тенгламалар.
2. Қобик трубали иссиқлик алмашиниш жихозларини ҳисоблаш тартиби.
3. Иссиқлик алмашиниш жихозларини иссиқлик ҳисоби.

*Тузувчи* *катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*  
*Кафедра мудири:* *доц. Нигмаджонов С.К..*  
*“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар” фани*

#### 57-Вариант

1. Циклонлар ва ундаги жараёнлар.2.Мавхум қайнаш қатламининг гидродинамикасини ҳисоблаш 3. Гидромеханик жараёнларнинг аҳамияти ва аралаштириш усуллари

*Тузувчи* *катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*  
*Кафедра мудири:* *доц. Нигмаджонов С.К..*

*“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар” фани*

#### 58-Вариант

1. Газ ювувчи ва филтрлаш жихозлари2. Иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг асосий параметрлари ва конструкциялари.3. Турли айланувчан механик аралаштиригичлар ва уларнинг гидродинамик тавсифи

*Тузувчи* *катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*  
*Кафедра мудири:* *доц. Нигмаджонов С.К..*

*“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар” фани*

#### 59-Вариант

- 1.Газ тозалайдиган қурилмаларни танлаш.2. Газларни чангдан тозалаш жараёни ва қурилмаси тузулиши , ишлаши. 3. Аралаштириш пайтидаги суюқлик харакатининг таркибини тузилиши

*Тузувчи* *катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*  
*Кафедра мудири:* *доц. Нигмаджонов С.К..*

*“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар” фани*

#### 60-Вариант

1. Иссиқлик алмашиниш жараёнлари ва қурилмалари2. Қўш турбали иссиқлик алмаштиригичлар ва жараёнлар 3. Механик аралаштиришдаги энергия сарфи.

*Тузувчи* *катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*

*“Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар” фани*

#### 61-Вариант

1. Суюқликларни оқим бўйлаб аралаштирувчи турбилизаторлар2. Пневматик аралаштиригичнинг моҳияти ва ҳаво сарфини аниқлаш.3. Газларнинг чангдан тозалашнинг аҳамияти. Газсимон аралашмаларни ажратиш усуллари.

*Тузувчи* *катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*

*“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фани*

**62-Вариант**

1. Иссиқлик ўтказувчанлик
2. Механик усулда ва циркуляцион аралаштиргич.
3. Қурилмани гидравлик ҳисоблаш.

*Тузувчи*

*катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*

*Кафедра мудири:*

*доц. Нигмаджонов С.К..*

*“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фани*

**63-Вариант**

1. Иссиқлик бериш ва ўтказиш коэффициентининг қийматлари
2. Марказдан қочма куч таъсирида ишловчи циклонлар. Циклонларнинг ишлаши қандай принципга асосланган.
3. Ҳозирда мутахассислар томонидан таклиф этилган иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг истиқболли конструкциялари ва уларнинг ишлатилиши.

*Тузувчи*

*катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*

*Кафедра мудири:*

*доц. Нигмаджонов С.К..*

*“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фани*

**64-Вариант**

1. Қобик турбали иссиқлик алмаштиргичлар.
2. Динамик (ратацион) чанг тутгичлар.
3. Регенератив иссиқлик алмашгичлар тузилиши, ишлаш принципи ва улардан фойдаланиш кўлами.

*Тузувчи*

*катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*

*Кафедра мудири:*

*доц. Нигмаджонов С.К..*

*“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фани*

**65-Вариант**

1. Механик ва гидромеханик жараёнлар
2. Хаво ёрдамида совутиладиган жихозлар.
3. Блокли ва шнекли иссиқлик алмашгичлар ва уларнинг ишлатилиши.

*Тузувчи*

*катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*

*Кафедра мудири:*

*доц. Нигмаджонов С.К..*

*“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фани*

**66-Вариант**

1. Циркуляцион аралаштириш
2. Қобик трубали жихорларда иссиқлик алмашинишни тезлаштириш.
3. Чанг чўктириш камералар ва жараёнлар.

*Тузувчи*

*катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*

*Кафедра мудири:*

*доц. Нигмаджонов С.К..*

*“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фани*

**67-Вариант**

1. Циклон қурилмасининг тузилиши, ишлаши ва асосий кўрсаткичларини ҳисоблаш
2. Иссиқлик баланси.
3. Ғилофли ва гарелкали иссиқлик алмашгичлар ва улардан фойдаланиш.

*Тузувчи*

*катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*

*“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фани*

**68- вариант**



1. Иссиқлик ўтказувчанлик. Фурье қонуни. Иссиқлик ўтказувчанликнинг дифференциал тенгламаси.
2. Иссиқлик жараёнларининг харакатлантирувчи кучи.
3. Иссиқлик алмашилиш қурилмаларининг ишлатилиш соҳаси, унинг турлари ва уларни танлаш.

*Тузувчи*

*катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*

*“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фани*

**69- вариант**

1. Гидродинамика
2. .2. Газ тозалаш қурилмалари ва жараёнлари.
3. 3. Иссиқлик жараёнларнинг турлари.

*Тузувчи*

*катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*

*“ Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар “ фани*

**70- вариант**

1. Жараён ва қурилмаларни моделлаштириш асослари.
2. Газларни тозалаш.
3. Иссиқлик жараёнларнинг турлари.

*Тузувчи*

*катта ўқитувчи Пиримов Т.Ж.*

**ЎЗБЕКИСТОН  
РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ  
ВАЗИРЛИГИ**

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ**

“КТЖК” кафедраси

«Асосий технологик жараёнлар ва аппаратлар»

фанидан

**УМУМИЙ САВОЛЛАР**

**ТОШКЕНТ – 2017**

1. Асосий технологик жараёнлар ва қурилмалар фанининг мазмуни ва вазифалари.
2. Технологик жараёнларнинг асосий турлари.
3. Даврий, узлуксиз ва комбинацияланган жараёнлар .
4. Технологик жараёнларнинг асосий қонуниятлари.
5. Модданинг сақланиш қонуни.
6. Энергиянинг сақланиш қонуни.
7. Мувозанат қонунлари.
8. Фазалар қондаси.
9. Модда ва энергиянинг ўтказиш қонунлари.
10. Кимё ва қурилиш материаллари маҳсулотлари ва хом-ашёларининг асосий хоссалари.
11. Асосий конструкцион материаллар ва уларни танлаш.
12. Қурилмалар яратиш жараёнининг асосий босқичлари.
13. Технологик жиҳозларга қўйиладиган талаблар.
14. Технологик жараёнлар ва қурилмаларни моделлаштириш асослари ҳақида умумий маълумотлар.
15. Жараён кинетикасини ўрганишдан мақсад нима?
16. Технологик жараёнларнинг асосий қонуниятларини айтиб беринг.
17. Моддани сақланиш қонунининг амалий аҳамияти ҳақида нималарни биласиз?
18. Жараённинг моддий баланси қандай тузилади?
19. Бирон-бир ихтиёрий жараённинг моддий балансини тузишга оид мисол келтиринг.
20. Моддий баланс тенгламаларининг қандай турлари мавжуд?
21. Оқимнинг узлуксизлиги тенгламаси ва моддани сақланиш қонуни ўртасидаги умумийликни изохлаб беринг.
22. Даврий ёки узлуксиз жараёнларнинг моддий баланси тенгламаларини тузишга оид мисоллар келтиринг.
23. Жараённинг иссиқлик баланси моҳиятини тушунтириб беринг.
24. Жараёнларнинг иссиқлик баланси қандай мақсадларда тузилади?
25. Бирон-бир ихтиёрий суяқликни қиздириш ёки совутиш жараёни учун иссиқлик баланси туза оласизми?
26. Системанинг мувозанат ҳолатига таъриф беринг.
27. Фазалар қондасини қандай мақсадлар учун қўллаш мумкин?
28. Асосий жараёнларнинг кинетик тенгламаларидан бирини шарҳлаб беринг.
29. Жараёнлар ва қурилмаларни ҳисоблаш кетма-кетлигини тушунтириб беринг.

30. “Физик катталиқ” тушунчасига таъриф беринг.
31. СИ системаси ҳақида нималарни биласиз? Ушбу системанинг афзалликлари нималардан иборат?
32. Зичлик ва солиштирма оғирлик, динамик ва кинематик қовушқоқлик ҳамда иссиқлик ўтказувчанлик ва ҳарорат ўтказувчанлик ўртасида қандай умумий фарқ бор?
33. Кимё ва қурилиш материаллари маҳсулотлари ва хом-ашёларнинг асосий хоссалари ҳақида нималарни биласиз?
34. Технологик қурилмалар тайёрлаш учун қўлланиладиган материалларга қандай талаблар кўрсатилади? Материалларни танлаш пайтида уларнинг қандай хусусиятларига эътибор берилади?
35. Кимё ва қурилиш материаллари машинасозлигида қўлланиладиган металллар ва қотишмалар ҳақида нималарни биласиз?
36. Нометалл материаллар ва уларни қўлланилиш соҳалари тўғрисида қандай маълумотларга эгасиз?
37. Металллар коррозияси ҳақида нималарни биласиз? Ушбу жараён жиҳозларни лойиҳалаш пайтида қай тарзда ҳисобга олинади?
38. Кимё ва қурилиш материаллари маҳсулотлари ишлаб чиқарувчи жиҳозларга кўрсатиладиган умумий талабларни санаб ўтинг. Уларни бажарилишидан қандай мақсадлар кўзланганлигини тушунтириб беринг.
39. Технологик қурилмаларни яратиш босқичлари ҳақида нималарни биласиз?
40. Технологик жиҳознинг техник лойиҳасини ишлаб чиқиш даврида бажариладиган асосий ишларни шарҳлаб беринг.
41. Жараённи мукамаллаштириш бўйича ўтказиладиган тадқиқотлар натижаларини ишлаб чиқаришга жорий этиш қай тартибда амалга оширилади?
42. Жараёнларни физик моделлаштириш услуби ҳақида нималарни биласиз?
43. Физик ва математик моделлаштириш услублари ўртасидаги умумийлик ва фарқларни шарҳлаб беринг.
44. Жараёнларни моделлаштириш пайтида қандай шарт-шароитлар бажарилиши керак?
45. Моделлаштириш услубини қўллаш учун қандай ўхшашлик шартлари бажарилиши лозим?
46. Ўхшашлик шартлари, уларнинг моҳияти ва қўлланилишидан кўзланган мақсадлар ҳақида нималарни биласиз?
47. Ўхшашлик теоремаларининг амалий аҳамиятини тушунтириб беринг.
48. «Ўхшашлик симплекси», «ўхшашлик критерийси» ва «ўхшашлик индикатори» тушунчаларига таъриф беринг.
49. «Критериал тенглама» тушунчасига таъриф беринг.
50. Жараёнларни тавсифловчи дифференциал тенгламалардан критериал тенгламалар ҳосил қилиш услублари ҳақида нималарни биласиз?

51. Гидродинамик ўхшашлик критерийлари ҳақида нималарни биласиз?
52. Ўхшашлик назариясининг афзалликлари ва камчиликларини айтиб беринг.
53. Математик моделлаштириш деганда нимани тушунасиз?
54. Математик моделлаштириш неча босқичда амалга оширилади?
55. Математик модел нима?
56. Моделлаштириш алгоритми нима?
57. Математик моделлаштиришнинг қандай услублари мавжуд?
58. Математик моделни шакллантириш тартиблари ҳақида нималарни биласиз?
59. Элементар жараёнларнинг математик ифодаларини қандай критерийлар асосида қиёсий таққослаш мумкин?
60. Регрессия тенгламасининг коэффицентлари қандай аниқланади?
61. Энг кичик квадратлар усули ҳақида нималарни биласиз?
62. Тенглама коэффицентларини топиш учун қандай амаллар бажарилади?
63. Регрессион таҳлил нима?
64. Тенглама коэффицентларининг таъсир даражаси қандай аниқланади?
65. Тенгламани адекватлиги қандай аниқланади?
66. Трансцендент регрессия усулида тенглама коэффицентлари қандай аниқланади?
67. Кимё ва қурилиш материаллари технологиясининг қайси бир йўналишларида майдалаш жараёнлари кенг қўлланилади? Уларни амалга оширишдан кўзланган мақсад нима? Жавобларингизни мисоллар асосида изохлаб беринг.
68. Майдаланиш даражасига таъриф беринг.
69. Майдаланган материал бўлақларининг ўртача ўлчами қандай аниқланади?
70. Майдалаш жараёни қандай синфларга бўлинади?
71. Қаттиқ материалларни майдалашнинг қандай усуллари мавжуд? Ушбу усулларнинг қайси бирини тавсифлай оласиз?
72. Материалларни янчиш жараёни механизми ҳақида нималарни биласиз? Жараён мобайнида бажарилган ишни аниқлаш учун қандай тенгламалар мавжуд? Нима учун ушбу тенгламалар муҳандислик амалиётида кенг қўлланилмайди?
73. Майдалаш жиҳозлари қандай принципларга асосан гуруҳларга ажратилади?
74. Кимё ва қурилиш материаллари корхоналарида қандай типдаги майдалагичлар қўлланилади? Ушбу жиҳозларнинг тузилиши ва ишлаш принципи ҳақида нималарни биласиз?
75. Валикли майдалагичнинг ишлаш принципини тушунтириб беринг. Бундай майдалагичдан қурилиш материаллари корхоналарида қандай мақсадларни амалга ошириш учун қўлланилади? Мисоллар келтиринг.

76. Тошни майдалаш учун қайси типдаги машиналарни қўллаш мумкин? Жавобингизни изохлаб беринг.
77. Дисперслик тушунчасига таъриф беринг.
78. Элаклар тўпламининг модули қандай катталиқ?
79. Элак тешикларининг ўтказиш юзаси қандай ҳисобланади?
80. Маҳсулот заррачаларининг ўлчамлари бўйича тақсимотнинг дифференциал ва интеграл эгри чизикларини куриш тартибини тушунтириб беринг.
81. Фракцияланган маҳсулот заррачаларининг ўртача ўлчами қандай аниқланади?
82. Маҳсулотларни саралашдан (элашдан) кўзланган технологик мақсад нималардан иборат бўлиши мумкин?
83. Элакларнинг турлари ҳақида нималарни биласиз?
84. Маҳсулотларни элаш услублари, уларнинг афзалликлари ва камчиликлари ҳақида нималарни биласиз?
85. Сочилувчан маҳсулот таркибини дисперсиявий таҳлил қилишдан кўзланган мақсад нима?
86. Сочилувчан материалларни ажратиш жараёнига таъриф беринг. Ушбу жараён турлари ва уларни амалга ошириш услублари ҳақида нималарни биласиз?
87. Элаклаш жараёнининг моддий баланси тенгламасини туза оласизми?
88. Элаклаш машиналарининг қандай турлари мавжуд? Уларнинг ишлаш принципларини тушунтириб беринг.
89. Барабанли бурат ва грохотларнинг иш унумдорлиги ва қувватини аниқлаш учун қандай тенгламалар тавсия этилган?
90. Пневматик ва гидравлик саралаш услублари ўртасидаги умумийлик ва фарқларни изохлаб беринг.
91. Енгил зарррачаларни муаллақ учиб юриш тезлигининг критик қиймати қандай аниқланади?
92. Майдаланган материалларни хиллашдан мақсад нима? Хиллаш машиналарининг қандай турлари мавжуд? Уларнинг иш принципларини тушунтириб бера оласизми?
93. Барабанли хиллаш машиналарининг иш унумдорлиги ва қувватини аниқлаш тенгламаларини ёза оласизми? Ушбу тенгламалар таркибига кирувчи катталикларни машинанинг иш унумдорлигига таъсирини изохлаб беринг.
94. Суюқликларнинг қувурлар ва каналлар бўйлаб оқишига сабаб бўлувчи кучлар табиати ҳақида нималарни биласиз?
95. Суюқлик оқимининг тезлиги ва сарфи қандай аниқланади?
96. Суюқликнинг ўртача тезлиги тушунчасини қўллашдан мақсад нима?
97. Суюқликнинг турғун ва нотурғун ҳаракатлари ўртасида қандай фарқ мавжуд?

98. Қандай ҳолатларда асосий аниқловчи ўлчам сифатида эквивалент диаметр қўлланилади?
99. Оқимнинг узлуксизлиги тенгламасининг моҳияти нимадан иборат?
100. Сууюқлик оқими ҳаракатини ўрганиш учун Рейнольдс яратган тажриба қурилмасининг ишлаш принципини тушунтириб беринг.
101. Ламинар ва турбулент оқим ўртасидаги фарқни изохлаб беринг.
102. Турбулент оқим структураси ҳақида нималарни биласиз?
103. Сууюқлик ҳаракатини ифодаловчи қандай дифференциал тенгламалар мавжуд? Ушбу тенгламалар қандай кучлар ўртасидаги боғлиқликларни ифодалайди?
104. Бернулли тенгламасини қўллаш асосида қайси бир турдаги муҳандислик масалаларини ҳал этиш мумкин? Жавобларингизни мисоллар асосида изохлаб беринг.
105. Технологик қувурлар системасининг гидравлик қаршилигини ҳисоблашдан кўзланган асосий мақсад нима?
106. Ички ишқаланиш кучлари ва маҳаллий қаршиликларни енгиш учун зарур бўладиган босим йўқотилишлари қандай ҳисобланади?
107. Технологик қувурнинг оптимал диаметрини аниқлаш услубини тушунтириб беринг.
108. Сууюқликнинг резервуардан оқиб чиқиш тезлиги, сарфи ва вақти қандай аниқланади? Ушбу катталикларни ҳисоблашдан мақсад нима?
109. Ньютон ва ноньютон сууюқликлар ўртасида қандай фарқлар бор?
110. Аномал сууюқликларнинг қандай турлари мавжуд? Уларнинг реологик хусусиятларини таърифлай оласизми?
111. Аномал сууюқликнинг ҳаракат тезлиги ва сарфини аниқлаш учун қандай тенгламалар мавжуд?
112. Ишлаш принципига кўра насосларни қандай гуруҳларга ажратиш мумкин?
113. Насослар ишини тавсифловчи қандай катталикларни биласиз? Уларга таъриф беринг.
114. Насос босимини қандай аниқлаш мумкин?
115. Насоснинг сўриш баландлиги қандай ҳисобланади?
116. Ишлаб турган насос қурилмаси босимини қандай қилиб аниқлаш мумкин?
117. Кавитация ходисасини тушунтириб беринг. Унинг салбий натижалари ҳақида нималарни биласиз?
118. Ҳайдалаётган сууюқлик ҳароратини насоснинг сўриш баландлигига таъсирини тушунтириб беринг.
119. Насос электродвигатели қувватини қандай ҳисоблаш мумкин?
120. Поршенли насоснинг ишлаш принципини тушунтириб бера оласизми? Ҳаво қалпоқчалари насоснинг ишига қандай таъсир кўрсатади?

121. Поршенли ва плунжерли насосларнинг асосий камчилликларини қандай изоҳлайсиз? Бу турдаги насослар ёрдамида суюқликларни бир маромда узатиш учун қандай тавсиялар мавжуд?

122. Марказдан қочма типдаги насосларнинг ишлаш принципини тушунтириб беринг. Уларнинг босимини қандай усулларга кўра ортириш мумкин?

123. Марказдан қочма типдаги насосларнинг иш унумдорлиги, босими ва истеъмол қуввати ишчи ғилдиракнинг айланишлар частотасига боғлиқ эканлигини қандай изоҳлайсиз?

124. Суюқлик узатиладиган қувурлар тармоғининг гидравлик тавсифси маълум бўлса, танланаётган насоснинг ишчи нуктаси қандай аниқланади?

125. Насосларнинг маҳсус турлари ҳақида нималарни биласиз?

126. Қандай турдаги насосларни қуйидаги мақсадларда қўллаш мумкин: а) юқори босимлар ҳосил қилиш; б) кўп миқдордаги суюқликларни узатиш. Жавобингизни жадвал маълумотлари шаклида ифодаланг.

1. Газларни сиқиш даражасига кўра компрессор машиналари қандай туркумларга ажратилади?

2. Газларни изотермик, адиабатик ва политропик сиқиш жараёнларида бажарилган солиштирма иш миқдорини қандай ҳисоблаш мумкин?

3. Компрессор электродвигателининг истеъмол қуввати қайси бир катталиклардан боғлиқ бўлади?

4. Вентиляторларнинг ишлаш принципини тушунтириб бера оласизми?

5. Вентиляторлар қайси бир белгиларга кўра гуруҳларга ажратилади? Уларни танлаш услублари ҳақида нималарни биласиз?

6. Компрессорларнинг қандай турлари мавжуд?

7. Нима сабабдан поршенли компрессорда сиқилган газ дастлаб ресиверга узатилади? Ресивернинг вазифаси нимадан иборат?

8. Пластинали компрессор қандай афзалликларга эга? Унинг ишлаш принципини тушунтириб беринг.

9. Вакуум-насосларни қўллашдан кўзланган асосий технологик мақсадни тушунтириб беринг.

10. Вакуум-насосларнинг турлари ва уларни қўлланиш соҳалари ҳақида нималарни биласиз?

11. Буғ эжекторли вакуум-насоснинг ишлаш принципини тушунтириб беринг. Қайси бир ҳолатларда кўп босқичли буғ эжекторли вакуум-насослардан фойдаланилади?

12. Кимё маҳсулотлари технологиясида суюқликларни аралаштириш йўли билан қандай жараёнларни амалга ошириш мумкин?

13. Суюқликни аралаштириш жараёни механизмни тушунтириб беринг.

14. Аралаштириш жараёнини тавсифловчи қандай катталикларни биласиз?

15. Маҳсулотни аралаштирилиш даражаси қайси бир тенглама ёрдамида аниқланади?

16. Суюқликларни аралаштиришнинг қандай усуллари мавжуд? Ушбу усуллар моҳиятини изоҳлаб беринг.

17. Аралаштириш қурилмасида суюқлик қандай тартибларда ҳаракатланади? Ушбу ҳаракатни ифодаловчи қандай катталиклар мавжуд?



- 18.Сууюклик гирдобининг ҳосил бўлиш механизмини тушунтириб беринг. Ушбу ходисани механик аралаштириш жараёнига нисбатан ижобий ва салбий таъсири ҳақида нималарни биласиз?
- 19.Механик аралаштиргичларнинг қандай турлари мавжуд?
- 20.Аниқ бир жараённи амалга ошириш учун аралаштириш мосламаси қандай танланади?
- 21.Механик аралаштиргичли ихтиёрий бир қурилманинг схемасини чиза оласизми? Ушбу қурилманинг ишлаш принципи ва ундаги жараённинг кечиш тартибини тушунтириб беринг.
- 22.Механик аралаштириш жараёни учун энергия сарфи қандай аниқланади?
- 23.Циркуляцион аралаштириш усулининг моҳиятини қандай тушунасиз?
- 24.Аралаштиргичли қурилмаларда оқим тезлиги қандай тақсимланишини тасвирланг.
- 25.Аралаштиргичнинг насос эффекти деганда нимани тушунасиз?
- 26.Қандай мақсадлар учун аралаштириш қурилмаларида оқимни қайтарувчи тўсиқлар ўрнатилади?
- 27.Пневматик аралаштириш усули қандай мақсадларни амалга ошириш учун қўлланилади?
- 28.Барботаж жараёни механизмини тушунтириб беринг. Ушбу жараённи тавсифловчи қандай катталиклар мавжуд?
- 29.Барботаж жараёни учун газ сарфи қандай аниқланади?
- 30.«Гетероген система» атамасига таъриф беринг. Фазаларнинг физик ҳолатига кўра гетероген системалар қандай гуруҳларга ажратилиши мумкин? Уларга таъриф беринг.
- 31.«Коагуляция», «полидисперс система» ва «монодисперс система» атамаларига таъриф беринг.
- 32.Турли жинсли системаларни ажратишнинг қандай усуллари мавжуд? Ушбу усулларнинг моҳиятини тушунтириб беринг.
- 33.Ажратиш жараёнларининг моддий баланси тенгламаларидан қандай технологик мақсадларда фойдаланиш мумкин?
- 34.Тиндириш жараёни моҳиятини тушунтириб беринг. Ушбу жараённинг ҳаракатлантирувчи кучи қандай аниқланади?
- 35.Ламинар ва турбулент режимларда каттиқ заррачанинг эркин чўкиш тезлиги қайси бир тенгламалар ёрдамида аниқланади?
- 36.Эркин ва сиқилган ҳолатларда чўкиш ўртасида қандай фарқлар мавжуд? Сиқилган ҳолатдаги заррачанинг чўкиш тезлиги қандай аниқланади?
- 37.Суспензияларни тиндирувчи қурилмаларнинг қандай турлари мавжуд? Уларнинг самарадорлигини таққослай оласизми?
- 38.Тиндиргичларни ҳисоблаш услубини тушунтириб беринг.
- 39.Марказдан қочма куч майдонида чўктириш жараёни моҳиятини тушунтириб беринг. Ушбу усулнинг самарадорлиги қандай омилларга боғлиқ бўлади?
- 40.Гидроциклоннинг ишлаш принципини тушунтириб беринг. Гидроциклондаги суспензияни ажратиш омили қандай катталиклардан боғлиқ бўлади? Жавобларингизни ҳисоблашлар асосида изохлаб беринг.
- 41.Гидроциклонларни ҳисоблаш қайси тартибда олиб борилади?
- 42.Центрифугаларнинг қандай турлари мавжуд? Центрифугаларда амалга ошириладиган жараёнларни ҳаракатлантирувчи куч қандай ифодаланади?
- 43.Фильтрлаш жараёни ҳақида нималарни биласиз? Фильтрлаш йўли билан қандай турли жинсли системаларни ажратиш мумкин?
- 44.Фильтрлаш жараёнини амалга оширишнинг қандай усуллари мавжуд? Ушбу усуллар моҳиятини тушунтириб беринг.
- 45.Фильтрловчи материалларнинг қандай турлари мавжуд?

46. Фильтрлаш жараёнини ҳаракатга келтирувчи кучга тавсиф беринг. Ушбу куч қандай ҳосил қилинади?
47. Кимё технологиясида фильтрлаш жараёнлари қандай мақсадларни амалга ошириш учун қўлланилади? Мисоллар келтиринг.
48. Фильтрлаш тезлиги қандай аниқланади?
49. Чўкма ва фильтрловчи материал хусусиятларини тавсифловчи қандай катталиклар мавжуд?
50. Фильтрлаш доимийлари ҳақида нималарни биласиз?
51. Марказдан қочма куч майдонида фильтрлаш усулининг моҳиятини тушунтириб беринг. Ушбу усулнинг афзалликлари нимада?
52. Кимё саноати корхоналарида қандай турдаги фильтрлаш аппаратлари қўлланилади?
53. Нутч-фильтрнинг тузилиши ва ишлаш принципини тушунтириб беринг.
54. Фильтр-пресснинг тузилиши, ишлаш принципи ва қўлланиш соҳалари ҳақида нималарни биласиз?
55. Даврий ишловчи фильтрларнинг ҳисоблаш услубини тушунтириб беринг.
56. Аэрозол бирикмаларни ажратишдан қўзланган асосий мақсад нималардан иборат?
57. Газ аралашмаларини (чангларни) тозалашнинг қандай усулларини биласиз?
58. Чанг чўктириш камераларининг қандай турлари мавжуд? Уларнинг самарадорлигини қай тарзда орттириш мумкин?
59. Газларни чангдан тозаланганлик даражаси қандай аниқланади?
60. Циклонни ишлаш принципи ҳақида нималарни биласиз?
61. Батареяли циклонлардан қандай ҳолларда фойдаланилади? Уларнинг тузилиши ва ишлаш принципларини тушунтириб беринг.
62. Газ тозаловчи фильтрларнинг қандай турлари мавжуд? Газларни фильтрлаш жараёнининг ўзига хос хусусиятлари ҳақида нималарни биласиз?
63. Енгли фильтрларнинг тузилиши ва ишлаш принципини тушунтириб беринг. Нима учун енгли фильтрларга мустаҳкамлик ҳалқалари ўрнатилади?
64. Патронли фильтрларнинг тузилиши ва ишлаш принципи ҳақида нималарни биласиз?
65. Газ фильтрловчи қурилмаларнинг ҳисоблаш услубини тушунтиринг.
66. Электр майдонида чанг чўктириш жараёнининг моҳияти нимада?
67. Электрофильтрнинг тузилиши ва ишлаш принципини тушунтириб беринг.
68. Газларни намлаб тозалаш услубининг қандай ижобий ва салбий томонлари бор?
69. Газ ювиш қурилмалари - скрубберларнинг қандай турлари мавжуд? Скрубберларда газ ва суюқлик фазалари ўртасидаги контакт юза қай тарзда ҳосил қилинади?
70. Мавжуд газ ювиш қурилмаларининг самарадорлиги ва гидравлик қаршиликларини таққослай оласизми?
71. Тескари осмос ва ультрафильтрация жараёнларининг моҳиятини тушунтириб беринг. Ушбу жараёнларда қандай умумийлик ва фарқлар мавжуд?
72. Кимё маҳсулотлари технологиясида тескари осмос ва ультрафильтрация жараёнлари қандай мақсадларни амалга ошириш учун қўлланилади?
73. Тескари осмос ва ультрафильтрация жараёнларини ҳаракатлантирувчи кучга таъриф беринг.
74. Ультрафильтрация анъанавий фильтрлаш жараёнидан нимаси билан фарқ қилади?
75. Ультрафильтрация ва тескари осмос жараёнларида қандай турдаги мембраналардан фойдаланиш мумкин?

76. Мембраналарнинг технологик хусусиятлари ҳақида нималарни биласиз?
77. Мембрана орқали сууюқликни ўтказиш учун сарфланган иш миқдорини қандай аниқлаш мумкин?
78. Эритмани мембрана воситасида ажратиш жараёни механизмини биласизми? Ушбу механизмнинг капилляр-филтрация моделини тушунтириб беринг.
79. Мембранали қурилмаларнинг қандай турларини биласиз? Уларнинг тузилиши ва ишлаш принципини тушунтириб беринг.
80. Мембранали қурилмаларни қай тартибда ҳисоблаш мумкин?
81. Донадор материалларни мавҳум қайнаш ҳолатига таъриф беринг. Мавҳум қайнаш қатлами қандай ҳосил қилинади?
82. Нима сабабдан мавҳум қайнаш қатламида амалга ошириладиган жараёнлар интенсив кечади? Сабабларини тушунтириб беринг.
83. Донадор қатламни тавсифловчи қандай катталикларни биласиз?
84. Донадор материал қатламининг бўшлиқ ҳажмини қандай аниқлаш мумкин?
85. Газ оқими тезлигининг биринчи ва иккинчи критик тезликлари ҳақида нималарни биласиз?
86. Қаттиқ заррачалар қатламининг газ оқимидаги қандай ҳолатлари мавжуд?
87. Газ оқимининг қандай тезлигида заррачалар қурилмадан учиб чиқиб кетади? Ушбу ҳолатни салбий ва ижобий томонларини изоҳланг.
88. Мавҳум қайнаш сони қандай катталик?
89. Саноат қурилмаларида мавҳум қайнаш қатламининг қандай ҳаракат режимлари мавжуд бўлиши мумкин?
90. Газ оқимининг биринчи критик тезлиги қандай аниқланади?
91. Мавҳум қайнаш қатламли қурилмаларнинг қандай турлари мавжуд? Улардан қайси бир технологик жараёнларни амалга ошириш учун фойдаланиш мумкин?
92. Иссиқлик алмашилиш жараёнлари гуруҳига кирувчи технологик жараёнларга тавсиф беринг.
93. Иссиқлик тарқалишининг нечта принципиал тури мавжуд?
94. Оралик иссиқлик ташувчи агентлар ҳақида нималарни биласиз?
95. Ҳарорат майдонига таъриф беринг.
96. Ҳарорат градиентининг физик моҳияти нимада?
97. Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентининг сон қиймати қандай катталик миқдорини кўрсатади?
98. Иссиқлик алмашилиш қурилмасининг текис ишчи юзаси орқали иссиқлик ўтказувчанлик йўли билан узатилган иссиқлик миқдорини ифодалай оласизми?
99. Қандай жисмлар абсолют оқ, абсолют қора, абсолют шаффоф ва кулранг жисмлар деб таърифланади?
100. Стефан-Больцман ва Кирхгоф қонунларининг амалий аҳамияти ҳақида нималарни биласиз?
101. Конвектив иссиқлик алмашилиш жараёни механизмини тушунтириб беринг.
11. Иссиқлик бериш коэффиценти қандай катталикни ифодалайди?

- 102.Иссиқлик критерийлари ҳақида нималарни биласиз? Қайси бир критерийга таъриф бера оласиз?
- 103.Иссиқлик алмашиниш жараёнларини ҳаракатлантирувчи куч нима? Унинг қиймати қандай омилларга боғлиқ бўлади?
- 104.Иссиқлик узатиш жараёнининг асосий тенгламасидан қандай мақсадларда фойдаланиш мумкин? Иссиқлик бериш коэффициенти қандай катталиқни ифодалайди?
- 105.Иссиқлик узатиш коэффициенти таркибига кирувчи катталиқларни унинг сон қийматига кўрсатадиган таъсирини таҳлил қила оласизми?
- 106.Иссиқлик ташувчи агентларни танлаш жараёнида уларнинг қайси бир хусусиятларига аҳамият берилади?
- 107.Кимё технологиясида қандай қиздириш усулларида фойдаланилади? Уларга қисқача таъриф беринг.
- 108.Сув буғи билан қиздириш жараёнининг қандай усуллари мавжуд? Ушбу жараёнлар учун иссиқлик балансини туза оласизми?
- 109.Жараёнларнинг иссиқлик баланси тенгламаларидан нимани аниқлаймиз? Жараён учун сув буғи сарфини камайтиришнинг қандай усуллари бор?
- 110.Қиздирувчи сув буғининг иссиқлик-физик параметрлари ҳақида нималарни биласиз? Уларнинг қийматларини қандай аниқлаш мумкин?
- 111.Юқори ҳароратли моддалар билан қиздириш усуллари ҳақида нималарни биласиз? Ушбу усуллардан озик-овқат технологиясининг қайси бир жараёнини амалга оширишда фойдаланиш мумкин?
- 112.Ҳаво билан совутиш жараёни ҳақида нималарни биласиз?
- 113.Совутиш жараёнлари учун совуқ сув сарфини аниқлаш тенгламасини ёзинг. Сув сарфига таъсир кўрсатувчи параметрларни таҳлил қила оласизми?
- 114.Буғларни конденсацияланиш механизмини тушунтириб беринг.
- 10.Конденсацияланиш ва буғланиш иссиқликлари ўртасида қандай фарқ ва умумийликлар мавжуд?
- 115.Вакуум қандай ҳосил қилинади? Озик-овқат технологияси жараёнларини амалда оширишда вакуумнинг аҳамияти ҳақида нималарни биласиз?
- 116.Қурилмада вакуум қиймати қандай ушлаб турилишини тушунтириб беринг. Бу пайтда вакуум-насоснинг вазифаси нимадан иборат бўлади?
- 117.Конденсатордан сўриб олинаётган ҳаво ҳажми ва совуқ сув сарфи қайси бир омиллардан боғлиқ бўлади?
- 118.Конденсаторларнинг қандай турлари мавжуд? Уларнинг тузилиши ва ишлаш принципадаги умумийлик ва фарқларни изохлаб бера оласизми?
- 119.Барометрик конденсаторларнинг тузилиши, ишлаш принципи ва уларни ҳисоблаш услубини тушунтириб беринг.
- 120.Барометрик трубанинг вазифаси нимадан иборат? Унинг баландлиги қандай аниқланади?
- 121.Иссиқлик алмашиниш аппаратларининг қандай турлари мавжуд? Уларнинг ишлатилиш соҳалари ҳақида нималарни биласиз?
- 122.Муайян турдаги маҳсулот учун иссиқлик алмашиниш аппаратини қандай танлаб олиш мумкин?
- 123.Кожух-трубкали иссиқлик алмашиниш аппаратларининг тузилиши ва ишлаш принципини тушунтириб беринг
- 124.Қандай сабабларга кўра суюқлик трубкалар ичига, сув буғи эса трубкалар орасидаги бўшлиққа берилади? Жавобингизни асослаб беринг.
- 125.Икки йўлли кожух-трубкали қиздиргични қай тарзда тўрт йўлли аппаратга айлантириш мумкинлигини схемада кўрсатинг.

- 126.Қўш трубали аппаратнинг тузилиши ва ишлаш принцини тушунтириб беринг.
- 127.Змеевикли қурилмалар ҳақида нималарни биласиз? Уларнинг қўлланиш схемаларини келтиринг.
- 128.Спирал юзали аппаратнинг тузилишидаги ижобий ва салбий томонларни кўрсатинг.
- 129.Пластина юзали аппаратлар қандай тузилган? Уларнинг қўлланиш соҳалари ҳақида нималарни биласиз?
- 130.Ғилофли аппаратларда қиздирувчи буғнинг ишчи босими қай тарзда ҳосил қилинишини схемада кўрсатинг.
131. Иссиқлик алмашилиш аппаратларининг конструктив параметрларини ҳисоблаш тартибини тушунтириб беринг.
- 132.Иссиқлик алмашилиш аппаратларини лойиҳалаш жараёнида қандай турдаги ҳисоблашлар бажарилади? Ушбу ҳисоблашларнинг асосий мазмуни нималардан иборат?
- 133.Иссиқлик алмашилиш аппаратларининг гидравлик ҳисобларини бажариш тартибини тушунтириб беринг. Ушбу ҳисоблашларни бажаришдан мақсад нима?

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ  
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ  
ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ**

**КИМЁВИЙ ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁН ВА КУРИЛМАЛАР  
КАФЕДРАСИ**

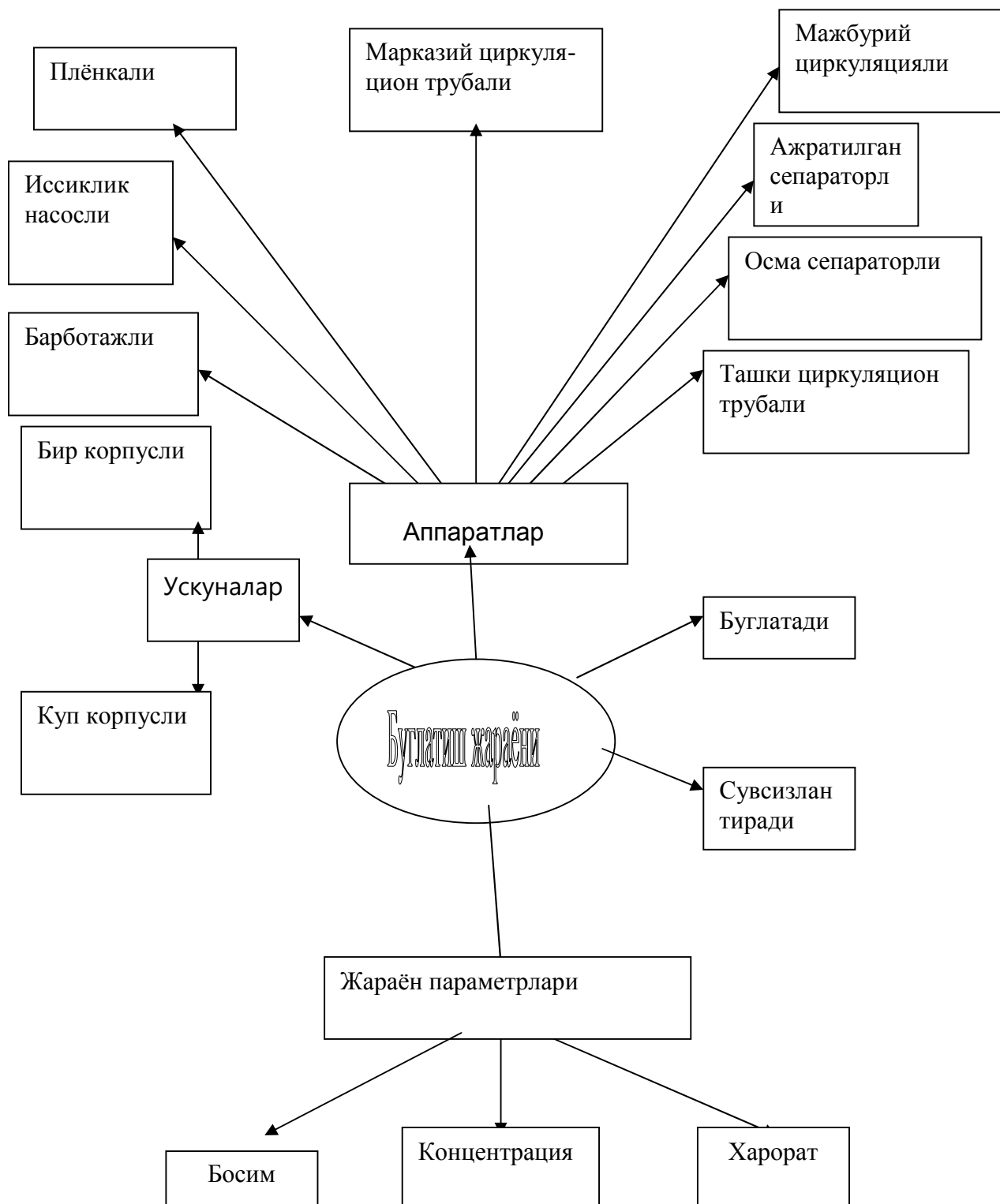
«Асосий технологик жараёнлар ва аппаратлар»

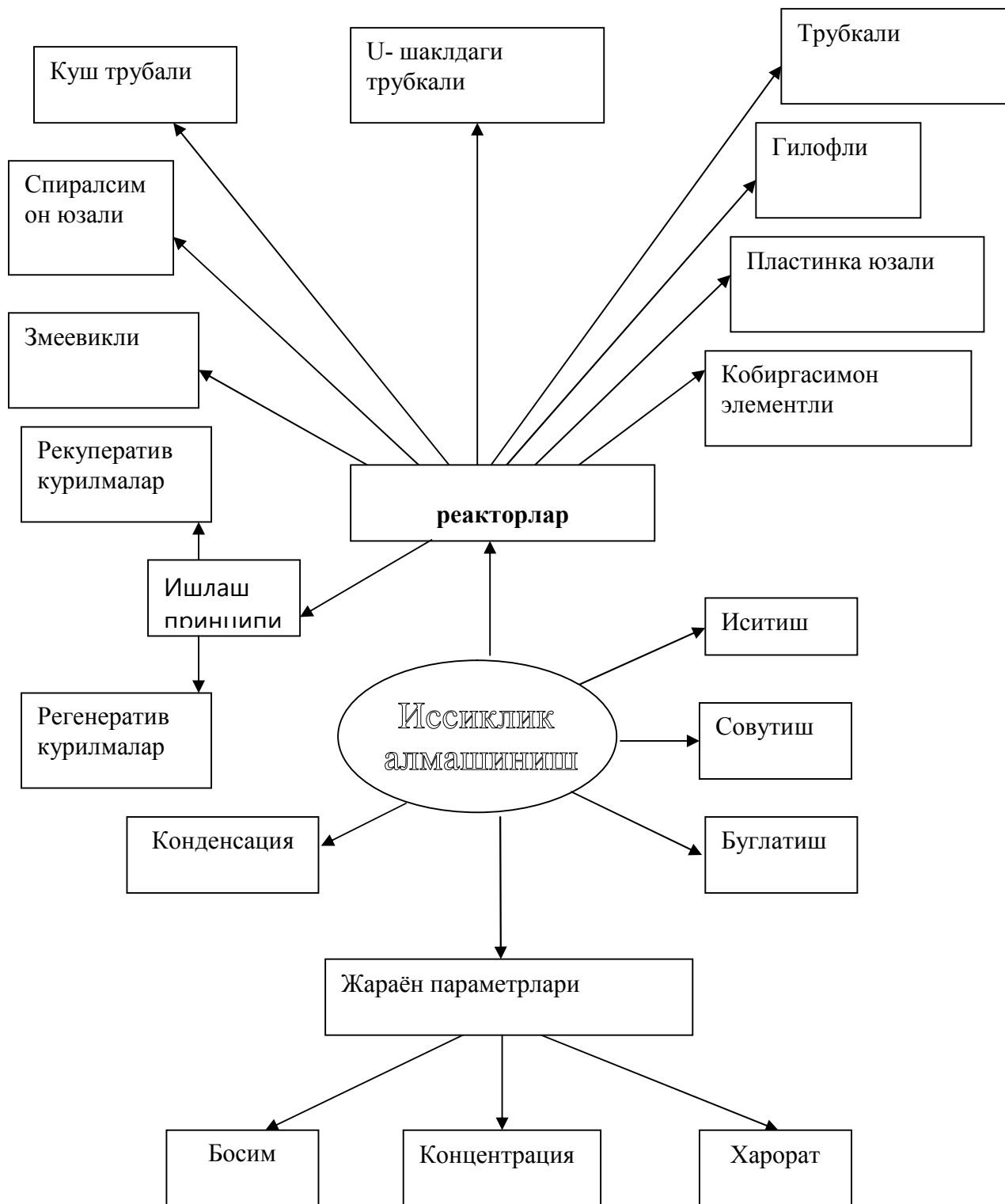
фанидан

**Тарқатма материаллар**

**ТОШКЕНТ – 2017**

## «Буглатиш» таянч сузига кластер тузиш





**«Кимёвий реактор» таянч сузига синквейн тузиш**



**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС  
ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ**

«Асосий технологик жараёнлар ва аппаратлар»

фанидан

## **ГЛОССАРИЙ**

**ТОШКЕНТ – 2017**

# Глоссарий

## Фандан баъзи терминларнинг таърифи

**Абсорбер**(лат) - абсорбция жараёнини амалга ошириладиган қурилма.

**Абсорбция**(лат) - газ ёки буғ аралашмасидаги моддаларнинг суюқликка ютилиши. Абсорбция жараёни юткич (абсорбент)нинг бутун хажми бўйича юз беради.

**Автоклав** (франц.) - қиздириб ва атмосфера босимидан юқори босим остида турли жараёнлар ўтказиладиган қурилма.

**Агрегат** (лат) - машинанинг тўла ўзаро алмашинадиган ва технологик жараёнида маҳлум вазифани бажарадиган йириклашган, унификацияланган элементи ёки биргаликда ишлайдиган бир қанча машиналарнинг механик бирикмаси.

**Адсорбентлар**(лат) - юқори даражада ривожланган сиртида ютилиш жараёни ўтадиган синтетик ва табиий жисмлар (актив кўмир, силикагелр, алюмогелр, табиий актив лойлар).

**Адсорбер**(лат) - адсорбция жараёнини амалга ошириладиган қурилма.

**Адсорбция**(лат) — газ ёки суюқлик аралашмасидаги моддаларнинг қаттиқ жисм сиртига ютилиши.

**Аппарат**(лат) - асбоб, техник қурилма, мослама.

**Барботаж**( франц.) - аралаштириш, суюқликкатлаидан газ ёкибуғнибосимбиланўтказиш.

**Барботёр** (франц.) - идишнинг ичига сувбуғиёки газ беришгаўлжаллангантурлишаклгаэга бўлгантешикли труба.

**Вакуум**(лат.) - идишгақамалган, босиматмосферабосимидананчагинапаст бўлган газ ҳолати.

**Вакуум-насос** (лат., рус.) - сийракгазлар (вакуум) ҳосилқилишмақсадидаидишлардан газ ёкибуғларни сўриболадиганқурилма.

**Вентил**( нем.) - трубадаҳаракатланувчисуюқлик, газ ёкибуғберишмиқдорини золотник ёрдамидаростлайдиганберкитиш-очишмосламаси.

**Вентилятор**(лат.) - хоналарнишомоллатиш, аэроаралашмаларнирубалардаузатишдаҳавоёки бошқа газларниҳайдашучункичикбосим (0,01МПа гача) ҳосилқиладиганқурилма.

**Газодувка**(рус.) - ҳавоёкибошқа газларни сиқишваҳайдашучунўртачабосим (0,01 да 0,3 МПа гача) ҳосилқиладиганқурилма.

**Гидравлика** (юнон) - суюқликларнингҳаракативамувозанатқонунлариниҳамдабуқонунларнимухандисликмасала лариниҳал қилишдататбиқэтишусуллариниўрганувчифан.

**Гидродинамика**(юнон.) - гидромеханиканинг сиқилмайдигансуюқликларҳаракатинивауларнингқаттиқжисмларбиланўзаротаҳсириниўрг анадиган бўлими.

**Гидромеханика**(юнон) - суюқликнингмувозанативаҳаракатини, шунингдек, суюқликнингунгаботирилганёкиундахаракатланаётганжисмбиланўзаротаҳсириниўрганади

**Гидростатика**(юнон.) - гидромеханиканингқўйилганқучлартаҳсиридасуюқликларнингмувозанатшароитларини, шунингдексокинсуюқликларнинггуларгаботирилганжисмларгава идиш деворларигатаҳсириниўрганадиган бўлими.

**Градирня**(нем.) - сувни атмосфера ҳавосибилансовитишқурилмаси.

**Гранулалаш**(лат.) - моддагамайда бўлақлар (гранулалар) шаклиниберишжараёни.

**Десорбция**(лат) - ютилган моддаларнинг адсорбент, ионит сиртидан ёки абсорбент хажмидан чиқариб ташлаш, сорбцияга тескари жараён.

**Дистиляция**(лат) - кўп компонентли суяқ аралашмаларни қисман буғлатиш ва ҳосил бўлган буғни конденсациялаш йўли билан уларни таркибан фарқ қилувчи фракцияларга ажратиш.

**Диффузия**(лат) - муҳит зарраларининг ҳаракати; модданинг кўчишига ва муҳитда муайян хилдаги зарралар концентрацияларининг тенглашиши ёки улар концентрацияларининг тенг тақсимланишига сабаб бўлади. Муҳитда макроскопик ҳаракат (масалан, конвекция) бўлмаганда молекулалар (атомлар) диффузияси уларнинг иссиқлик ҳаракатига боғлиқ бўлади; бундай диффузия молекуляр диффузия деб юритилади. Муҳитда ҳарорат, электр майдонлари ва шу кабилар доимо ўзгариб турганда диффузия концентрацияларнинг тегишли градиент бўйича мувозанатли тақсимланишига олиб келади (термодиффузия, электродиффузия ва бошқалар).

**Задвижка**(рус.) - трубопроводдаги оқим миқдорини пона шаклига эга бўлган затвор ёрдамида ростлайдиган беркитиш-очиш мосламаси.

**Заслонка**(рус.) - канал (труба)нинг кесим юзини ўзгартирадиган ҳамда шу йўл билан ундан ўтайдиган газ ёки суяқлик массаси ва ҳажмини ростлайдиган мослама.

**Компрессор** (лат.) - ҳавоёкигазни 0,3 МПа ваундан юқори босимбилан сиқадиган машина.

**Конденсат**(лат.) - газ ёкибуғниконденсациялашдаҳосил бўладигансуяқлик.

**Конденсатор**(лат.) - моддаларнисовитишйўлибилан газ (буғ) ҳолатдансуяқҳолатгаўтказадиганиссиқликалмаштиргич.

**Кондиционер**(лат.) — ҳавоникондицирлашсистемаларидаҳавогаишловберадиганвауниҳайдайдиган агрегат.

**Кран**(голл.) - трубадагиберкитиш – очишучун жўмрак. Унингқўзғалувчан детали (тиқини) тешиклиайланувчижисмшаклида бўлиб, суяқлик (газ) оқими йўлини очишваберкитишдаўз ўқи атрофида оқим йўналишига перпендикуляр равишдабурилади.

**Конвекция**(лат) - муҳит (газ, суяқлик) макроскопик қисмининг силжиши; масса иссиқлик ва бошқа физик миқдорларининг кўчишига сабаб бўлади. Конвекция муҳитнинг ҳар хил жинслилиги (ҳарорат ва зичлик градиентлари) сабабли юзага келувчи табиий (эркин) ва муҳитга ташқи таҳсир (насос, вентилятор ва бошқалар) бўлгандаги мажбурий турларга бўлинади.

**Конденсация**(лаз) - моддаларнинг газсимон ҳолатдан суяқ ёки каттиқ ҳолатга ўтиши.

**Конструкция**(лат) - бирор қурилма, механизм ва бошқа қисмларнинг тузилиши, жойлашиш тартиби, таркиби.

**Контакт**(лат) - турли ҳолатдаги жисмларнинг бир-бирипа тутатиш сирти, жойи, зонаси.

**Концентрация**(лат) — эритма, аралашма, қотишма таркибидаги, унинг массаси (ёки ҳажми) бирлигидаги модда миқдори.

**Коррозия**(лат) - қаттиқ жисмларнинг ўз-ўзидан емирилиши; жисм сиртида унинг ташқи муҳит билан ўзаро таҳсири туфайли авж олувчи кимёвий ва электрокимёвий жараёнлардан вужудга келади.

**Корпус** (лат) - машина, механизм, асбоб, қурилмаларнинг бошқа деталлар монтаж қилинадиган асосий қисми.

**Кристаллизация**(юнон) - буғлар, эритмалар, эриган металллар, бошқа кристалл ёки аморф ҳолатдаги моддалардан кристалл ҳосил бўлиш жараёни. Кристаллизация бирор чегаравий шароитда, масалан, суяқликнинг ўта совиши ёки буғнинг ўта тўйиниши ҳолатига етганда бошланади.

**Машина**(франц.) — энергия, материаллар ёки информацияни ўзлаштириш мақсадида механик ҳаракат бажарувчи қурилма. Кимёвий технологияда - одатда материал (ёки ишлов бериладиган нарса)нинг шакли, хоссаси, ҳолати, вазиятини ўзгартирадиган қурилма.

**Манометр**(*юнон.*) - суюқлик ва газ босимини ўлчайдиган асбоб. Бундай асбоблар бир неча турга бўлинади: нолдан (тўла вакуумдан) ҳисобланадиган босимни ўлчайдиган манометрлар; ортиқча босимни яъни абсолют босим атмосфера босимидан катта бўлганда. Атмосфера босимини ўлчаш учун барометрлар, нолга яқин босимларни ўлчаш учун вакуумметрлари шлатилади.

**Насос**(*рус.*) - суюқликни босимотида ҳайдайдиган гидромашина.

**Процесс**(*лат.*) - ҳодисаларнинг изчил алмашилиб туриши, бирор нарсанинг тараққиёт ҳолати, жараён.

**Патрубок** (*рус.*) – асосий труба, резервуар ёки қурилмалардан газ, буғ ёки суюқлик олинадиган қиска труба.

**Рафинация**(*франц.*) - озиқ-овқат маҳсулотлари (спирт, ўсимлик мойлари ва бошқалар)ни аралашмалардан тозалаш. Рафинациянинг гидратация, кислота билан ишлаш, ишқорлар билан нейтраллаш, дезодорация ва бошқа усуллари бор. Нодир металлларни тозалаш аффинаж деб аталади.

**Реактор**(*лат.*) - кимёвий реакциялар ўтказиладиган қурилмалар. Саноатда колонна, камера, автоклав ва бошқа номлар билан аталади.

**Салрник**(*рус.*) – машиналарнинг қўзғалувчи ва қўзғалмас деталлари масалан (шток ва цилиндр) орасидаги тирқишни герметик беркитиб турадиган машина деталлари.

**Сорбентлар**(*лат.*) - газ, буғ ва эриган моддаларни ютадиган қаттиқ ёки суюқ моддалар. Газ ва буғни бутун хажмига ютувчи суюқ сорбентлар адсорбентлар дейилади. Ютилаётган газ, буғ ёки эриган моддаларни юзасига тўплайдиган қаттиқ сорбентлар адсорбентлар дейилади. Ион алмашинувчи смолалар (ионитлар) сорбентларнинг алоҳида гуруҳига мансуб.

**Сорбция**(*лат.*) - газ, буғ ёки эриган моддаларни қаттиқ жисм ёки суюқликда ютилиши. Сорбциянинг абсорбция, адсорбция, хемосорбция, ион алмашинувчи сорбция, капилляр конденсация турлари мавжуд. Сорбцион жараёнлар саноатда кимёвий маҳсулотлар, газлар ва бошқаларни тозалашда кенг қўлланилади.

**Скруббер**(*инг.*) – чангли газларни ювиш йўли билан тозалайдиган қурилма.

**Стандарт**(*инг.*) - норма, андоза, намуна, ўлчам. Кенг маънода бошқа объект (маҳсулот)ларни таққослаш учун дастлабки объект деб қабул қилинган ўзига ўхшаш намуна, эталон, модел. Стандарт бажарилиши лозим бўлган бир қанча шартлардан иборат ҳужжат ҳолида, катталиклар бирликлари ёки физик константалар ҳолида таққослаш учун бирор предмет ҳолида бўлиши мумкин.

**Суспензия**(*лат.*) – суюқ дисперсион муҳитли ва заррали броун ҳаракатига тўсқинлик қила оладиган даражада йирик бўлган дисперс фазали турли жинсли системалар.

**Технология**(*юнон.*) - ишлаб чиқариш жараёнида тайёр маҳсулот олиш учун ишлатиладиган хом-ашё, материал ёки ярим фабрикатларнинг ҳолати, хоссаси ва шакллари ўзгартириш, уларга ишлов бериш, тайёрлаш услублари мажмуи; хом-ашё, материал ва ярим фабрикатларга мос ишлаб чиқариш қуроллари таҳсир этиш усуллари ҳақидаги фан.

**Турбулент оқим**(*лат.*) - зарчалари мураккаб траекториялар бўйича турғунлашмаган тартибсиз ҳаракатланадиган суюқлик (ёки газ) оқими. Бундай ҳолатда суюқлик тезлиги ва унинг босими оқимининг ҳар бир нуқтасида тартибсиз ўзгаради.

**Филтёр**(*франц.*) - қаттиқ ва суюқ фазали ҳар хил жинсли системани ғовак тўсиқлар билан ўтказиб таркибий қисмларга ажратадиган, қуюлтирадиган ёки тиндирадиган қурилма.

**Фланец**(*нем.*) - труба, арматура, резервуар, валлар ва бошқаларнинг бирлаштирувчи қисми; одатда, болтлар ёки шпилкалар ўтказиш учун бир текисда жойлашган тешиклари бўлган ясси халқа ёки дискдан иборат.

**Форсунка**(*инг.*) - суюқликни зарраларга айлантирадиган бир неча тешикли қурилма.

**Фаза**(*юнон*) - ажратиш сиртлари билан чегараланган ва ташқи куч майдони бўлмаганда ўзининг барча нуқталарида бир хил физик хоссалари билан характерланадиган гетероген термодинамик системанинг барча қисмлари мажмуи. Масалан, газларнинг аралашмаси ёки эритма битта фазадан, муз - сув - сув буғи системаси учта фазадан иборат.

**Штуцер**(*нем.*) - учи резбалибириктиришпатрубкиси. Резервуарларёкикурулмаларнингтрубаларигаёхутчиқишпатрубокларигапайвандланади, кавшарланадиёкибурабқўйилади. Трубапроводлардагикичикрокдиаметрли (10 –20 мм) труба бўлаги штуцер деб аталади; ундансувёкиҳавоничиқарибюборишучун, шунингдектрубопроводдаги суюқлик босиминиўлчашмақсадидафойдаланилади.

**Эквивалент**(*лат.*) – бирорнарсанингўрнинибосоладиганёкиунингифодаси бўлибхизматқиладигантенг баҳоли, тенгқимматлинарсаёки миқдор.

**Эмулсия**(*лат.*) – бир суюқликнингмайдатомчилари (дисперс фаза) бошқа суюқлик (дисперсионмуҳит) да тарқалишинатижасидаҳосил бўлгантурлижинслисистемалар.

**Экстракция**(*лат*) — қаттиқ ёки суюқ аралашмани ажратиш усули; бунда уларга коппонентлари бир хилда эримайдиган хар хил эритувчилар билан ишлов берилади. Экстракцияга тескари жараён - реэкстракциялаш.